

Льюис Дартнелл  
Цивилизация с нуля: Что нужно знать и уметь, чтобы  
выжить после всемирной катастрофы

Льюис Дартнелл

# Цивилизация с нуля

Что нужно знать  
и уметь, чтобы выжить  
после всемирной  
катастрофы



  
альпина  
ПАБЛИШЕР

«Цивилизация с нуля: Что нужно знать и уметь, чтобы выжить после всемирной

катастрофы / Льюис Дартнелл»: Альпина Паблишер; Москва; 2017  
ISBN 978-5-9614-4962-4

### **Аннотация**

*Книги, кино и сериалы на тему глобальной катастрофы, которая меняет наш привычный мир, заставляют задуматься: а что бы я сделал на месте героев? Куда бежать, чем запастись и как не превратиться в дикаря из «Безумного Макса», а заново построить все с нуля? Научный журналист Льюис Дартнелл знает ответы на эти вопросы. Его книга – кладезь научно-технических знаний, которые помогут восстановить цивилизацию: от советов, как получить питьевую воду из подручных средств, до объяснения, как собрать двигатель внутреннего сгорания «на коленке».*

*Если думаете, что перед вами руководство для выживальщиков, то вы правы лишь частично. Цель книги «Цивилизация с нуля» – познакомить читателя с историей развития науки, показать, что большинство великих открытий сопровождает не «Эврика!», а «Хм... занятно» и что из всего накопленного опыта жизненно важно знать устройство базовых вещей и основы техники, а не 100 и 1 способ повысить свою эффективность.*

**Льюис Дартнелл**  
**Цивилизация с нуля: Что нужно знать и уметь, чтобы  
выжить после всемирной катастрофы**

Льюис Дартнелл

# Цивилизация с нуля

Что нужно знать  
и уметь, чтобы выжить  
после всемирной  
катастрофы

Перевод с английского



альпина  
ПАБЛИШЕР

Москва

2018

Переводчик *Н. Мезин*  
 Редактор *В. Потапов*  
 Главный редактор *С. Турко*  
 Руководитель проекта *Л. Разживайкина*  
 Корректоры *М. Смирнова, О. Улантjikова*  
 Компьютерная верстка *К. Свищев*  
 Дизайн обложки *Ю. Буга*  
 Иллюстрация на обложке *123RF.com*

© Lewis Dartnell 2014

© Издание на русском языке, перевод, оформление. ООО «Альпина Паблишер», 2018

*Все права защищены. Произведение предназначено исключительно для частного использования. Никакая часть электронного экземпляра данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, включая размещение в сети Интернет и в корпоративных сетях, для публичного или коллективного использования без письменного разрешения владельца авторских прав. За нарушение авторских прав законодательством предусмотрена выплата компенсации правообладателя в размере до 5 млн. рублей (ст. 49 ЗОАП), а также уголовная ответственность в виде лишения свободы на срок до 6 лет (ст. 146 УК РФ).*

\* \* \*

*Моей жене Вики.  
 Спасибо, что сказала «да»*

*Обломками сими подпер я руины мои.  
 Т. С. Элиот. Бесплодная земля<sup>1</sup>*

## Введение

Мир, каким мы его знали, исчез.

Новый, небывало вирулентный штамм птичьего гриппа однажды преодолел видовой барьер и перескочил на человека, или, к примеру, его преднамеренно распространили террористы. В эпоху густонаселенных городов и трансконтинентальных авиалайнеров эпидемия распространилась в мгновение ока, люди не успели ни разработать вакцину, ни даже объявить карантин, как вирус уже унес бóльшую часть населения планеты.

А может быть, достигла пика напряженность между Индией и Пакистаном, и территориальный конфликт, переросший все разумные пределы, закончился применением ядерного оружия. Радиоэлектронное наблюдение Народно-освободительной армии Китая засекло характерный электромагнитный импульс ракетных пусков, последовала команда о превентивном ударе по США, а затем адекватный ответ Америки и ее союзников, Европы и Израиля. Крупнейшие города мира превратились в застывшие моря радиоактивного стекла. Колоссальные массы пепла и пыли, поднявшиеся в атмосферу, поглотили часть солнечного света, и Землю на десятки лет объяла ядерная зима, прекратилось сельское хозяйство, настал великий голод.

---

<sup>1</sup> Перевод С. Степанова.



Или произошло событие из тех, на которое люди никак не могут влиять. Столкновение Земли с каменистым астероидом не более километра в диаметре роковым образом изменило состояние атмосферы. В один миг взрывная волна, катастрофическое тепловое излучение и давление сметают людей в радиусе сотен километров от точки удара, да и часы большинства уцелевших сочтены. Неважно, на какую страну рухнет небесный камень: пыль, взметенную высоко в воздух, как и дым распространяющихся пожаров, вызванных тепловым излучением взрыва, ветры разнесут по всей планете. Как и при ядерной зиме, наступит глобальное похолодание, которое принесет гибель растений, неурожай и всеобщий голод.

Подобные сюжеты мы находим во множестве книг и фильмов, описывающих Землю после великой катастрофы. Часто, как в «Безумном Максе» или романе Кормака Маккарти «Дорога»<sup>2</sup>, первые годы после апокалипсиса изображаются как царство пустыни и варварства. Кочующие банды мародеров охотятся за остатками продовольствия и жестоко притесняют всех, кто хуже организован или вооружен. Я подозреваю, что по крайней мере в первое время после конца света реальность в общих чертах будет именно такой. И все-таки я верю в лучшее: думаю, разум и мораль в конце концов восторжествуют, и начнется новое заселение Земли и возрождение цивилизации.

Мир, каким мы его знали, исчез. Теперь главный вопрос: что делать?

Когда пережившие апокалипсис свыкнутся со своим бедственным положением – полным крахом мирового хозяйства, удовлетворявшего их жизненные потребности, – что смогут они предпринять, как им подняться из пепла и вывести человечество на твердую дорогу в будущее? Какие знания потребуются, чтобы скорее возродить цивилизацию?

Эта книга – руководство для переживших апокалипсис. Не такое, которое учит, как человеку выжить в первые недели после гибели цивилизации, – подобных книг написано много и без меня, – а инструкция, как организовать восстановление технически развитого общества. Если у вас под рукой не окажется действующего образца, сможете ли вы объяснить, как устроен двигатель внутреннего сгорания, или часы, или микроскоп? Или возьмем материи попроще – сумеете ли вы возделывать землю и шить одежду? Вместе с тем апокалиптические сценарии, которые я здесь моделирую, служат отправной точкой для мысленного эксперимента и помогают разобраться в основах науки и техники, которые вследствие растущей специализации знания большинству из нас сегодня кажутся весьма далекими и чуждыми материями.

Жители развитых стран оторвались от хозяйственных и общественных процессов, обеспечивающих благополучие человечества. Средний обыватель удивительно несведущ в самых элементарных вещах, относящихся к продовольствию, жилищу, одежде, медицине, жизненно важным химическим веществам, материалам. Способность выживать в современном человеке атрофировалась до такой степени, что большинство из нас не сможет поддерживать свое существование, если современная цивилизация с ее системой жизнеобеспечения рухнет и магазины перестанут волшебным образом наполняться продуктами и одеждой. Разумеется, было время, когда выживать умел каждый, когда люди были значительно теснее связаны с землей и с различными производствами, и, если придется выбираться из постапокалиптических сумерек, нужно будет прокрутить стрелки часов назад и заново обучиться этим насущным вещам<sup>3</sup>.

Более того, любая из современных технологий, без которых мы себя не мыслим, должна поддерживаться множеством других взаимосвязанных технологий. Чтобы произвести iPhone, нужно не только знать его устройство и из чего он делается. Сам этот

<sup>2</sup> Маккарти К. Дорога. – М.: Азбука-Аттикус, 2014.

<sup>3</sup> Подобные события, но в меньшем масштабе, случались в недавней истории: после распада Советского Союза в 1991 г. небольшая республика Молдова пережила паралич экономики, заставивший людей перейти к натуральному хозяйству и вернуться к технологиям из исторических музеев вроде ножной прялки, ручного ткацкого станка и маслобойки. – Здесь и далее, кроме особо оговоренных случаев, прим. авт.

гаджет – лишь вершина большой пирамиды поддерживающих технологий, среди которых добыча и обогащение редкого элемента индия, применяющегося в сенсорных экранах, и высокоточная фотолитография микросхем для обработки данных, и сверхминиатюрные элементы микрофона, не говоря уже о сети радиомачт и остальной инфраструктуре, необходимой для осуществления телекоммуникаций и работы мобильных телефонов. Для первого поколения, родившегося после катастрофы, устройство наших нынешних телефонов будет совершенно непостижимым: дорожки микросхем не видны невооруженным глазом, их назначение – загадка. В 1961 г. писатель-фантаст Артур Кларк сказал, что любая достаточно развитая технология неотличима от волшебства. Вот только в постапокалиптическом мире эти чудесные технологии не явятся с пришельцами из других галактик, а достанутся людям от предков.

Даже самые обыденные вещи нашей цивилизации, не отличающиеся сложным устройством, делаются из сырья, которое нужно добыть, например в рудниках, и переработать на специальном предприятии. Затем нужно произвести комплектующие и собрать готовый продукт на фабрике или заводе. И все это, в свою очередь, не работает без электростанций и междугороднего транспортного сообщения. Весьма красноречиво эта ситуация обрисована в эссе Леонарда Рида «Я, карандаш», написанном в 1958 г. от лица одного из самых простых наших инструментов. Автор делает поразительный вывод: источники сырья и технологии производства настолько рассредоточены, что в одиночку изготовить даже такой простейший предмет, как карандаш, не под силу никому на свете.

Насколько недостижимо сегодня для одиночки производство самых несложных бытовых вещей, убедительно продемонстрировал Томас Туэйтс, попытавшийся для дипломной работы в Королевском колледже искусств с нуля изготовить тостер. Он разобрал простейшую модель тостера на составляющие: стальной каркас, медный провод с вилкой и пластиковый кожух – после чего самостоятельно добыл все необходимое сырье, своими руками выкопав его в шахтах и каменоломнях. Затем он стал искать простые металлургические технологии, когда-то применявшиеся людьми, и, обратившись к трактату XVI в., сделал примитивную железоплавильную печь из металлического мусорного бака, взяв уголь для барбекю и садовый листоуд вместо мехов. Изготовленный Туэйтсом тостер примитивен, но в то же время по-своему гротескно очарователен и прекрасно высвечивает суть нашей проблемы.

Разумеется, даже при самом жестком апокалиптическом сценарии группам уцелевших не сразу придется обеспечивать себя всем необходимым. Если подавляющее большинство землян убьет смертоносный вирус, после них останутся обильные материальные запасы. В супермаркетах по-прежнему будет много еды, и можно будет разжиться дизайнерской одеждой в опустевшем торговом центре или укатить из салона спорткар, о котором ты давно мечтал. Займите опустевший особняк, и, немного порыскав в окрестностях, вы без особого труда найдете передвижной дизельный генератор, а то и не один, который поможет питать в доме лампочки, обогреватели и бытовую технику. Под заправочными станциями сохранятся подземные озера бензина и дизельного топлива, которых хватит, чтобы обеспечить функционирование вашего дома и автомобиля на долгий срок. Строго говоря, в первые дни после апокалипсиса небольшие колонии уцелевших, наверное, смогли бы жить в изрядном комфорте. Какое-то время цивилизация будет существовать по инерции. Те, кто выжил, обнаружат вокруг обилие ресурсов в свободном доступе: благодатный райский сад.

Но сад ветшает.

Со временем продукты, одежда, лекарства, механизмы и другие артефакты неизбежно стареют, разрушаются, разлагаются, портятся и изнашиваются. Пережившим апокалипсис дается всего лишь отсрочка. Коллапс цивилизации и внезапное прекращение ее ключевых процессов – добычи и обогащения сырья, производства, перемещения и распределения материальных ценностей – перевернет песочные часы, и песок мало-помалу станет сыпаться. Остатки былой культуры не более чем буфер, облегчающий переход к тому моменту, когда уцелевшему населению придется заново осваивать сельское хозяйство и

промышленное производство.

## **Руководство по перезапуску**

Главная проблема, с которой столкнутся люди, пережившие глобальную катастрофу, – в том, что человеческое знание коллективно и хранится распределенным во всей популяции. Ни один из нас не обладает достаточным знанием о том, как поддерживать жизненно важные для существования общества процессы. Даже опытный инженер-металлург, уцелевший в катастрофе, будет знать лишь некоторые детали технологии. Он не владеет всем кругом знаний, распределенных между другими работниками и необходимых для работы завода, – не говоря уже о знаниях, нужных для добычи руды или для обеспечения завода электричеством. Самые заметные технологии, ежедневно применяемые человеком, – это лишь верхушка огромного айсберга: не только в том смысле, что их существование требует разветвленной организационной и производственной структуры, но и в том, что они суть наследие долгой истории развития и прогресса. Невидимая часть айсберга скрыта во тьме пространства и времени.

Куда же отправиться за знаниями? Разумеется, немало информации можно будет найти в книгах, пылящихся на стеллажах опустевших библиотек, на полках магазинов и в книжных шкафах брошенных гостиных. Но с этими знаниями не все ладно: они так изложены, что в них мало пользы оперяющемуся обществу – или не имеющему специальной подготовки индивиду. Что вы поймете, взяв с полки медицинский фолиант и полистав его страницы, испещренные терминами и названиями лекарств? Медицинские учебники предполагают в читателе немалый объем уже имеющихся знаний и написаны в расчете на то, что их чтение сочетается с объяснениями и практическими демонстрациями опытных специалистов. Даже если в первом поколении уцелевших окажутся врачи, они будут резко ограничены в своих возможностях без лабораторных анализов и того моря препаратов, которыми они научены лечить, – препаратов, что мало-помалу придут в негодность на полках аптек и в отключившихся больничных холодильниках.

Немалая часть научной литературы тоже погибнет, уничтоженная, например, пожарами, что прокатятся, не встречая противодействия, по опустевшим городам. Хуже того, значительный объем новых знаний, создаваемых каждый год, в том числе и тех, которые потребляют и генерируют в своих разысканиях ученые, включая меня, вообще не записан ни на каком долговечном носителе. Передовые достижения науки существуют по большей части в форме эфемерного двоичного кода: статьи исследователей хранятся на серверах специальных изданий.

Книги, адресованные массовому читателю, тоже вряд ли заметно помогут. Представьте себе группу людей, переживших апокалипсис и располагающих только теми книгами, что можно найти на полках среднего книжного магазина. Далеко ли уйдет цивилизация, пытаясь возродиться из пепла по книжкам, наставляющим читателя в менеджменте, методиках похудения и чтении языка тела у противоположного пола? Абсурд и кошмар: постапокалиптическое общество, обнаружив несколько пожелтевших ветхих книг и приняв их за научную мудрость предков, пытается обуздать эпидемии с помощью гомеопатии и предсказать урожай методами астрологии. Но даже книги из научного отдела мало помогут. Бестселлеры современного научпопа зачастую увлекательно написаны, полны остроумных метафор, использующих наблюдения за обыденной реальностью, и помогают читателю лучше понять суть передовых научных разработок, но вряд ли содержат много практических сведений. Иначе сказать, огромный массив коллективного знания человечества окажется недоступным – по крайней мере в пригодной для применения форме – для людей, переживших апокалипсис. Как же помочь этим людям? Какие необходимые сведения должна содержать инструкция для выживших и как эти сведения следует структурировать?

Я не первый, кто задумывается над этим вопросом. Ученый Джеймс Лавлок далеко опередил в разработке этой проблемы все научное сообщество. Более всего он известен как

автор теории о Гее-суперорганизме, которая гласит, что наша планета – сложная совокупность скальной коры, океанов и вращающейся атмосферы вместе с тонким слоем органической жизни, закрепившейся на ее поверхности, – представляет собой суперорганизм, который умеет стабилизироваться и саморегулироваться в перспективе миллиардов лет. Лавлок всерьез озабочен тем, что один из участников этой системы, *Homo sapiens*, сегодня способен нарушить ее естественный баланс, что может вызвать катастрофические последствия.

Рассуждая о том, как человечеству сберечь свое наследие, Лавлок приводит параллели из биологии: «Организмы, попадающие в засушливые условия, нередко консервируют свои гены в спорах, чтобы информация, необходимая для возрождения, пережила сушь». Человеческий эквивалент этой стратегии, предлагаемый Лавлоком, – некая книга на все случаи, «научный букварь, просто написанное и ясно изложенное руководство для всех, кого волнует ситуация на Земле и то, как здесь выживать и благополучно жить». Предлагаемое Лавлоком – поистине титанический труд: составить полный компендиум человеческого знания в виде огромной книги – текста, который, хотя бы в теории, можно прочесть от начала до конца и усвоить суть всего того, что ныне известно человечеству.

Строго говоря, идея «всеобщей книги» имеет давнюю историю. В прошлом составители энциклопедий гораздо острее, чем мы сегодня, чувствовали хрупкость цивилизаций, даже самых великих, и понимали красоту и ценность научного знания и практических навыков, содержащихся в сознании людей и исчезающих после крушения общества. Дени Дидро прямо говорил, что задача его «Энциклопедии», первый том которой вышел в 1751 г., быть резервной копией человеческого знания и донести его до потомков, если какой-нибудь катаклизм сметет европейскую цивилизацию, ведь античные цивилизации Египта, Греции и Рима погибли и нам достались лишь случайно сохранившиеся фрагменты их литературы. В этом смысле энциклопедия становилась своего рода посланием в бутылке: все знания человечества, логически организованные, индексированные, защищенные от временной эрозии в случае глобальной катастрофы.

По сравнению с эпохой Просвещения наши познания о мире расширились экспоненциально, и задача составить полный реестр человеческого знания сегодня усложнилась на порядки. Создание такой «всеобщей книги» превратилось бы в современный аналог строительства пирамид, потребовав многолетнего безостановочного и напряженного труда десятков тысяч людей. Только этот подвиг предпринимался бы не затем, чтобы великий фараон без помех обрел после смерти вечное блаженство, а ради бессмертия самой нашей цивилизации.

Это титаническое, но вполне возможное предприятие при наличии достаточной воли. Поколение моих родителей трудилось изо всех сил, чтобы отправить человека на Луну: в момент наивысшего развития программы «Аполлон» в ней было занято до 400 000 человек, и на нее уходили 4 % федерального бюджета США. Вообще-то вы могли бы подумать, что идеальный конспект текущего человеческого знания уже создан усилиями феноменального сообщества энтузиастов, волонтеров «Википедии». Клэй Ширки, специалист по социологии и экономике интернета, подсчитал, что за сегодняшней «Википедией» стоят около 100 млн человеко-часов усердного копирайтинга и редактирования. Но даже если кто-то сможет распечатать всю «Википедию», заменив гиперссылки указателем страниц, это все равно почти не приблизит нас к созданию книги-гида, которая помогла бы возродить погибшую цивилизацию. «Википедия» никогда не задумывалась как подобного рода инструмент, она не содержит необходимых практических деталей и не имеет нужной структуры, чтобы служить пособием по развитию науки и техники от зачаточного состояния до высокого уровня сложности. К тому же «Википедия» на бумаге вышла бы недопустимо толстой – где гарантии, что пережившие катастрофу смогут полистать хотя бы один ее экземпляр? На мой взгляд, есть чуть более элегантный и гораздо более эффективный способ помочь возрождению человечества.

Решение я увидел в одном высказывании физика Ричарда Фейнмана. Размышляя о

возможной утрате всего научного знания и о том, как такую ситуацию исправить, он поставил перед собой задачу сформулировать единственное утверждение, которое должно быть донесено до разумных существ, уцелевших в катаклизме. Какая же фраза содержит максимум информации, переданный минимумом слов? «Я считаю, – пишет Фейнман, – что это атомистическая гипотеза: все вещи состоят из атомов – мельчайших частиц, пребывающих в постоянном движении, притягивающихся друг к другу, когда между ними есть небольшое расстояние, но взаимно отталкивающихся, если их сближать».

Чем больше мы задумываемся о следствиях и проверяемых гипотезах, содержащихся в этом простом утверждении, тем шире оно разворачивается, открывая нам новые и новые знания о природе Вселенной. Притяжение частиц объясняет феномен поверхностного натяжения воды, а взаимное отталкивание атомов при сближении объясняет, почему я не проваливаюсь сквозь стул, на котором сейчас сижу. Разнообразие атомов и веществ, возникающих при их сочетании, – основа всей химии. Это единственное тщательно продуманное утверждение включает в себе плотный конгломерат данных, которые тем шире множатся и ветвятся, чем дальше мы их распутываем.

Но допустим, что мы не так жестко ограничены в числе слов. Если нам позволят роскошь выразиться пространнее, сохранив тот же принцип: давать ключ, концентрат знания, ускоряющий «переоткрытие» Вселенной, а не составлять полную энциклопедию современных знаний о ней, сможем ли мы поместить под одной обложкой вводный курс по восстановлению технологически развитого общества в постапокалиптическом мире?

На мой взгляд, единственный посыл Фейнмана можно усовершенствовать в одном существенном аспекте. Недостаточно обладать чистым знанием – нужно еще располагать средствами его применения. Чтобы помочь оправляющемуся от катастрофы сообществу подняться из руин, нужно дать ему сведения о том, как применять знание, показать практические выгоды знания. Практическое и немедленное применение знаний критически важно для популяции, только что пережившей апокалипсис. Одно дело понимать теоретические основы металлургии, но совсем другое – применять эти принципы, например, для переплавки металлического лома, собираемого в мертвых городах. Применение знания и научных принципов – суть технического развития, и, как мы увидим в этой книге, практика научного исследования неразрывно связана с прогрессом технологий.

Вслед за Фейнманом я берусь утверждать, что лучше всего пережившим катастрофу поможет не полный реестр всего знания, а справочник по его основам, адаптированный к возможным обстоятельствам использования, и ключи к техникам, посредством которых люди сами заново откроют мир, – к мощному механизму генерации знания, научному методу. Путь к возрождению цивилизации – дать зерно, из которого быстро взойдет и вырастет целое ветвистое дерево знания, а не пытаться целиком описать это необъятное дерево. Какими же обломками, говоря словами Элиота, лучше подпереть руины?

Потенциальная ценность подобной книги-зерна колоссальна. Представьте, как могла сложиться наша история, если бы Античность оставила нам семена накопленных ею знаний.

Тонкий ручеек античного знания, вновь просочившегося в Западную Европу, стал одним из главных катализаторов Возрождения в XV–XVI столетиях. Немалую часть этого знания, утраченного Европой после гибели Римской империи, сохранили и распространили арабские ученые, усердно переводившие и копировавшие классические трактаты, кое-какие сочинения заново открыли европейские схоласты. А что, если бы эти труды по философии, геометрии, практической механике сохранились в некоей сети неподвластных времени хранилищ? И смогут ли люди с нужной книгой под рукой избежать Темных веков постапокалипсиса?<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Если по условиям задачи устранить вообще любые материальные фрагменты погибшей цивилизации, то эксперимент с возрождением человечества мог бы подарить нам руководство по развитию технической цивилизации на пустом месте – после провала сквозь пространственно-временную кротовую нору в палеолит, на 10 000 лет в прошлое, или после аварийной посадки на необитаемую, но дружелюбную подобную Земле планету. Идеальная робинзоада – оказаться не на пустынном острове посреди океана, а в пустом мире.

## Ускорить прогресс

Поднимаясь из руин, человечеству не нужно будет идти к развитой технологической цивилизации прежними путями. На протяжении истории мы двигались долгой изнуряющей дорогой – блуждали наугад, шли по ложному следу, раз за разом пропускали важные повороты. Но задним числом, зная все то, что сегодня знаем, сумеем ли мы указать постапокалиптическому человеку короткую дорогу к важнейшим завоеваниям прогресса, провести его, как опытный лодчман, между мелями и рифами? Как прочертить оптимальный маршрут по плотной сети научных принципов и прикладных технологий, чтобы насколько возможно ускорить перезагрузку цивилизации?

Великие открытия часто совершались по воле случая – в истории много таких нечаянных находок. Открытие Александром Флемингом антибиотических свойств плесневого грибка *Penicillium* в 1928 г. произошло благодаря стечению случайных обстоятельств. И наблюдение, впервые натолкнувшее человека на мысль о глубинной связи между электричеством и магнетизмом – колебание стрелки компаса рядом с проводом, по которому бежит ток, – было сделано случайно, и открытие рентгеновского излучения. Многие из открытий легко могли совершиться раньше, некоторые – значительно раньше. Когда ученые открывают новый природный феномен, дальнейший прогресс осуществляется посредством упорядоченного и методичного изучения этого феномена и попыток измерить и исчислить его проявления, а к начальным открытиям возрождающуюся цивилизацию можно подтолкнуть, указав направление поиска и объяснив, каким исследованиям лучше отдать приоритет.

Подобным образом в ретроспективе кажутся очевидными и многие изобретения, но зачастую важные технические усовершенствования или прорывы не обнаруживают очевидной связи ни с одним предшествующим научным открытием или опорной технологией. Возрождающейся цивилизации эти примеры сулят неплохую перспективу: в инструкции достаточно будет кратко описать основные принципы, и постапокалиптический читатель разберется, как развить те или иные ключевые технологии. Скажем, ручную тачку могли бы изобрести на несколько сотен лет раньше, чем это случилось на деле, – если бы кто-нибудь подумал в таком направлении. Эта конструкция, соединение принципов рычага и колеса, кажется очевидной, но она дает колоссальную экономию усилий, а появилась в Европе спустя без малого 1000 лет после колеса (первое описание тачки мы находим в английском манускрипте, примерно датированном 1250 г.).

Некоторые новации влекут за собой столь широкий круг дальнейших усовершенствований, что нужно будет по возможности спрямить к ним дорогу, чтобы ускорить восстановление человечества сразу в ряде аспектов. Одна из таких магистральных технологий – типографский станок с ручным набором: она придала мощный импульс развитию человеческого общества, и ее историческое значение ни с чем не сравнимо. Как мы увидим дальше, с небольшой помощью из наших дней массовое книгопечатание может появиться в постапокалиптическом мире достаточно быстро.

Некоторые шаги при перезагрузке нынешних технологий можно пропустить вовсе. Инструкция в помощь возрождающемуся человечеству могла бы научить, как сократить промежуточные этапы нашей технической истории, когда есть возможность перейти напрямую к более продвинутым уровням. Немало вдохновляющих примеров такого спрямления дороги мы видим сегодня в развивающихся странах Африки и Азии. Например, многие изолированные сообщества, не подсоединенные к электрическим сетям, используют солнечные электростанции, перескакивая через пройденные Западом столетия зависимости от ископаемого топлива. Во многих сельских районах Африки крестьяне, живущие в глинобитных хижинах, сразу переходят к мобильной телефонии, пропустив такие

---

технологические этапы, как оптический телеграф, телеграф и проводные телефонные сети.

Пожалуй, самый впечатляющий исторический пример подобного рывка мы видим в Японии XIX в. В эпоху сёгуна Токугава Япония на два века самоизолировалась от внешнего мира: жителям страны запрещалось ее покидать, иностранцев не впускали, а внешняя торговля велась ограниченно и лишь с несколькими государствами. Связь с миром восстановился самым убедительным образом в 1853 г., когда в Токийский залив вошли паровые фрегаты военного флота США, значительно превосходящие любые военные корабли, какими только могла похвастать технически отсталая японская цивилизация. Потрясение от столь вопиющего неравенства сил и вызвало в Японии революцию Мэйдзи. Политические, экономические и правовые реформы преобразили дотоле изолированное, технически неразвитое феодальное общество, а иностранные специалисты – ученые, инженеры и организаторы образования – помогали строить телеграф и железные дороги, текстильные мануфактуры и прочую промышленность. За считанные десятилетия Япония индустриализировалась и к началу Второй мировой войны могла на равных сражаться в море с Америкой, которой была в первую очередь обязана модернизацией.

Может ли постапокалиптическое общество, располагая банком заранее отобранных необходимых знаний, совершить столь же стремительный рывок в техническом развитии?

К сожалению, есть определенные пределы, куда можно продвинуть технический прогресс, перескакивая через промежуточные этапы. Даже если постапокалиптические ученые будут обладать полным пониманием теоретических основ той или иной технологии и сумеют на бумаге разработать нужные технические устройства, создание опытного образца все же может вызвать непреодолимые затруднения. Я называю это эффектом да Винчи. Великий изобретатель эпохи Возрождения без конца генерировал идеи различных технических устройств и механизмов, например необычайных летающих машин, но лишь малая часть из этого в последующем воплотилась. Основная причина: Леонардо слишком опередил свое время. Верного научного понимания задачи и оригинального видения решения мало: нужно еще иметь сложное производство для выпуска материалов с нужными свойствами и достаточно мощные источники энергии.

Поэтому главная цель инструкции по перезагрузке цивилизации такова: дать постапокалиптическому человечеству спасительные технологии по той модели, какой придерживаются гуманитарные организации, работающие в странах третьего мира. Речь идет о решениях, которые, с одной стороны, существенно улучшают положение дел – переводят к более продвинутым, более современным технологиям, – а с другой стороны, вполне осуществимы силами людей, обладающих знаниями, опытом, инструментами и материалами. Цель ускоренной перезагрузки – перейти напрямую на такой уровень цивилизации, который требует нескольких веков предварительного развития, но в то же время достижим при наличии только базовых материалов и технологий – некая золотая середина технического прогресса.

Именно эти черты нашей истории – случайные открытия, изобретения, сделанные без предварительного накопления знаний, прорывные технологии, стимулирующие прогресс сразу во многих областях и дающие возможность перескочить через несколько промежуточных этапов развития, – оставляют нам надежду на то, что разумно составленное руководство по перезагрузке может показать людям, пережившим планетарную катастрофу, путь к наиболее плодотворным исследованиям и передать главные принципы, на которые опираются ключевые технологии современности: провести человечество кратчайшим маршрутом сквозь все перипетии научно-технического прогресса и существенно ускорить его возрождение. Представьте науку, которая не шарит наугад в темноте, ведь предшественники снабдили вас фонарем и подробной картой местности.

Если ничто не вынуждает возрождающуюся цивилизацию повторять наш специфический путь развития, у нее будет полностью отличная от нашей последовательность шагов. Строго говоря, перезагрузка технического прогресса по той же траектории, какой двигалось наше нынешнее общество, стала бы, скорее всего, весьма

непростой задачей. Промышленная революция совершалась, в принципе, за счет ископаемых энергоносителей. Большая часть источников ископаемых углеводородов – месторождений угля, нефти и природного газа – к нынешним дням выработана и полностью истощена. Сможет ли следующая за нами цивилизация, не имея возможности пользоваться легкодоступными энергетическими запасами, пройти вторую промышленную революцию? Решение, как мы увидим далее, заключается в скорейшем освоении источников возобновляемой энергии и разумном многократном использовании материальных ресурсов – скорее всего, следующей цивилизации сама жизнь жестко навязет экологическое хозяйствование: «зеленая» перезагрузка будет прямой необходимостью.

Во время этой перезагрузки возникнут неведомые нам сегодня сочетания технологий. Мы рассмотрим ряд примеров, где возрождающееся человечество, вероятнее всего, пойдет другим, нехоженым путем, изберет варианты решений, которые наше общество оставило на обочине. Нам с вами «цивилизация 2.0», наверное, показалась бы винегретом технологий из разных эпох, чем-то вроде фантазий в жанре стимпанка. Сюжеты стимпанка разворачиваются в мире альтернативной истории – как будто человечество двинулось по иному маршруту развития, который чаще всего выглядит как смесь викторианского технического инструментария с более поздними технологиями. Постапокалиптическая перезагрузка, при совершенно разных уровнях прогресса в разных областях науки и техники, скорее всего приведет к похожей мешанине анахронизмов.

## Содержание

Наилучшее руководство по перезагрузке цивилизации должно иметь двойное назначение. Во-первых, содержать необходимый объем удобно поданных практических сведений о том, как поскорее вернуть базовый уровень возможностей и бытового комфорта и остановить дальнейшую деградацию. Во-вторых, стимулировать возрождение науки и передать потомкам самые ценные зерна знаний, с которых может начаться научный поиск<sup>5</sup>.

Мы начнем с первого и посмотрим, как индивид, переживший апокалипсис, может обеспечить себе основные условия комфортного существования: достаточный запас продовольствия и чистой воды, одежды и строительных материалов, энергии и основных медицинских средств. Перед уцелевшими землянами встанет множество срочных задач: с полей и из хранилищ нужно вывезти семена сельскохозяйственных культур, чтобы они не сгнили и не погибли; из биоэнергетических культур произвести дизельное топливо, чтобы заправлять моторы, пока машинный парк не обветшает и не придет в негодность, собрать запас деталей для поддержания работоспособности местных электросетей. Мы поговорим о том, как лучше разбирать машины на запчасти и выискивать среди остатков погибшей цивилизации полезный утиль: в постапокалиптическом мире потребуются немалая изобретательность и умение использовать подручные средства, переделывать и приспособливать.

Покончив с первостепенными задачами, я объясню, как возобновить сельское хозяйство, надежно хранить продовольственные запасы и как превратить животные и растительные волокна в одежду. Такие материалы, как бумага, керамика, кирпич, стекло и

---

<sup>5</sup> Может быть, наиболее ярко общество характеризуют великие памятники, искусство, музыка или иные культурные достижения, но любая цивилизация опирается на базовые вещи – такие основы, как производительное сельское хозяйство, очистка сточных вод и химический синтез. В центре внимания нашей книги – ключевые аспекты науки и техники, имеющие универсальную важность: законы физики истинны независимо от того, где (и когда) вы живете, и даже через 1000 лет первоочередные нужды человечества, удовлетворяемые путем применения технологий, будут те же, что и сейчас: еда, одежда, энергия, транспорт и пр. Искусство, литература, музыка – важная часть нашего культурного наследия, но без них перезагрузка цивилизации не затянется на лишние пять веков, и пережившие апокалипсис непременно найдут свои способы художественно выразить то, что будет для них важно.



ковкое железо, в наши дни настолько обычны, что считаются банальными и скучными, но как их произвести, когда возникнет нужда? Деревья дают нам колоссальный объем удивительно полезных материалов – от строительного леса до угля для очистки питьевой воды, а еще обеспечивают легко сгорающим твердым топливом. Из древесины можно получить множество критически важных для человека химических соединений, и даже зола содержит вещество (называемое поташ), нужное для производства таких, например, необходимых вещей, как мыло и стекло, и являющееся одним из компонентов пороха. Обладая некоторыми базовыми знаниями, вы научитесь извлекать из окружающей среды множество обязательных для жизни веществ – соду, известь, аммиак, кислоты и спирт – и положите начало постапокалиптической химической индустрии. А достаточно ее развить, с помощью нашего руководства научитесь получать химические удобрения и светочувствительные соединения серебра, применяемые в фотографии.

В заключительных главах мы поговорим о том, как возродить медицину, использовать механическую энергию, освоить производство и хранение электроэнергии и собрать простейшую радиостанцию. И поскольку здесь же содержится информация о том, как делать бумагу и чернила и как изготовить печатный станок, выходит, наша книга несет в себе генетический код собственного воспроизводства.

Насколько способна одна книга расширить наше знание о мире? Я, разумеется, не могу притязать на то, что под этой обложкой собрана вся сумма научно-технических знаний человечества. Но, мне думается, моя книга в нужной мере знакомит с основами этих знаний, способна помочь пережившим апокалипсис в первые годы и указывает общие направления кратчайшего пути сквозь сложные переплетения научных и технических знаний к скорейшему перезапуску цивилизации. Следуя принципу передачи знания в виде своего рода зерен, которые при изучении раскрываются, единственная книга может стать колоссальной информационной сокровищницей. Закончив чтение, вы узнаете, как заново построить хозяйственную основу цивилизованной жизни. А еще, я надеюсь, вы станете глубже понимать красоту принципов научного знания. Наука – это не собрание фактов и цифр, это метод, который стоит применять, чтобы уверенно познавать устройство Вселенной.

Инструкция для уцелевших нужна, чтобы не гасло яркое пламя любознательности, поиска и исследования. И можно надеяться, что даже в жерновах чудовищной катастрофы преимущество цивилизации не прервется и сохранившаяся человеческая популяция не подвергнется ни глубокой деградации, ни застою; что ядро нашей культуры удастся сберечь и что драгоценные зерна знания в постапокалиптическом мире прорастут и вновь дадут обильные плоды.

Это программа восстановления цивилизации – но кроме того и просто справочник по основам науки и техники.

## Глава 1

# Конец мира, каким мы его знаем

Для труда такого рода самый великий час — тот, который настает вслед за катастрофой, столь ужасной, что останавливается развитие науки, прекращается работа ремесленников и обширная часть нашего полушария вновь погружается во тьму.

Дени Дидро. *Энциклопедия*

Кажется, во всяком фильме-катастрофе обязательно есть такая сцена: панорамный план широкого шоссе, плотно запруженного автомобилями, пытающимися выехать из города. То и дело кто-нибудь впадает в буйство, люди один за другим отчаиваются, бросают машины среди многих других уже оставленных на обочинах и в проулках и вливаются в поток пеших беженцев. Даже в отсутствие непосредственной угрозы жизни людей всякие события, подрывающие городское снабжение или подачу электричества, оставляют волчий аппетит города без удовлетворения и вызывают голодный исход

обитателей: массовую миграцию горожан, устремляющихся на природу в поисках провианта.

## Разрыв социального договора

Я не хотел бы погрязнуть в философских рассуждениях о том, порочен ли человек по природе своей или нет и можно ли заставить людей следовать законам и правилам иначе как под угрозой наказания. Однако нет сомнений, что в случае распада централизованного управления и полицейского аппарата люди с дурными намерениями воспользуются возможностью подавлять и эксплуатировать мирных и слабых. А когда сложится совсем отчаянная ситуация, даже законопослушные дотоле граждане не побрезгуют никакими средствами, лишь бы защитить и обеспечить близких. Чтобы выжить, вам, вероятно, придется искать и подбирать нужные вещи, то есть, если без эвфемизмов, мародерствовать.

Один из компонентов клея, скрепляющего человеческое общество, — сознание того, что долговременные последствия многократно перевесят краткосрочную выгоду, полученную обманом или насилием. Тебя изобличат и публично объявят, что с тобой нельзя вести дела, либо тебя накажет государство — жульничество добром не кончается. Такое молчаливое соглашение между составляющими общество индивидами — вместе заботиться о коллективном благополучии, жертвовать частью личной свободы в обмен на такие блага, как гарантированная государством защита, — обозначается термином общественный договор. Именно на нем держится совместная деятельность людей, производственная и экономическая составляющие цивилизации, но, когда люди обнаруживают, что жульничать выгоднее, или опасаются жульничества со стороны других, система расшатывается, и общественное единство слабеет.

Во время глубокого кризиса общественный договор может распасться, что повлечет за собой полный крах законов и порядка. Увидеть, к чему приводит разрыв общественного договора на уровне местного сообщества, можно на примере самой технически развитой нации на Земле. Ураган «Катрина» физически опустошил Новый Орлеан, но именно отчаяние жителей, осознавших, что местная власть испарилась и помощи ждать не приходится, привело к быстрой деградации обычного общественного уклада и вспышке анархии.

Так что в случае планетарной катастрофы, после исчезновения государства и правоохранительной системы стоит ожидать, что вакуум заполнят организованные банды, которые будут захватывать территории. Тот, кто захватит контроль над уцелевшими ресурсами (продовольствием, топливом и т.п.), будет распределять немногие блага, сохранившие безусловную ценность в условиях нового миропорядка. Наличные деньги и банковские карты превратятся в бумагу и пластик. Люди, присвоившие запасы консервированной еды как свое «имущество», станут весьма богатыми и могущественными — новыми королями, раздающими пищу в обмен на службу и верность, как некогда древние владыки Междуречья. В таких обстоятельствах людям, обладающим ценными умениями, например врачам и медсестрам, лучше держать свои навыки при себе, ведь иначе бандиты могут их захватить и держать у себя как умелых рабов.

Участники банд будут без колебаний уничтожать соперников и мародеров-одиночек, и по мере истощения ресурсов вражда будет становиться все свирепее. Обычная мантра людей, активно готовящихся к апокалипсису (их называют сервайвелистами или выживальщиками), звучит так: «Лучше, когда ствол есть и он не нужен, чем когда он нужен, а его нет».

В первые недели и месяцы, скорее всего, будет раз за разом повторяться один и тот же сценарий: понимая, что надежнее держаться друг друга, люди будут небольшими группами стекаться в удобные для обороны места, чтобы сообща решать проблемы и стеречь запасы. Границы этих небольших владений придется патрулировать и охранять,

как сегодня охраняются границы государств. По иронии судьбы самые безопасные места, где можно запереться и пересидеть лихолетье, крепости, раскиданные по всей стране, придется использовать «наизнанку». Тюремные — практически автономные поселения с высокими стенами, крепкими воротами, проволочными заграждениями и наблюдательными вышками: они строятся для того, чтобы заключенные не могли их покинуть, но равно эффективны будут они и как убежища, защищающие от внешних вторжений.

Разгул преступности и насилия — видимо, неизбежный спутник любых крупных катастроф. Но кошмарное нисхождение в мир «Повелителя мух» — не та тема, которую мы будем обсуждать дальше. Эта книга о том, как ускорить возрождение технической цивилизации после того, как человечество вновь сможет вести хозяйство.

## **Лучший конец света**

Прежде чем мы перейдем к «лучшему» варианту апокалипсиса, рассмотрим худший. С точки зрения последующей перезагрузки цивилизации худший вариант светопредставления — это тотальная ядерная война. Даже если кому-то удастся спастись и не испариться вместе со взорванными городами, большая часть рукотворного мира погибнет, а замутненные пылью небеса и отравленная зараженными осадками почва помешают возрождению сельского хозяйства. Столь же катастрофическим, хотя и не моментально смертельным стал бы гигантский выброс вещества из солнечной короны. Если особенно яростный солнечный выхлоп врежется в магнитосферу Земли, она загудит, как колокол, а в электрических сетях возникнет небывалой силы ток, который сожжет все трансформаторы на планете и вырубит все распределительные сети. Всемирное отключение света остановит насосы, подающие воду и газ, перегонку нефти, заводы, на которых можно было бы изготовить новые трансформаторы. После такого удара по стержневым структурам современной цивилизации даже без массовой гибели людей вскоре наступит социальный коллапс, и бродячие орды быстро истребят оставшиеся жизненные запасы, вызвав катастрофическую убыль населения. В итоге уцелевшие опять-таки окажутся в безлюдном мире, но еще и начисто лишенном тех ресурсов, которые в ином случае дали бы человечеству отсрочку на подготовку к восстановлению цивилизации.

Многие фильмы и книги об апокалипсисе опираются на драматичный сценарий, при котором гибель промышленности и разгул анархии приводят к все более ожесточенной войне выживших за убывающие ресурсы, но я хочу рассмотреть противоположную крайность: это резкая и массовая депопуляция с сохранением почти нетронутой материальной структуры нашей цивилизации. Большая часть человечества уничтожена, но все материальные объекты по-прежнему на месте. Такой сценарий дает наиболее интересную экспозицию для нашего мысленного эксперимента о том, как ускорить возрождение цивилизации с нуля. Выжившие получают отсрочку, чтобы оправиться и не допустить соскальзывания в пропасть, и лишь потом им придется заново осваивать основные функции самодостаточного общества.

Кратчайший путь к такому сценарию — гибель человечества от какой-то молниеносной пандемии. Идеальным вирусным ураганом могла бы стать инфекция, сочетающая высокую вирулентность возбудителя, продолжительный инкубационный период и близкую к 100% летальность. Таким образом, орудием апокалипсиса станет болезнь чрезвычайно заразная, поражающая не сразу, а через некоторое время (чтобы инфицированных накопилось как можно больше), но в итоге убивающая наверняка. Мы стали воистину расой горожан — с 2008 г. большинство населения Земли живет в городах, и такая огромная плотность населения в сочетании с мгновенным межконтинентальным сообщением создают идеальные условия для быстрого распространения заразы. Если бы мор типа черной смерти 1340-х, унесшей треть населения Европы (и, предположительно, такую же долю азиатского), случился сегодня, наша техническая цивилизация оказалась бы куда менее устойчивой [\[6\]](#).

Но какой минимум уцелевших после глобальной катастрофы необходим, чтобы сохранился практический шанс не только восстановить популяцию, но и суметь ускоренными темпами возродить цивилизацию? Иными словами, при какой критической массе возможен быстрый перезапуск?

Два крайних значения спектра я обозначу названиями «Безумный Макс» и «Я — легенда». Если происходит коллапс технической системы жизнеобеспечения современного общества, но без массовой гибели людей (как в сценарии с корональным выбросом), уцелевшее население довольно скоро в свирепом соперничестве истребит оставшиеся ресурсы. Это отменяет отсрочку, и общество закономерно скатывается в варварство, изображенное в «Безумном Максе», за чем следует быстрая депопуляция, не оставляющая больших надежд на скорое возрождение. С другой стороны, если вы единственный уцелевший во всем мире (Человек Омега) или кроме вас есть еще сколько-то одиночек, так разбросанных по планете, что их пути никогда не пересекутся, о восстановлении цивилизации и даже человеческой популяции не приходится и думать. Судьба человечества подвешена на единственной нити, и оно неизбежно исчезнет со смертью этого последнего Омеги — как показано в романе Ричарда Матесона «Я — легенда» [7]. Двое уцелевших разного пола — абсолютный минимум для продолжения существования вида, но популяция, восходящая к единственной паре прародителей, не сможет похвастать ни генетическим разнообразием, ни долговременной жизнеспособностью.

Какое же количество уцелевших теоретически необходимо для возрождения человечества? Изучение последовательностей митохондриальной ДНК нынешних новозеландских маори позволило установить численность пионеров-основателей популяции, приплывших на плотках из Восточной Полинезии. Имеющийся набор генов показал, что в этой популяции предков было всего лишь около 70 женщин детородного возраста, а всего прибывших чуть более чем в два раза больше. Подобный анализ обнаружил сопоставимый размер прародительского сообщества для абсолютного большинства коренных американцев, которые восходят кобщей группе предков, пришедших из Азии по Берингову перешейку 15 000 лет назад, когда уровень моря был ниже. Так что в постапокалиптическом мире группа из нескольких сотен мужчин и женщин, собранных вместе, будет располагать достаточным для восстановления человечества генетическим материалом.

Проблема в том, что, даже если прирост населения составит 2% в год — самый быстрый темп, отмеченный когда-либо в истории Земли, обеспеченный индустриализованным сельским хозяйством и современной медициной, — пройдет 800 лет, прежде чем постапокалиптическая популяция дорастет до человечества времен промышленной революции. (В следующих главах мы разберем причины, по которым высокий уровень научного и технического развития вряд ли достигим без достаточной численности населения и без формирования определенных социоэкономических структур.) Столь небольшого числа прародителей определенно не хватит, чтобы вести надежное земледелие, не говоря уже о более сложных методах производства, и потому их сообщество неизбежно деградирует в племя охотников и собирателей, озабоченное борьбой за выживание. В этом состоянии человечество провело 95% времени своего существования, но такой образ жизни не может прокормить многочисленные сообщества, и откат к нему станет ловушкой, выбраться из которой на сей раз будет крайне непросто. Как же ее избежать?

Пережившим апокалипсис потребуется много рабочих рук на полях, чтобы земледелие было продуктивным, но в то же время необходимо достаточное число людей занять развитием ремесел и восстановлением технологий. Для максимально успешной перезагрузки у вас должно быть столько людей, чтобы среди них нашлись носители широкого круга умений и навыков и чтобы сумма общих знаний удержала от слишком далекого отката в дикость. Начальная популяция численностью приблизительно 10 000 душ, собранных в одном месте (в Великобритании столько людей останется, если доля

переживших катастрофу составит 0,016%) и способных слиться в единое сообщество и мирно трудиться сообща, — это идеальный старт для нашего мыслительного эксперимента.

Теперь посмотрим, в каком же мире окажутся эти родоначальники нового человечества и как он будет меняться от их усилий.

## **Контрнаступление природы**

С прекращением постоянного обслуживания человеком его рукотворной среды природа не упустит случая вновь захватить наши поселения. На улицах станет накапливаться мусор и ветошь, стоки забьются, вода в них будет застаиваться, а органические остатки перегнивать в гумус. И первые семена прорастут именно в таких «оазисах». Трещины в асфальте даже в отсутствие катящихся колес мало-помалу расширятся до провалов. При похолодании влага в этих трещинах будет замерзать и расширяться, взламывая искусственное покрытие изнутри тем же самым неумолимым ритмом замерзаний и оттаиваний, который постепенно разрушает горные хребты. Эрозия создает все новые и новые уголья для неприхотливых сорных трав, затем кустарников, которые, укореняясь, продолжают разрушать твердую поверхность дорог. Есть и более агрессивные растения, их корни взламывают кирпич и бетон в поисках опоры и присасываются к источникам влаги. Лозы поползут вверх по светофорам и дорожным знакам, словно по металлическим деревьям, а густой плющ затянет, будто скальные обрывы, фасады домов и свесится с крыш.

С течением лет листва и другой опад ворвавшихся в города растений превратится в перегной и, смешиваясь с принесенной ветром пылью и с крошкой разрушающегося бетона, создаст первый слой городской почвы. Бумага и другая ветошь, вылетающая из выбитых окон контор, будет скапливаться на улицах и становиться частью компоста. Слой почвы на городских дорогах, тротуарах, автостоянках и площадях нарастет, и все более мощные деревья пустят в него корни. Быстро будут становиться лесами скверы, парки и предместья. Всего за 10–20 лет бузина и березняк полностью их освоят, а к концу первого столетия после апокалипсиса там будут шуметь ели, лиственницы и каштаны.

А пока природа возвращает себе земли, здания, окруженные молодым лесом, будут постепенно ветшать и разваливаться. Растения, вернувшись, заполнят улицы бывших городов валежником и палой листвой, которые, перемешиваясь с остатками вещей, вываливающихся из зданий, образуют груды легковоспламеняющегося мусора, так что все более частыми станут городские лесные пожары. Труху, скопившуюся под стеной здания, воспламенит удар молнии в летнюю грозу или луч солнца, сфокусированный битым стеклом, и опустошительный пожар, охватывая огромную площадь, покатится по улицам, выжигая внутренности небоскребов.



**Припять — город-призрак, расположенный неподалеку от Чернобыльской АЭС. Здания рассыпаются, и природа возвращает себе застроенные человеком пространства**

Современный город не выгорит дотла, как Лондон в 1666 г. или Чикаго в 1871-м, где пламя перескакивало через узкие улицы, охватывая одно за другим деревянные строения, но все равно пожары будут опустошительными, ведь их никто не станет тушить. Газ, оставшийся в домовых и подземных трубопроводах, начнет взрываться, а бензин в баках брошенных на улице машин добавит свирепости огненному аду. Пространства, в которых живут люди, уставлены бомбами, которые взорвутся, если рядом запылает огонь: заправочные станции, химические заводы, емкости с летучими и огнеопасными растворителями в химчистках. Пожалуй, одним из самых горьких зрелищ для переживших апокалипсис будет огненная гибель городов, плотные столбы удушливого черного дыма, поднявшиеся над округой и ночью окрашивающие небо кровавым отсветом. После такого пожара все, что останется от города, — это кирпич, бетон и стальные каркасы зданий — обугленные скелеты, которые предстанут взору после того, как огонь пожрет все горючие внутренности зданий.

Пожары причинят великое опустошение, но окончательно разрушит заботливо возведенные нами здания вода. В первую зиму после апокалипсиса, замерзнув, во множестве полопаются водопроводные трубы и с наступлением тепла изольют свое содержимое в помещения. Дождь будет захлестывать сквозь разбитые и выломанные окна, протекать сквозь прохудившиеся черепичные кровли и переливаться из забитых стоков. Дверные и оконные рамы, с которых облупилась краска, впитают сырость, дерево будет гнить, железный крепеж ржаветь, пока, наконец, рамы не выпадут из стен. Деревянные детали — полы, балки, стропила — тоже пропитаются сыростью и сгниют, а ржа съест скрепляющие их болты, шурупы и гвозди.

Бетон, кирпич и цемент будут растрескиваться от перепадов температуры, мокнуть от воды, просачивающейся из забитых стоков и труб, а в высоких широтах трескаться от неумолимого чередования замерзаний и оттаиваний. В теплых краях насекомые, вроде термитов и жуков-точильщиков, заодно с грибками будут пожирать деревянные элементы строений. В скором будущем деревянные балки прогниют и просядут, отчего

провалятся полы и обрушатся крыши, и рано или поздно и сами стены провиснут, а затем обрушатся. Большинство частных и многоквартирных домов простоит не больше сотни лет.

Наши мосты, когда облетит краска, открыв металл влаге, заржавеют и утратят прочность. Роковым для многих из них станет мусор, забивший температурные зазоры — пустоты, оставленные для того, чтобы металл мог расширяться на летней жаре. Когда они забьются, конструкциям моста придется сжиматься, перекусывая проржавевшие заклепки, пока все сооружение не рухнет. За первые одно-два столетия многие мосты упадут в текущие под ними реки, а обломки и щебень, осыпавшиеся между опорами, образуют преграждающие течение запруды.

Железобетон, из которого строятся многие современные здания, превосходный строительный материал, но и он, будучи много прочнее дерева, тоже подвержен распаду. Главная причина разрушения бетона, как ни странно, именно то, что служит источником его замечательной прочности. Укрепляющие стальные стержни (арматура) защищены от влияния стихий бетонной рубашкой, но слабокислотная дождевая вода и гуминовая кислота от гниющих растительных продуктов пропитают бетонный монолит, и стальной скелет начнет ржаветь внутри стен. Добьет монолитные здания то, что сталь, корродируя, увеличивается в объеме и взламывает бетон изнутри, пропуская внутрь сырость и ускоряя окончательное разрушение. Арматура — ахиллесова пята современных зданий, в долговременной перспективе неармированный бетон предпочтительнее: купол римского Пантеона все еще прочен, а ему 2000 лет.

Для многоэтажных зданий, однако, страшнее всего затопление подвалов, где вода застаивается после прорывов труб, засора стоков и повторяющихся, особенно в городах, построенных на реке, наводнений. Опорные конструкции корродируют и прогибаются либо уходят в грунт, и небоскреб кренился куда опаснее Пизанской башни и в итоге неминуемо обрушивается. Падающие фрагменты зданий будут разбивать стоящие внизу строения, возможно башни станут заваливаться друг на друга, будто костяшки домино, и наконец лишь отдельные одинокие пики останутся возвышаться над морем леса. Только считанные единицы наших великих небоскребов смогут простоять несколько веков.

За жизнь всего одного-двух поколений городская топография преобразится до неузнаваемости. Первые укоренившиеся на улицах семена вырастут в молодые деревца, а затем во взрослые деревья. Вместо улиц и бульваров мы увидим густой лес, заполнивший искусственные каньоны между фасадами зданий, обветшалыми и разрушенными, с растительностью, свисающей из окон наподобие гирлянд. Природа завоюет бетонные джунгли. Со временем острые груды обломков и щебня от рухнувших зданий смягчат очертания, накопив сверху слой почвы, сформировавшийся из отмерших растительных остатков, и тогда даже руины башен, некогда вонзавшихся в облака, похоронит и спрячет зеленый покров.

Вдали от городов будут качаться на океанских волнах целые флотилии кораблей-призраков, выпуская из распоротого чрева ядовитую пленку нефти и роняя в волны контейнеры с грузовой палубы, как одуванчик роняет семена на ветер. Иногда течения и ветра станут выносить суда на берег. Но, пожалуй, самым зрелищным крушением будет возвращение на Землю одного из самых грандиозных кораблей человечества, если, конечно, в нужный час в нужном месте окажется наблюдатель.

Международная космическая станция — это гигантское, стометровой ширины сооружение, более 14 лет строившееся на околоземной орбите: поражающий воображение комплекс герметичных модулей, ажурных ферм и стрекозиных крыльев солнечных батарей. Хотя станция проплывает в 400 км над землей, она все же находится в тончайших верхних слоях атмосферы, и между широко расставленными элементами конструкции и атмосферой возникает хотя и ничтожное, но неумолимое трение. Оно отбирает энергию станции, и та кружит по спирали, постепенно



приближаясь к Земле, так что ее приходится время от времени возвращать на орбиту ракетными двигателями. После гибели астронавтов или выработки топлива станция начнет неуклонно снижаться на 2 км в месяц. Вскоре она сорвется в огненное падение и, прочертив небо, вспыхнет и исчезнет рукотворной падучей звездой.

## **Постапокалиптический климат**

Постепенное разрушение городов и поселений — не единственное превращение, которое будут наблюдать пережившие глобальную катастрофу.

Со времен промышленной революции и начала угле-, а затем газо- и нефтедобычи человечество усердно зарывается в недра Земли, извлекая оттуда химическую энергию, запасенную в минувшие эпохи. Ископаемое топливо, легковоспламеняющийся конгломерат углерода, представляет собой распавшиеся останки когда-то существовавших лесов и морских организмов: это химическая энергия, полученная из солнечного света, проливавшегося на Землю миллиарды лет назад. Этот углерод получен из земной атмосферы, но есть проблема: его запасы мы сжигаем так быстро, что за век с небольшим через выхлопные и дымовые трубы вернули в атмосферу то, что копилось сотни миллионов лет. Это намного, намного больше, чем способна абсорбировать экосистема, и сегодня в атмосферном воздухе примерно на 40% больше углекислого газа, чем было в начале XVIII столетия. Одно из последствий такого накачивания двуокисью углерода — парниковый эффект: в атмосфере задерживается больше солнечного тепла, отчего происходит глобальное потепление. Оно, в свою очередь, влечет повышение уровня Мирового океана и нарушение погодных схем по всей Земле: где-то начинаются проливные дожди с наводнениями, где-то наступает великая сушь, и все это не лучшим образом сказывается на сельском хозяйстве.

С гибелью индустриальной цивилизации промышленная, транспортная и сельскохозяйственная эмиссия CO<sub>2</sub> прекратится за считанные часы, а выбросы немногих уцелевших предприятий упадут практически до нуля в первые месяцы и недели. Но даже если завтра выброс углекислоты в атмосферу прекратится полностью, экосистема Земли еще несколько веков будет «утраивать» тот колоссальный объем, который уже выдохнула наша цивилизация. Сейчас мы проходим фазу задержки: планета только начинает реагировать на наше грубое вмешательство в природное равновесие.

В первые столетия после апокалипсиса уровень Мирового океана, скорее всего, поднимется на несколько метров по инерции, уже набранной системой. Последствия могут быть значительно страшнее, если потепление вызовет цепную реакцию: к примеру, оттаивание метанонасыщенной вечной мерзлоты или повсеместное таяние ледников. Хотя уровень углекислого газа в атмосфере упадет, он надолго остановится на каком-то довольно высоком значении и не снизится до цифры доиндустриальной эпохи еще много десятков тысяч лет. Поэтому, сколько бы ни существовала наша цивилизация и любая, которая придет нам на смену, этот переключенный термостат, по сути дела, уже навсегда, и наш нынешний беззаботный образ жизни оставит тяжелое и долго не изживаемое наследие тем, кто будет на Земле после нас. Людям, вынужденным бороться за существование, это сулит долгие века меняющегося климата, когда плодородные поля вдруг выгорают от засухи, низменные земли затапливает вода и повсюду распространяются тропические болезни. История знает случаи внезапной гибели цивилизаций от локальных климатических сдвигов, и наступающие глобальные перемены вполне могут сорвать хрупкому постапокалиптическому обществу возрождение из пепла.



Мы никогда не видим своего положения в истинном свете, пока не изведем на опыте положения еще худшего, и никогда не ценим тех благ, которыми обладаем, пока не лишимся их.

Даниэль Дефо. Робинзон Крузо[8]

После авиакатастрофы и падения самолета на безлюдной территории выжившим, чтобы не погибнуть, нужно в первую очередь позаботиться об убежище, воде и пище. Те же самые заботы будут первостепенными и после гибели цивилизации. Можно несколько недель протянуть без пищи, несколько дней без воды, но, оставшись без убежища в суровом климате, вы можете погибнуть за несколько часов. Как сказал мне эксперт по выживанию из SAS Джон Вайсман по прозвищу Длинный: «Если после большого бабаха ты на ногах, ты выжил. На какой срок — это уже зависит от того, что ты знаешь и как себя ведешь». Будем исходить из того, что вы, как и 99% людей, в том числе и я сам, не относитесь к выживальщикам: не запасае в подвале воду и продукты, не укрепляете свое жилище и вообще никак не готовитесь к грядущему концу света.

Поэтому в критический переходный момент, пока вы еще не налаживаете новое производство, вам, чтобы не погибнуть, нужно будет кое-что найти на руинах цивилизации. Что же вы станете высматривать на берегу, бродя меж обломков, вынесенных откатывающейся волной технологий?

## Убежище

В рассматриваемой нами ситуации (массовая гибель людей без заметного ущерба для материальных ценностей) вы вряд ли останетесь без крова: в первые дни после катастрофы недостатка в пустующих жилищах не будет. И все же поспешите отправиться с экспедицией в туристический магазин и обзавестись кое-какой одеждой. Конец света диктует практичный дресс-код: в свободных и прочных штанах, нескольких фуфайках и добротной непромокаемой куртке удобнее и теплее, когда придется проводить много времени на улице и в неотапливаемых зданиях. Прочные туристские ботинки выглядят, может быть, не очень элегантно, но в постапокалиптическом мире совсем ни к чему, оступившись, ломать лодыжку. В первые несколько лет одежду, пока ее не источили насекомые и не испортила сырость, лучше всего добывать в крупных торговых центрах. В глубине капитального строения товары хорошо защищены от действия стихий.

Кроме теплой одежды для выживания вам понадобится огонь. Огонь сыграл в истории человечества важнейшую роль: согревал, освещал, обрабатывал пищу, уничтожая патогенные микроорганизмы и делая ее более удобоваримой, плавил металлы. В первое время после катастрофы вам не понадобятся такие навыки выживания в дикой природе, как умение добывать огонь трением: в домах и уличных киосках найдется сколько угодно коробок со спичками, а одноразовые газовые зажигалки будут работать еще годы.

Если не найдется ни спичек, ни зажигалки, есть и менее традиционные способы разжечь огонь с помощью подручных артефактов. В ясный день можно сфокусировать солнечные лучи с помощью лупы, пары очков[9] или даже выгнутого донышка алюминиевой пивной банки, отполированного с помощью кусочка шоколада или капли зубной пасты. Искры можно получить, присоединив два куска толстого провода к автомобильному аккумулятору, а проволоочная мочалка, найденная в кухонном буфете, заискрит, если ею потереть клеммы девятивольтовой батарейки, вынутой из пожарного датчика. Материал для растопки в изобилии будет рассеян по опустевшим домам и улицам: вата, шерсть, тряпье и бумага, особенно если вы добавите горючее вещество типа вазелина, лака для волос, растворителя или просто каплю бензина. Само топливо вы тоже добудете без труда, даже в городе. Места, в которых мы живем, просто напичканы горючими материалами — от мебели и деревянного инвентаря до садовых насаждений: всем этим можно топить очаг и для обогрева, и для готовки.

Главный вопрос не в том, как разжечь или поддерживать огонь, а в том, где его развести. В большинстве современных домов и квартир нет ни печей, ни каминов. Но вы спокойно можете использовать для разведения огня металлический бак или принести в жилище жаровню, а если пол в вашем жилище бетонный, можно просто вырезать кусок коврового покрытия и разводить костер прямо на бетоне. Дым нужно будет выпускать через приоткрытое окно (особенно если топить приходится синтетическими материалами, например поролоном). Но лучше всего найти коттедж или деревенский дом, построенный в расчете на печное отопление, — и это один из главных стимулов как можно скорее покинуть город, о чем мы скоро поговорим.

## Вода

После поиска убежища и защиты от стихий второй пункт вашей программы — чистая питьевая вода. Пока трубы городского водопровода не пересохли, наполните до краев ванну и все раковины в доме, все чистые ведра и даже прочные полиэтиленовые пакеты для мусора. Все емкости с экстренным водным запасом должны быть закрыты, чтобы в них не попадал мусор и солнечные лучи, способствующие размножению водорослей. Бутилированной водой можно запастись в супермаркете или офисных помещениях, где стоят кулеры. А еще резервуарами для вас могут стать бассейны в гостиницах и спортивных комплексах и бойлеры, имеющиеся в любом большом здании. Со временем придется брать воду из тех источников, от которых вы в нормальное время брезгливо отворачивались. Каждому уцелевшему необходимо по меньшей мере 3 л чистой воды каждый день, а в жарком климате или при физических нагрузках еще больше. Заметьте, это только для поддержания водного баланса, без учета воды для мытья и приготовления еды.


Всю воду, кроме той, что в запечатанных бутылках, нужно очищать. Надежный метод стерилизации воды от микроорганизмов — несколько минут интенсивного кипячения (хотя это не избавляет от химических токсинов). Но этот способ слишком долгий и быстроистощает запасы топлива. Более практичное и подходящее для каждодневного применения и больших объемов средство, если вы уже где-то обосновались, — это сочетание фильтрации и обеззараживания. Примитивную, но вполне эффективную систему для процеживания мутной речной или озерной воды можно сделать из емкости типа пластикового ведра, бочки или даже чисто отмытого мусорного бака. Пробейте в днище небольшие отверстия, уложите слой древесного угля, найденного в хозяйственном магазине или изготовленного на дому по инструкции со с. 115. Сверху уложите чередующиеся слои песка и гравия. Налейте воду, и, пройдя сквозь фильтрующие слои, она очистится от большинства взвешенных частиц.

Обеззараживать отфильтрованную воду и уничтожать патогенные микроорганизмы можно с помощью специальных препаратов, например таблеток или кристаллов йода, которые легко найти в любом туристическом магазине. Если под рукой их не окажется, есть не совсем очевидные заменители, тоже отлично решающие задачу: например, хозяйственные отбеливатели на хлорной основе. Всего несколько капель 5-процентного раствора жидкого отбеливателя на основе хлорноватокислого натрия обеззаразят за час литр воды. Только внимательно читайте этикетку, убедитесь, что в составе продукта нет добавок типа отдушки или красителя, которые сами могут быть ядовитыми. Бутылочки отбеливателя, обнаруженной под раковиной на кухне, хватит, чтобы очистить около 2000 л воды — почти двухлетний запас для одного человека.

Можно применить для обеззараживания питьевой воды средства для хлорирования бассейнов (в слабой концентрации), найденные в подсобке спортзала или магазине. Одной чайной ложки порошка хлорной извести хватит на 800 л (но и здесь нужно следить, чтобы средство не содержало фунгицидов и осветлителей). Позже, когда доступные запасы хлорки иссякнут, вам придется готовить новые из морской воды и мела, как будет описано в главе 10.

В пластиковых бутылках воду можно не только хранить, но и стерилизовать. Для дезинфекции солнечным светом нужны только солнце и прозрачная посуда, этот метод ВОЗ рекомендует для полевых условий в развивающихся странах — и это отличный вариант для постапокалиптического мира. От пластиковых бутылок отклейте этикетки (но не берите бутылки емкостью более 2 л, иначе излучение не проникнет с нужной интенсивностью во всю толщу жидкости), наполните водой и выложите на улице на яркое солнце. Ультрафиолетовое излучение губительно для микроорганизмов, а если вода нагреется больше чем до 50 °С, эффект заметно усилится. Удобная система — установить под нужным углом к солнцу лист гофрированного железа и уложить в ложбины бутылки с водой. Если лист выкрасить черной краской, это повысит температуру нагрева.

Помните, что стекло и некоторые виды пластика, например ПВХ, не пропускают ультрафиолетовые лучи. Изучите маркировку на донышке бутылки: в наши дни на

большинстве из них оттиснут значок вторичного использования  Это хорошо: значит, бутылка сделана из полиэтилентерефталата (ПЭТ).

Если вода слишком мутная и солнечный свет в нее не проникнет, ее нужно сначала отфильтровать. На ярком прямом солнце вода обеззараживается примерно за шесть часов, но в облачную погоду лучше проводить дезинфекцию день или два.

## Пища

Долго ли смогут люди, пережившие конец света, питаться объедками прошлой цивилизации? Срок годности на упаковке — это лишь рекомендация, часто он устанавливается с достаточным запасом. На какое время на самом деле останутся съедобными разные типы продуктов? Есть такие, которые сохраняются, можно сказать, вечно: соль, соевый соус, уксус, сахар (если хранится сухим) и др. В главе 4 мы рассмотрим, как с помощью этих веществ можно консервировать провизию.

Но другая еда на полках обезлюдивших супермаркетов подвержена порче. Свежие фрукты и овощи сгниют за несколько недель, и только клубнеплоды пролежат гораздо дольше: они эволюционно предназначены всю зиму хранить энергию для растения. Картошка, маниок и ямс в прохладном, сухом и темном месте вполне могут храниться полгода и дольше.

Сыры и другие лакомства из отдела деликатесов заплесневеют через неделю-другую, а через месяц-два все неупакованное сырое мясо разложится и облезет с костей. На удивление стойки к порче яйца: без холодильника они и через месяц с лишним могут остаться съедобными.

Молоко испортится примерно за неделю, но ультрапастеризованное в тетрапаках простоит годы, а сухое, порошковое хранится еще дольше. В сухих продуктах именно жиры портятся первыми, поэтому дольше всех годится для питья сухое обезжиренное молоко. Сало и масло после отключения холодильников не протянут долго, растительные масла тоже со временем прогоркнут (они станут несъедобны, но их жирную основу можно использовать для мыловарения или изготовления биотоплива, о чем я далее расскажу).

Белая пшеничная мука хранится несколько лет, дольше, чем цельнозерновая, которая из-за высокого содержания жиров довольно скоро прогоркнет. Мучные изделия, такие как макароны, тоже пролежат не один год. Питательные вещества гораздо лучше сохраняются в цельном, неразмолотом и недробленном зерне (когда семя изолировано от влаги и кислорода), поэтому немолотое жито остается съедобным десятилетиями. Точно так же цельное кукурузное зерно сохраняет питательные свойства около десяти лет, в то время как у кукурузной муки срок годности падает сразу до 2–3 лет. Сухой рис не пропадет 5–10 лет.

Все это, однако, при условии, что продукты хранятся в благоприятных условиях — в прохладе и сухости. Логично предположить, что такие условия будут в складских помещениях крупных супермаркетов в умеренных широтах, но, если вы живете в жарком и влажном климате, продукты, едва погаснут электрические сети и смолкнет рокот кондиционеров, начнут стремительно портиться. С отключением холодильников и морозильных камер острый запах гниющей еды привлечет бессловесных добытчиков: насекомых, крыс, стаи собак и других бывших домашних животных, лишившихся пропитания. Даже прочно запакованные продукты вряд ли выдержат натиск зубов и когтей, так что для выживших людей сохранность пищевых запасов будет ограничена не столько лежкостью продуктов, сколько деятельностью вредителей — как это было когда-то на заре земледельческой цивилизации.

Крупнейший долговременный запас провианта представляют собой штабеля консервных банок, заполняющие полки супермаркетов. Дело не только в том, что жестяная броня выдержит постапокалиптические нашествия грызунов и насекомых; температурная обработка, применяемая при консервировании, превосходно защищает содержимое банки от любых попавших внутрь микроорганизмов. Хотя обычно срок хранения, указанный на консервах, — два года, многие продукты в жестяных банках останутся съедобны и через несколько десятков лет, и даже более чем через век после гибели цивилизации, которая их запаивала. Ржавчина и вмятины на банке вовсе не означают, что ее содержимое испорчено, если нет течи или вздутия.

Итак, если вы единственный уцелевший клиент целого супермаркета, долго ли вас прокормит его содержимое? Лучшей стратегией будет в первые несколько недель потреблять скоропортящиеся продукты, затем макароны, рис и лежкие овощи-клубни и наконец переходить к самому надежному запасу — консервам в жестяных банках. Если вы заботитесь о сбалансированном рационе с правильным набором витаминов и нужной долей клетчатки (здесь вам помогут стеллажи с пищевыми добавками), организму понадобится 2000–3000 ккал в день, в зависимости от вашего веса, пола и образа жизни. Обычный супермаркет среднего размера может снабжать вас ими 55–63 года, если посчитать еще собачьи и кошачьи консервы.

Этот расчет, естественно, масштабируется, если мы переходим от одного индивида с целым супермаркетом в его распоряжении к популяции уцелевших, располагающей продовольственными запасами целой страны — от лавчонок на углу до колоссальных оптовых складов. Британское министерство окружающей среды, продовольствия и сельского хозяйства (DEFRA) в 2010 г. подсчитало, что запаса незамороженных нескоропортящихся продуктов (типа риса, макарон и консервов) в стране хватит на 11,8 дня. После апокалиптической убыли населения это обеспечит примерно пятидесятилетний запас для уцелевшего сообщества численностью около 10 000 человек. То есть популяция, достаточно многочисленная для быстрого восстановления технической цивилизации, получит достаточную временную фору для организации сельского хозяйства и производства продовольствия.

## Топливо

Другая важнейшая составляющая современной жизни, которая будет насущно необходима для восстановления транспорта и сельского хозяйства и выработки электричества, — это топливо. Пережившие конец света унаследуют гигантские запасы бензина и дизельного топлива. Баки почти 30 млн легковых автомобилей Британии — не считая мотоциклов, автобусов и грузовиков — это огромное разбросанное по всей стране бензохранилище, которым вы сможете воспользоваться. Бензин можно слить из бака брошенной машины, можно просто пробить бак отверткой и молотком и подставить под дыру емкость. Подземные емкости АЗС также содержат немалый объем топлива. Заправочные терминалы без электричества не работают, но нетрудно будет собрать примитивный насос с пятиметровым шлангом и качать им. На каждой заправке есть подземное озеро бензина, обычно объемом примерно 120 000 л, этого хватит

среднему семейному авто, чтобы проехать по дорогам постапокалиптического мира больше 1,5 млн км.

Другой вопрос, как это топливо будет храниться. Дизельное топливо стабильнее бензина, но уже в первый год от окисления в нем образуется вязкий осадок, который забивает фильтры в двигателях, а накопившийся водный конденсат создаст среду для размножения микроорганизмов. Если обеспечить правильные условия хранения и фильтровать старое горючее перед заправкой, оно, вероятно, будет годным десять лет и даже дольше, а потом вам придется налаживать процесс переработки нефти для постоянного снабжения бензином и дизтопливом.

Сами автомобили можно поддерживать на ходу, заменяя изношенные узлы снятыми с других авто или изобретая запчасти из подручных средств. Хороший пример из недавней истории показывает Куба. В 1962 г. США, наложив на Кубу торговое эмбарго, прекратили поставлять туда технологии и запчасти. Многие автомобили, до сих пор едущие по кубинским дорогам, — это классические «американцы», «янки-танки», выпущенные до введения запрета. Эти машины служат по сей день, спустя 50 лет, только благодаря изобретательности кубинских механиков, которые сами изготавливают запчасти или ставят детали «с разборки». Методы ремонта поневоле становятся все хитроумнее, поскольку доступный запас исправных деталей тает: этот сценарий определенно повторится в планетарном масштабе в годы отсрочки, что последуют за гибелью цивилизации.

Сохранившиеся запасы топлива и снимаемые с «лишних» машин запчасти позволят автомобилям, самолетам и катерам какое-то время оставаться на ходу, а вот современные GPS-навигаторы, на которые мы так привыкли всецело полагаться, начнут отказывать на удивление быстро, после того как навигационные спутники лишатся постоянной связи с наземным центром управления. В первые две недели после катаклизма точность определения координат упадет до полукилометра, в течение полугода — до десятка километров, а через несколько лет, когда спутники сместятся с тщательно просчитанных орбит, система станет полностью бесполезной.

## Лекарства

Еще одной насущной заботой в постапокалиптическом мире будет поиск и сбор медицинских средств. Для здоровой и комфортной жизни вам и вашим товарищам понадобится запас различных медикаментов: обезболивающих, противовоспалительных, антидиарейных, антибиотиков. Обезлюдившие больницы, поликлиники и аптеки — не единственный источник фармакопии: проверяйте также зоомагазины и ветеринарные лечебницы. Антибиотики, продающиеся для домашних и сельскохозяйственных животных и даже аквариумных рыбок, — точно те же, которыми лечат людей, и ими не стоит пренебрегать.

Для медицинских целей можно использовать различные повседневные предметы, и ради этого их тоже стоит запастись. Одно из первых назначений суперклея (цианоакрилата) — быстрое закрытие ран у американских солдат во Вьетнаме. Это применение вновь станет востребованным в постапокалиптическом мире: когда под рукой нет стерильных хирургических игл и ниток, а рану нужно закрыть, чтобы не попала смертельно опасная инфекция. Сначала рану нужно хорошо промыть и дезинфицировать — возможно, чистым спиртом, который вы сами выгнали. Затем стяните края раны вместе и нанесите суперклей только на поверхность кожи, чтобы скрепить края и не дать ране раскрыться.

Однако же главный вопрос: долго ли запасенные вами препараты сохраняют лекарственные свойства. В начале 1980-х гг. министерство обороны США обнаружило, что хранит на миллион долларов лекарств с истекающим вскоре сроком годности и что этот запас придется обновлять каждые 2–3 года. Министерство обратилось в Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов с

просьбой протестировать около сотни разных препаратов, чтобы увидеть, как долго они остаются эффективными. Удивительно, но около 90% проверенных лекарств сохраняли действие по окончании предполагаемого срока годности, и во многих случаях — еще довольно долго. Антибиотик ципрофлоксацин действовал и через 10 лет. Более свежее исследование установило, что противовирусный препарат ремантадин сохраняет лечебные свойства после 25 лет на полке, а таблетки теофиллина, назначаемые при респираторных заболеваниях типа хронической обструктивной болезни легких или астмы, показывают 90-процентную стабильность после более чем 30 лет хранения. В конечном счете можно заключить, что большинство лекарств останутся в принципе годными еще несколько лет после того, как минует указанный производителем срок, даже если запечатанная упаковка вскрыта. А в современных блистерах, где каждая таблетка до момента приема изолирована от разлагающего действия влаги и кислорода, это время может быть еще много дольше. Так что, если вам угрожает потенциально летальная инфекция, вы, вероятнее всего, рискнете прибегнуть к антибиотику, даже если он давно просрочен. Хотя эффективность лекарства снижается по мере распада главного агента, риск от просроченных препаратов невелик.

## Почему придется покинуть города

Возможно, вы думаете, что в большом городе самое ужасное — это люди: плотные толпы, текущие по улицам или проталкивающиеся к метро под аккомпанемент автомобильного рокота, гудков и сирен. После катастрофической депопуляции внезапная тишина на опустевших улицах поначалу будет жутковатой, но со временем может вам понравиться. Но хотя мертвые города предоставляют богатейший ресурс материалов и предметов, необходимых для восстановления цивилизации, вы вряд ли сможете там жить.

В первые дни после апокалипсиса главной проблемой плотно застроенных территорий будет обилие мертвых тел. В отсутствие организованной службы по вывозу и санитарному захоронению в городах на несколько месяцев воцарится невыносимый трупный смрад, а разложение и гниение создадут серьезные риски для здоровья живых. Как при любой катастрофе, огромные неудобства возникнут из-за заражения источников воды болезнетворными микробами.

Однако примерно через год, покочевав по сельской местности и повстречав других уцелевших, почему бы не вернуться к городским удобствам? Вот почему: сияющие небоскребы мегаполисов и просто жилые многоэтажки станут после коллапса цивилизации практически непригодными для жилья: они обеспечивают человеку кров только при наличии современной инфраструктуры. Без электричества и газа, без кондиционирования и обогрева в домах воцарится недружелюбный климат, и улучшить его будет сложно. После остановки насосов городского водопровода вам придется найти в городе источник грунтовых вод и каждый день доставлять в квартиру десятков-другой литров, втаскивая их наверх по ступеням, потому что лифты работать не будут. При должной решимости многие из этих неудобств можно устранить: например, хотя бы временно смонтировать дизельный генератор для питания лифтов, кондиционеров и водных насосов. Быть может, вам в голову даже придет фантазия перебраться в роскошный пентхаус с окнами от пола до потолка и видом на опустевший город, безмятежно распростертый вокруг, а все, что нужно для жизни, выращивать в саду на крыше по правилам пермакультуры. Более реальной моделью для постапокалиптического горожанина было бы поселиться на окраине большого парка и вспахать там землю для выращивания сельскохозяйственных культур.

В некоторых городах среда станет непригодной для жизни сразу после того, как технологический пузырь лопнет. Лас-Вегас, Лос-Анджелес и некоторые другие города неудачно построены в очень сухой и даже пустынной местности и быстро «завянут», едва перестанут работать акведуки, снабжающие их водой издалека. А вот город Вашингтон тем временем столкнется с противоположной проблемой: он построен на

болоте, и местность быстро вернется к своему природному состоянию, как только прекратит работать канализация.

Поэтому я предполагаю, что проще будет покинуть города навсегда и переселиться в более подходящее место — в деревню с плодородной возделанной землей и старинными постройками, более приспособленными для жизни без электричества и водопровода. Хорошее место для поселения — морское побережье, где можно ловить рыбу, с лесом неподалеку: однако помните, что уровень моря вследствие продолжающихся климатических изменений неминуемо будет повышаться. Дерево, как мы увидим дальше, имеет бесчисленное количество полезных применений помимо того, что это топливо и строительный материал. В мертвые города имеет смысл отправлять специальные команды добытчиков и спасательные партии, но жить гораздо проще будет за городом. Обосновавшись в выбранном месте, вы решите насколько возможно возродить основы бытовой инфраструктуры, начав с развертывания локальной электрической сети.

## Свое электричество

В отличие от топлива или продовольствия электричество не запасешь впрок — оно поставляется в виде тока и исчезнет в течение нескольких дней после катастрофы, когда отключатся передающие сети. Сообществу уцелевших придется генерировать свое электричество, и многому здесь мы можем научиться, понаблюдав за теми, кто сегодня решил жить на самообеспечении, без подключения к национальным электросетям.

На первое время простейшим решением может стать дизельный генератор, найденный на стройке или на месте дорожных работ. А возможно, вам удастся подключиться к высоким ветрякам, расставленным по гряде холмов невдалеке, чтобы питать сети возобновляемой электроэнергии, когда кончается топливо. Одна такая турбина, прежде чем ей понадобится ремонт, который вы не сможете провести без специального инструмента или сменных узлов определенной конструкции, может выработать до мегаватта электроэнергии, этого хватит примерно на тысячу современных домов.

Людам с техническими способностями не составит большого труда соорудить ветряк из подручного утиля. Из тонких листов стали вырезать и выгнуть лопасти гигантского вентилятора, укрепить на ступице колеса, а вращение передавать при помощи цепи и системы велосипедных звездочек.

Принципиальный момент — преобразовать энергию вращения в электрическую. Для этого надо раздобыть подходящий генератор. Сегодня нас окружает море генераторов удобной и компактной конструкции, так что даже неудивительно, если вы не сразу сообразите, что они — повсюду. На Земле насчитывается около миллиарда единиц моторного транспорта — самый большой автопарк, около четверти от общего числа, в США, — и на каждой из этих машин установлен генератор переменного тока. Автомобильный электрогенератор — удивительный механизм. Покрутите ротор, и можно снимать на терминалах абсолютно стабильный ток напряжением 12 В, вне зависимости от скорости вращения. Это делает автомобильные генераторы идеальным вариантом для постапокалиптической генерации электротока в небольших объемах. Вариант попроще — электродвигатель с постоянными магнитами, какими оборудуют электроинструменты типа беспроводных дрелей или беговые дорожки. Если принудительно вращать его ротор, то мотор работает «наоборот»: генерирует и подает на клеммы электрический ток. Его сила будет зависеть от того, с какой скоростью вращают ротор.

Солнечные батареи тоже можно раздобыть. В отличие от дизель-генератора и ветряной турбины они не имеют движущихся частей и будут довольно долго служить без всякого ремонта. Хотя со временем они все равно портятся — от проникающей под оболочку влаги и разрушения кремниевых пластин солнечной радиацией. Выработка солнечной батареи снижается примерно на 1% в год, так что через два-три поколения

постапокалиптических земель нынешние солнечные элементы станут практически бесполезны.

Следующая проблема — хранение и раздача произведенной электроэнергии. Строго говоря, одно из первых мест, куда нужно отправиться после апокалипсиса, — это гольф-клуб: но не для того, чтобы снять стресс от светопреставления расслабляющей прогулкой по 19 лункам, а чтобы собрать кое-какой жизненно важный материал.

Автомобильные аккумуляторы надежны, но они сконструированы, чтобы давать сильный кратковременный ток для вращения стартера. Эти батареи плохо подходят для производства ровного и бесперебойного тока для нужд вашего автономного хозяйства; и вообще, они легко выходят из строя, если постоянно разряжаются более чем на 5°%.

Альтернативная модель свинцово-кислого аккумулятора, так называемая батарея глубокого разряда, разряжается гораздо медленнее, и ее можно без вреда раз за разом практически полностью разряжать и заряжать снова. Именно такие батареи следует искать в первые дни после апокалипсиса. Они могут стоять в микроавтобусах и трейлерах, моторных инвалидных креслах, электропогрузчиках и гольфмобилях. Постоянным током ваших батарей можно питать многие электрические устройства, например небольшой холодильник и лампочки, но постарайтесь все же раздобыть еще такое устройство, как инвертор тока: он преобразует постоянный ток в переменный напряжением 240 В, пригодный для питания различных устройств.

Подобного рода генераторы и батареи сегодня используют люди, живущие автономно, и выживальщики, закаляющие себя к апокалипсису. Но мы видим в недавней истории немало вдохновляющих примеров изобретательности, с которой в трудные времена обеспечивали себя электричеством обычные горожане. Например, в дни Боснийской войны в середине девяностых жителям боснийского города Горажде, три года пребывавшего в осаде сербской армии, пришлось почти всем обеспечивать себя на месте. Продовольствие в Горажде доставляли самолеты ООН, но техническая база городского хозяйства сильно пострадала, и электроснабжение было отрезано. Для генерации электрического тока гораждинцы строили кустарные гидроэлектростанции: к мостам через Дрину привязывали плавучие платформы, оснащенные водяными колесами и генераторами, снятыми с автомашин.





**В середине 1990-х гг. жители города Горажде, отрезанного сербской армией от электроснабжения, строили примитивные плавучие гидроэлектростанции, привязанные к мостам**

Это было до странности похоже на мельничные суда, которые в городах средневековой Европы привязывали к опорам мостов на самом сильном течении, только гораждинские мельницы по подвешенным к мосту проводам снабжали берег электричеством.

## Утилизация городов

Пока мы говорили о том, как остатки прошлой цивилизации помогут затормозить деградацию постапокалиптического сообщества, обеспечив амортизационный запас необходимых материалов, в частности продовольствия и топлива, а также полезных устройств, например генераторов и аккумуляторных батарей, с помощью которых на руинах можно наладить производство электроэнергии. Но мертвые города будут еще и запасом сырья, необходимого для перезагрузки технической цивилизации.

Некоторые важнейшие материалы — стекло, многие металлы — легко перерабатываются для вторичного использования. Даже если какие-то металлические конструкции за долгое время сильно проржавели и подгнили, металл никуда не делся. Его нужно только отделить от других веществ, которые с ним соединились, главным образом от кислорода. Изъеденный ржой стальной брус — это, в сущности, кусок весьма насыщенной железной руды, и ее можно обогатить вновь до состояния чистого металла посредством тех же самых технологий, которые в истории применялись для выплавки железа из натуральной рудной породы, о чем мы поговорим дальше.

В основе производства пластмасс лежат сложные процессы органической химии (к тому же требуется особое сырье — нефтепродукты), поэтому на ранних этапах восстановления хозяйства будет возможно лишь вторичное использование или переработка сохранившихся запасов. В зависимости от молекулярной структуры и, соответственно, реакции на нагрев пластмассы делятся на две категории: термореактивные и термопластичные (или просто «термопласты»). Термореактивные полимеры практически невозможно переработать: при нагревании они разлагаются в сложную

смесь органических химикатов, многие из которых довольно ядовиты. А вот термопласты после очистки можно расплавить и залить в новые формы. Легче всего примитивными методами переплавляется полиэтилентерефталат (ПЭТ, или PET). Простой способ определить, из какого типа пластмассы сделаны подобранные вами предметы, — посмотреть на маркировку. ПЭТ обозначается цифрой 1 — пластиковые бутылки для напитков, например, делают почти только из него. С переменным успехом можно утилизировать пластмассы с цифрой 2 (полиэтилен высокой плотности — ПЭВП, или HDPE) и 3 (поливинилхлорид — ПВХ, или PVC).



Вместе с тем, в отличие от стекла, которое можно переплавлять раз за разом без потерь, пластмасса, подвергаясь воздействию солнечного света и кислорода, теряет в качестве, и с каждой утилизацией изделия из вторичного пластика становятся все менее прочными и гибкими<sup>[10]</sup>. Так что постапокалиптическое человечество сможет обглаживать с остова погибшей цивилизации сталь и стекло, но эпоха пластика, без сомнения, закончится — пока общество не наработает заново необходимый уровень знаний в химии.

С гибелью технической цивилизации, отключением сетей связи и прекращением воздушного сообщения Земля из «планетарной деревни» вновь превратится в деревенскую планету. Интернету, задуманному и созданному как живучая компьютерная сеть, способная выдержать атомную бомбардировку и потерю многих своих узлов, в условиях глобального обесточивания повезет не больше, чем любой другой современной технологии. Мобильные телефоны после отключения электричества тоже продержатся считанные дни: пока не кончится топливо аварийных генераторов в центрах обработки данных и на радиомачтах. Новую и принципиальную важность внезапно обретут устаревшие и малозначащие технологии. Хорошо будет как можно скорее где-нибудь раздобыть старинные переносные радиостанции для связи между членами группы во время поисково-снабженческих экспедиций. Из средств дальней связи ценными станут любительские приемники и передатчики гражданского диапазона, которые помогут установить контакт с другими общинами уцелевших.

Но самый главный ресурс, который нужно собирать, пока он не пропал, — это знание. Книги будут гибнуть в пожарах, беспрепятственно опустошающих города и веси, превращаться в кашу после потопов и наводнений или просто гнить на полках от сырости и дождя, захлестывающего в разбитые окна. Письмена нашей цивилизации, запечатленные на бумаге, хотя несравнимо более обильны, но не столь долговечны, как глиняные таблички, плотные папирусные свитки и пергаменты предшествующих эпох. Однако, если содержимое библиотек доживет в сохранности до того дня, когда люди начнут возрождать цивилизацию, мы сможем найти много ценного в этих волшебных хранилищах знаний. Например, в библиографии в конце этой книги упомянуто немало сочинений, содержащих детали важнейших практических умений и процессов, необходимых для функционирования цивилизации, которые выжившим не помешало бы узнать. Вместе с библиотеками стоило бы изучить хранилища старинных механизмов — научно-технические и промышленные музеи: хранящиеся там устройства вроде ткацких станков и паровых машин можно разобрать и воссоздать: эти технологии пригодятся в постапокалиптическом мире.

В годы перезагрузки, вероятно, станет обычным зрелище новых поселений, строящихся в сельской местности. Но возникают они не в случайном порядке, а кольцами вокруг

мертвых городов, обволакивая ядро из брошенных небоскребов и прочего хозяйства. Команды добытчиков посещают эти руины, обглаживают остовы мертвых городов, ищут ценные материалы, возможно применяя самодельную взрывчатку для обрушения зданий и примитивные ацетиленовые горелки для разрезания металлических конструкций. Ценную добычу, вывезенную из городов, превращают в инструменты, лемехи плугов и другой инвентарь, необходимый для восстановления цивилизации.

Одной из первых насущных задач станет возрождение сельского хозяйства. Море пустых зданий, где можно найти приют, подземные озера с топливом для машин и генерации электричества — все это ничего не будет стоить, если пережившие катастрофу вымрут от голода.

## Глава 3

# Сельское хозяйство

В новом мире нам дан хороший старт. Для начала у нас в руках порядочный капитал. Но он исчерпывается... Позже нам придется пахать, еще позже — учиться ковать лемехи, а еще позже — учиться выплавлять железо... Самое ценное в нашем хорошем старте — это знание. Мы избавлены от тех трудностей, которые пришлось преодолеть нашим предкам.

Джон Уиндем. *День триффидов* [11]

Насколько срочно понадобится восстанавливать сельское хозяйство, будет зависеть от того, много ли народу пережило события, обернувшиеся гибелью человеческой цивилизации. Продолжая наш мысленный эксперимент, предположим, что на какое-то время нам хватит сохранившихся продовольственных запасов. У нас будет время оправиться от удара, найти подходящее место для переселения и постепенно на собственных ошибках научиться возделывать землю, прежде чем хороший урожай станет вопросом жизни и смерти.

После катастрофы нужно поспешить и спасти как можно больше культурных растений. Каждая из современных сельскохозяйственных культур воплощает в себе тысячи лет кропотливой селекционной работы, и если мы лишимся одомашненных растений, то, вероятно, лишимся и надежд на быстрое воссоздание цивилизации. В процессе одомашнивания от таких растений, как, например, пшеница или кукуруза, добывались все большей питательности, и они плохо приспособлены к жизни без человека. Многие из них быстро вымрут, проиграв борьбу за выживание диким растениям, которые не упустят случая вернуть себе покинутые крестьянами поля.

Заброшенные и заросшие поля или огороды на задних дворах — хорошее место для поиска сохранившихся съедобных растений. Такие виды, как ревень, картофель и артишок, скорее всего будут размножаться еще довольно долго, после того как огород запустеет. Но основа нашей диеты — это злаки, и если вы это хорошо понимаете, то без промедления организуете сбор семян в полях, пока растения не умерли и не сгнили в бороздах. Быть может, вам повезет найти мешки с семенным зерном: оно сохранит всхожесть не один год.

Есть, впрочем, такая проблема: большинство выращиваемых сегодня культур — это гибриды: они получены скрещиванием двух инбредных линий, обладающих нужными свойствами; потомство обладает ими всеми и чрезвычайной урожайностью. К несчастью, семена, вызревающие на гибридах, не наследуют этого сочетания качеств — «чистота породы» не сохраняется, и каждый год нужно покупать новые гибридные семена. В первое время после катастрофы нужно собирать прежде всего негибридные культуры: традиционные виды и сорта, которые стабильно воспроизводятся из сезона в сезон. Многие выживальщики именно на этот случай

запасают семенной фонд негибридных культур, но что делать, если вы не позаботились об этом заранее?

На Земле существуют сотни хранилищ семян, сберегающих биологическое разнообразие для будущих поколений. Самое крупное из них — тысячелетний банк семян в Западном Сассексе, недалеко от Лондона. Там, в многоэтажном подземном бункере, способном выдержать ядерную бомбардировку, хранятся миллиарды семян: это спасительная для землян библиотека, состоящая не из книг, а из разных видов и сортов культурных растений. Семена многих видов в сухом и прохладном месте сохраняют всхожесть десятилетиями; к таким относятся злаки, горох и другие бобовые, картофель, баклажан и помидор. Но даже и они со временем погибают, поэтому их нужно проращивать и получать урожай новых семян для дальнейшего хранения.

Срок хранения семян увеличивает низкая температура, поэтому, наверное, самая надежная аварийная копия, бэкап земледелия, который просуществует много лет после гибели цивилизации, — это Всемирное семенохранилище (оно же хранилище Судного дня) на Шпицбергене. Этот бункер уходит на 125 м в толщу скал. Железобетонные стены метровой толщины, взрывостойкие двери и шлюзовые камеры защитят спрятанный внутри биологический клад от самых страшных глобальных катаклизмов, и даже если на планете исчезнет электричество, вечная мерзлота (хранилище находится значительно севернее Северного полярного круга) естественным образом обеспечит в хранилищах температуру ниже нуля, и семена сохранятся долго. Там более чем через 1000 лет еще можно будет найти всхожие семена пшеницы и ячменя.

### Всемирное семенохранилище на Шпицбергене



Карта и географические координаты Всемирного семенохранилища на архипелаге Шпицберген

## Основы сельского хозяйства

Главный вопрос, на который вам нужно ответить: как мне выйти в это грязное поле с горстью семян и вырастить на нем еду, пока не пришла зима?

С виду задачка несложная: семена прорастают сами, и растения прекрасно существовали на Земле миллионы лет и до появления человека. Но из этого совершенно не следует, что возделывать землю просто. Да, растения растут естественным образом, но земледелие — глубоко искусственный процесс. Вы пытаетесь выращивать один вид растений, монокультуру: оставить на участке земли только этот вид, не пустив никакие другие. (Любые посторонние растения, прорастающие на этом участке, по определению будут сорняками, отнимающими у вашей культуры солнце, воду и питательные вещества.) К тому же нужно добиться оптимально плотности посадки, чтобы получить с участка максимальный урожай, вкладывая как можно меньше труда и энергии в обработку большого поля. Но при этом и защитить вожаемый урожай от нашествий вредителей, например насекомых, и от грибковых инфекций, которые в этих идеальных условиях распространяются без ограничений (точно так же города служат идеальной средой для размножения человеческих патогенных организмов). Два этих обстоятельства означают, что засеянное поле весьма искусственная среда и природа постоянно старается ее отвоевать. Поддержание этого хрупкого баланса стоит больших усилий и требует вашего постоянного участия.

Но помимо этого аграрию нужно решить фундаментальную проблему. В естественной экосистеме, например в лесу, деревья и подлесок растут, впитывая энергию солнца, поглощая атмосферный углерод и всасывая через корневую систему из почвы множество разных питательных веществ. Жизненные запасы аккумулируются в листьях, стеблях и корнях растения, оттуда попадают в организм животных, эти растения поедающих. А потом возвращаются в почву, откуда взяты, с экскрементами животного и после разложения его тела. Таким образом, природная экосистема действует подобно здоровой экономике — это оборот элементов, без конца перебрасываемых «со счета на счет». Природа земледелия принципиально иная: человек стимулирует рост культур с единственной целью — снять урожай — и забирает все плоды для собственного потребления. Даже если большую часть растительной биомассы оставлять в поле, все равно ту часть, что мы съедаем, мы изымаем из природного оборота, и год за годом земля постепенно беднеет. Самый смысл земледелия предполагает, что вы постепенно берете из земли минеральные питательные вещества, истощая жизненную силу почвы. Наши же отходы, особенно при современной системе канализации, обрабатываются от вредных бактерий, а потом сливаются в реки и моря. Современное земледелие — это мощная труба, высасывающая питательные вещества из земли и сбрасывающая их в океан. Растения нуждаются в сбалансированном питании не меньше, чем наш организм, а три главных компонента диеты растений — это азот, фосфор и калий. Фосфор необходим для переноса энергии, калий помогает удерживать влагу, но именно азот, участвующий в строительстве всех белков, чаще всего оказывается агентом, ограничивающим урожайность полей. Если вам не выпало такого великого везения, как древним египтянам в долине Нила, где ежегодные разливы реки удобряют землю плодородным илом, вам придется принимать особые меры для восполнения этого дефицита в бюджете почвы.

Нынешнее индустриализированное сельское хозяйство чрезвычайно производительно, в наши дни с каждого гектара используемых земель мы получаем в два–четыре раза больше продовольствия, чем 100 лет назад. Но единственный способ осуществления такого производства, выращивания монокультур на одном и том же поле и получения из года в год стабильно высоких урожаев — это рассеивание сильных гербицидов и пестицидов, создающих своего рода железный занавес вокруг поля, и обильное внесение химических удобрений. Богатые азотом вещества, содержащиеся в искусственных удобрениях, создаются промышленно с применением процесса Габера–Боша, к которому мы вернемся в главе 11. Синтез гербицидов, пестицидов и искусственных удобрений требует углеводородного топлива, как и работа сельскохозяйственных машин. Таким образом, современное аграрное производство — это в некотором смысле

процесс превращения нефти в еду — с некоторым участием солнечной радиации, — и каждая калория, полученная нами с пищей, обеспечивается затратой примерно десяти калорий энергии топлива. Коллапс цивилизации и исчезновение сложной химической индустрии заставят уцелевших после катастрофы заново осваивать старинные крестьянские технологии. В наши дни органические продукты — роскошь для состоятельного класса, а в постапокалиптическом мире других продуктов просто не будет.

Дальше в этой главе мы поговорим о том, как сохранить плодородность земли на долгие годы. Но пока начнем с азов агрономии — с уровня почвы.

## Что такое почва?

Земледелец не может управлять природой. Очевидно, что не в его власти регулировать солнечный свет, проливающийся на поля: нельзя поменять климат местности или вмешаться в смену сезонов. Невозможно задать уровень дождей, хотя влажность полей можно варьировать, налаживая дренаж и ирригацию. Самую большую власть аграрий имеет над почвой: ее химический состав обогащается удобрениями, о чем мы только что говорили, она механически преобразуется особыми орудиями типа плуга. Так что основной из компонентов сельскохозяйственного производства, на которые вы можете влиять, — это почва, и, значит, нужно понимать, что она собой представляет и как помогает жить растениям.

Все цивилизации в истории Земли своим существованием обязаны этому тонкому слою грунта. Охотники-собиратели кормились, добывая пищу в саванне, но города и культуры опираются на небывалую урожайность злаков — мелкокорневых трав, целиком зависящих от того, что дает верхний слой почвы. Основу любой почвы составляют измельченные породы, из которых состоит верхняя оболочка нашей планеты. Порода подвергается механическому воздействию водных потоков, ветра, ползущих ледников, химически разрушается слабокислой дождевой водой, которая, падая из туч, растворяет в себе некоторое количество углекислоты. В зависимости от размера частиц порода рассыпается в гравий, песок или глину. Вместе частицы скрепляет гумус — органическая масса, помогающая удерживать влагу и микроэлементы и придающая почве темный цвет. Обычно почвы содержат от 1 до 10% гумуса, хотя в торфяниках содержание органики приближается к 100%. Но самое важное, что в почве происходит активная и разнообразная жизнь микроорганизмов: это невидимая экосистема, которая преобразует разлагающиеся органические останки и возобновляет запас питательных веществ для растений.

Главный фактор, определяющий тип почвы и ее пригодность для тех или иных культур, — это соотношение размеров частиц: крупный песок, средний песок, мелкие частицы глины. Состав почвы легко определить на глаз. На треть наполните землей стеклянную банку (выбрав из нее твердые комки, сучки и листья) и долейте почти до краев водой. Завинтите крышку и энергично встряхните банку, пока все комки не растворятся и не образуется однородный грязный «сироп». Оставьте банку в покое примерно на сутки, чтобы взвесь осела на дно и вода стала почти прозрачной. Частицы почвы осядут слоями в зависимости от размера, и вы увидите структуру пластов и оцените удельный вес разных фракций. Нижний слой — это грубый, крупный песок, посередине мелкий песок, а сверху на них осядет самая тонкая фракция, глина.

Идеальной почвой для пашни считается суглинок: смесь, состоящая примерно на 40% из грубого песка, на 40% из мелкопесчаных частиц и на 20% из глины. Песчаная почва (более чем на две трети состоящая из песка) хорошо пропускает воду и хорошо подходит для зимнего выпаса, потому что под копытами скота не превращается в жижу, но из нее быстро вымываются микроэлементы и удобрения, так что она требует усиленного унавоживания. В то же время глинистая почва (более чем на треть состоящая из глинистых частиц и меньше чем наполовину из песка) слишком вязкая для плугов и

борон и для поддержания здоровой зернистой структуры требует дополнительного известкования.

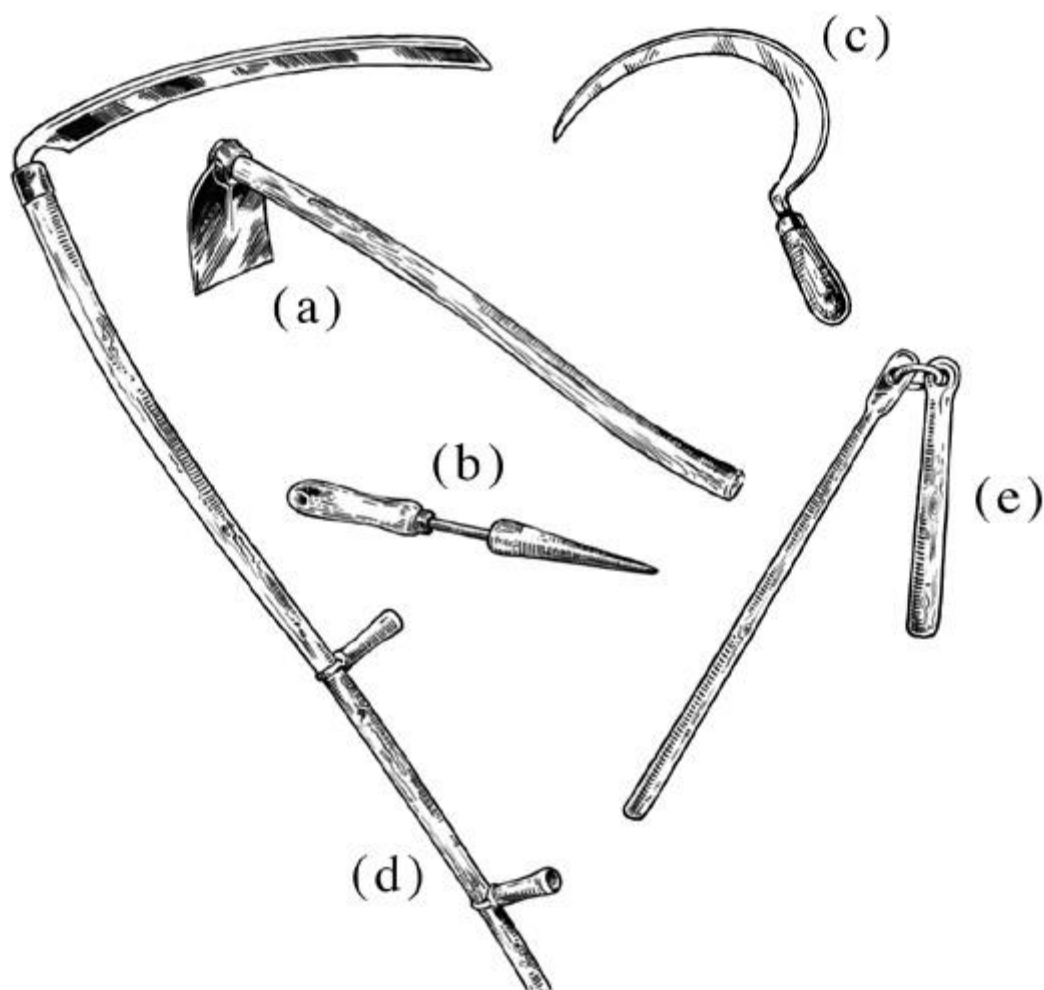
На грамотно обработанных глинистых почвах отлично растет пшеница, бобы, картофель и рапс. Овес любит более тяжелую и влажную почву, чем та, на которой хорошо растут пшеница и ячмень, — например, почвы Шотландии, образовавшиеся в последний ледниковый период из пород, размолотых движением ледников. Когда-то овес и картофель позволили людям освоить те земли, где другие культуры не растут вообще, а эти отлично родят. Ячмень любит почву полегче, чем пшеница, а рожь хорошо растет на тощих песчаных полях, негодных для остальных злаковых культур. В песчаном грунте также хорошо растет сахарная свекла и морковь. Если рисовать картину размашистыми мазками, то юг Британии хорош для выращивания зерновых, на севере же почвы возделывать трудно, они больше подходят для выпаса скота.

Удачно найти хорошо дренированный участок с плодородным суглинком — это только первый шаг к восстановлению сельского хозяйства. Чтобы растения хорошо росли, почву нужно механически обрабатывать. Все действия, которые необходимо осуществить для взрыхления плотной почвы, устранения сорняков и подготовки пахотного слоя к севу, называются культивацией.

На относительно небольших площадях можно как-то обойтись примитивными ручными орудиями. Мотыга прекрасно справляется с разрыхлением верхнего слоя почвы и перемешиванием навоза или зеленого удобрения (гниющих растительных остатков) перед сезоном, а равно и с посевом, и с прополкой сорняков перед севом и во время роста культур. Простым колышком можно делать в грунте неглубокие равномерно распределенные ямки для семян, а зарывать семена просто ногой. Но это будет тяжелая и долгая работа, почти не оставляющая возможностей заниматься чем-то еще.

Тысячелетия развития сельского хозяйства — это история постоянного усовершенствования орудий для наиболее эффективного выполнения основных операций, повышения производительности полей при уменьшении трудозатрат.





Простейшие земледельческие орудия: мотыга (a), колышек (b), серп (c), коса (d), цеп (e)

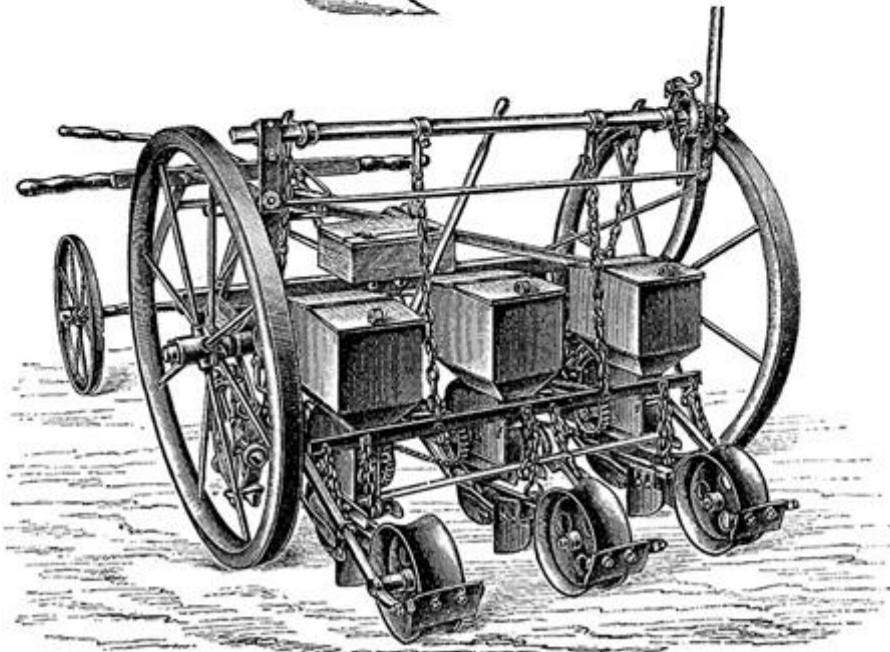
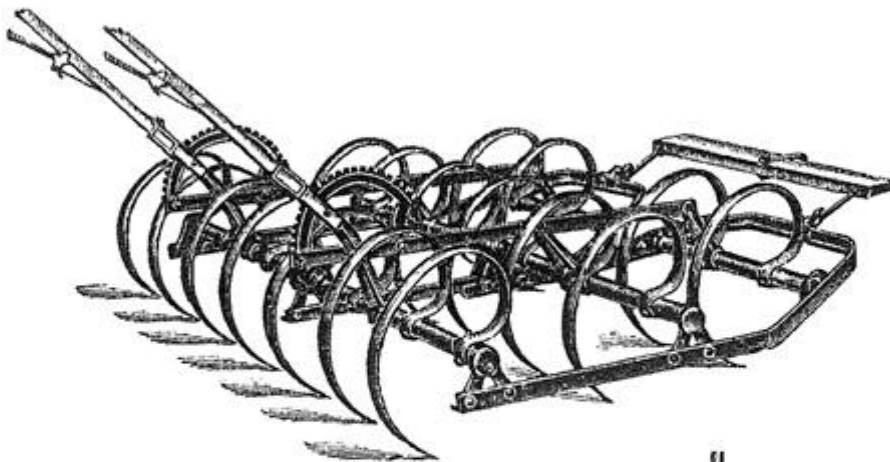
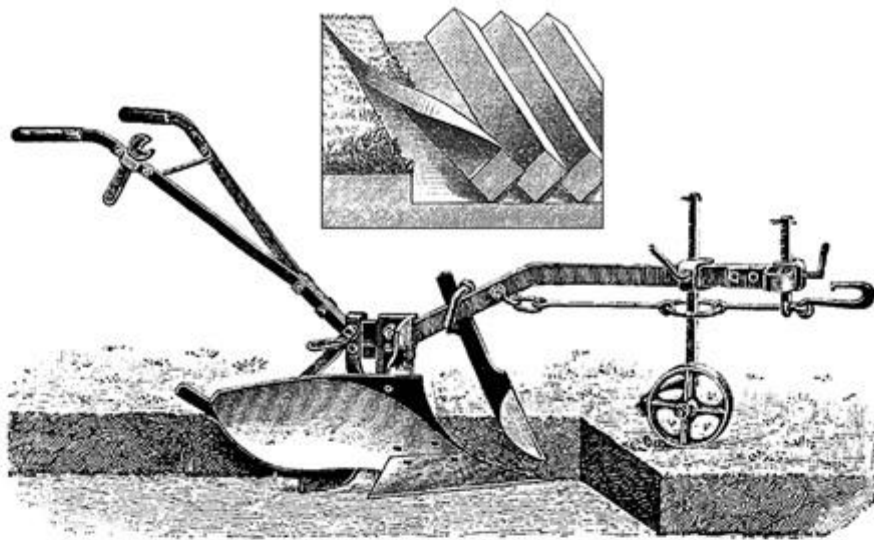
Плуг — инструмент, ставший символом земледелия, но на заре цивилизации его назначение было другим. В момент зарождения земледелия на плодородных и легко поддающихся обработке равнинах Месопотамии, Египта и Китая первые плуги, по сути, представляли собой под углом втыкаемый в почву заостренный кол, который волочили быки или люди. Так прокладывалась неглубокая борозда, в которую затем бросали семена и присыпали землей. Однако на большей части пахотных земель нашей планеты, чтобы сеять не впустую, почву приходится готовить немного серьезнее. В наше время назначение плуга — аккуратно подрезать верхний слой почвы по всей площади поля и переворачивать, слегка раскрошив. Главная цель этой процедуры — уничтожение сорняков. Прежде чем в землю бросят семена, сорные растения отсекают от корней и бесцеремонно заваливают комьями грунта. Лишенные солнечного света, они вянут и гибнут, а их семена оказываются слишком глубоко в земле, чтобы они могли прорасти. Кроме того, вспашка помогает внести в почву органические материалы и питательные вещества — особенно если поле удобрено навозом, — улучшает дренаж и аэрацию, что благотворно для обитающих в почве микроорганизмов.

Сразу после конца света вы при некотором везении без труда отыщете брошенные трактора, запас топлива и прицепные многокорпусные плуги. Но когда топливо иссякнет или отсутствие запчастей остановит трактора, придется перейти к менее интенсивным методам обработки земли. И задача будет даже не в том, чтобы найти быков для запряжки, потому что современные плуги — это массивные агрегаты со множеством лезвий и, чтобы тянуть их по полю, нужна немалая мощь. Если не удастся раздобыть старинный плуг — его можно поискать, например, в музеях ближайшего



крупного города, — придется соорудить его самим. Вероятно, вы сможете снять один лемех с современного многокорпусного плуга и укрепить его на деревянной раме, ну а если все стальные лемехи проржавеют, можно изготовить деревянный плуг, обитый железом, или перековать подобранные стальные полосы. В сущности, лемех — это острое лезвие, которое горизонтально подрезает слой земли и перекидывает ее через отвал, который устроен так, чтобы пласт дерна аккуратно перевернулся и упал рядом с бороздой срезом вверх.

После пахоты получившиеся борозды и гребни нужно разровнять, чтобы подготовить землю для внесения семян. Борона — столь же старое изобретение, как и плуг, ее разные виды отличаются глубиной погружения и тем, до какой степени дробятся комья. В современных боронах используются несколько рядов поставленных на ребро дисков, режущих почву, или металлические зубья в виде пружин: пока борону тянут по полю, эти зубья сжимаются и растягиваются, имитируя действие ручных граблей и измельчая почву. Вы можете изготовить простую борону в виде косо перекрещивающихся деревянных планок с торчащими вниз шипами или просто протащить по полю тяжелую суковатую корягу. Для разных зерновых культур нужна разная подготовка почвы: например, пшеница любит грубое рыхление, чтобы комья земли были размером почти с детский кулак, а вот ячменю нужна куда более мягкая пашня. После сева поле тоже слегка боронуют, чтобы присыпать семена, а потом можно бороновать междурядья для борьбы с сорняками.



Сельскохозяйственное оборудование: плуг, борона, сеялка

На врезке: работа плуга — срезать и переворачивать пласты земли

Следующий шаг после вспашки и боронования — это внесение семян в почву. За сотни лет до изобретения радио и телевидения слово broadcast [\[12\]](#) в английском языке означало разбросной сев: когда сеятель, проходя по полю взад-вперед, как можно шире и дальше разбрасывает зерно рукой из торбы. Таким способом семена можно разбросать

относительно быстро, но падают они, в общем, как придется, и потом такой посев трудно пропалывать. Однако при некоторой изобретательности и этот процесс можно значительно рационализировать. Рядовая сеялка — это механический разбрасыватель семян. В простейшем виде — тележка с кузовом для зерна и с системой шестерен, присоединенной к одному из колес и медленно вращающей высевающий валик в отверстии на дне кузова, чтобы семена падали через равные промежутки. Каждое зерно выбрасывается через узкую вертикальную трубку, чтобы оно ушло в почву на нужную глубину. Смонтировав параллельно несколько трубок и валиков, можно за один проход сеялки засеять несколько рядов, а настраивая шестерни, можно задавать нужную дистанцию между зернами в одном ряду (опытным путем вы подберете оптимальное расстояние для каждой из культур). Такая система позволяет гораздо экономнее тратить семена, потому что при верно заданном расстоянии и растениям не тесно, и лишнее место между ними не пропадает. Более того, если высевать культуру ровными рядами, а не вразброс, потом легче полоть сорняки. После небольшого усложнения конструкции рядовая сеялка сможет в каждую ямку с зерном забрасывать немного навоза или жидкого удобрения, чтобы зерна легче прорастали.

## Растения, которые мы едим

В сущности, земледелие — это использование растений, которые человек выбрал для выращивания, на определенном этапе их жизненного цикла. У многих видов растений развился специальный орган, в котором запасается полученная солнечная энергия либо для дальнейшего использования этим же растением на следующий год, либо как наследство для следующего поколения — семян. Эти сочные и питательные части растений мы и находим на полках супермаркетов. Большинство корнеплодов и стеблевых овощей, которые мы едим, — двулетники, они цветут на второй год жизни. Их репродуктивная стратегия состоит в том, чтобы запасти в специально разрощенном отделе энергию на целый сезон, провести зиму в спячке, а ранней весной воспользоваться запасами, чтобы раньше других расцвести и дать семена. К примерам разрощенного стержневого корня относятся морковь, репа, брюква, редис и свекла. Выращивая эти культуры и собирая их гипертрофированные части, мы, в сущности, забираем их энергетические «вклады», сформированные в течение всего сезона роста. Картофель на самом деле не относится к корнеплодам: клубни, которые мы едим, — это фактически разбухший отдел стебля. Другие растения используют для хранения запасов специально приспособленные листья: лук, лук-порей, чеснок и лук-шалот — все это плотные пучки утолщенных листьев. У цветной капусты и брокколи мы едим недозрелые цветки, которые, если их вовремя не собрать, позже становятся несъедобными. Очевидно, хранилищем питательных веществ для семени служит и плод, например сочная мякоть, облегающая косточку сливы; зерна злаков типа пшеницы, с точки зрения ботаники, тоже суть разновидность плода.

Отказавшись от кочевья, основав постоянные поселения, привязанные к местности, и окружив их полями и садами, человечество стало полностью зависимо от урожая культур, которые оно принялось выращивать. Но люди не удовлетворились тем объемом питательных запасов, которым обеспечил растения естественный отбор. Поколения за поколением растения подвергались искусственной селекции; отбирая для размножения особи с теми или иными полезными свойствами, человек изменил биологию культурных растений, усилив нужные ему качества и пригасив невыгодные.

Вмешиваясь в репродуктивные стратегии растений, чтобы приспособить их для своей пользы, мы настолько изменили природу этих видов, что теперь выживание культурных растений настолько же зависит от человека, насколько выживание человека зависит от них. Любая культура, которую мы сегодня возделываем, от карикатурно раздутого помидора до низкого, с тяжелыми метелками риса — это отдельная технология, продукт работы древних инженеров-генетиков<sup>[13]</sup>.



**Важнейшие злаковые культуры: (слева направо) пшеница, рис, кукуруза (маис), ячмень, овес, рожь, просо и сорго**

На Земле огромное разнообразие съедобных растений, и, хотя за тысячелетия существования цивилизаций человек возделывал и селекционировал лишь ничтожную часть этого богатства, сейчас существует около 7000 сельскохозяйственных культур. Вместе с тем 80% всей глобальной агропродукции дает лишь десяток основных культур, а великие цивилизации Америки, Азии и Европы стояли лишь на трех — кукурузе, рисе и пшенице. Для возрождения человечества после апокалипсиса эти виды будут столь же важны.

Кукуруза, рис и пшеница, так же как ячмень, сорго, просо, овес и рожь, — это злаки, то есть разновидности травы. Преобладание злаков в нашем рационе вкупе с тем обстоятельством, что мясо, которое мы едим, дает скот, пасущийся на пастбищах либо питающийся зерновыми кормами, означает, что большая часть человечества кормится в прямом и косвенном смысле травой. И пережившим планетарную катастрофу следует сосредоточить усилия на этой важнейшей категории пищевых растений.

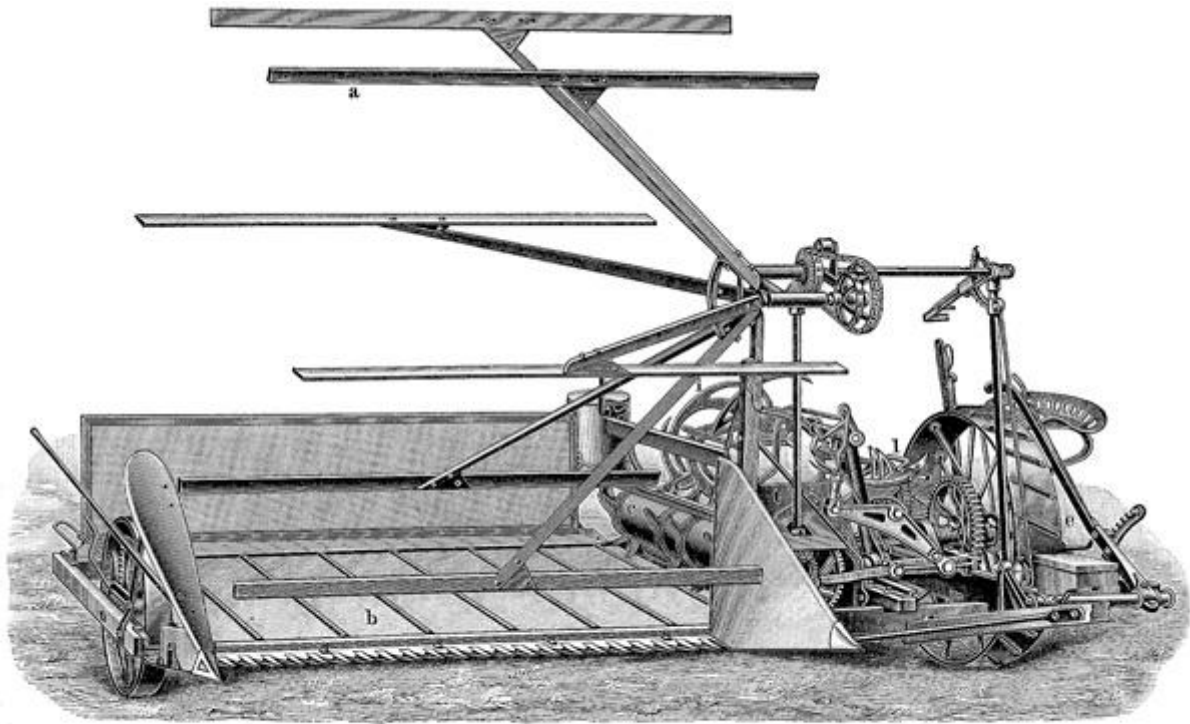
Уборка многих культур — довольно простая и интуитивно понятная операция: картошку выкапывают, лук выдергивают, яблоки обрывают с ветвей. Однако вывезти с поля зерна злаков и доставить их к нашему столу — предприятие посложнее. Кукурузу можно убирать, просто шагая по борозде с мешком за плечами и обламывая початки со стеблей, но зерна других злаков так просто не снимешь. Удобный способ — просто срезать колосья целиком, а зерно из них извлекать уже не в поле.

Для этого используются такие инструменты, как серп и коса. Серп — это короткий сильно изогнутый нож, иногда зубчатый; жнец держит его в одной руке, другой захватывая колосья в пучок. Коса — двуручный инструмент, состоящий из длинного древка с двумя рукоятками и слегка изогнутого лезвия длиной около метра,

насаженного на древко под прямым углом. Работа косой требует навыка, но зато держат ее в выпрямленных руках, а ритмичный взмах лезвия горизонтально над землей косарь осуществляет плавным вращением всего корпуса. Срезанные стебли связывают в пучки, из них составляют в поле копны для просушки, а затем, до осенних дождей, вывозят в амбары.

После сбора урожая — когда вы буквально пожали, что посеяли, — следующим шагом будет отделение зерна от колосьев. Этот процесс называется молотью, и простейший ее способ таков, что колосья раскладывают на чистом полу и бьют цепами — длинными древками с билами на конце, соединенными с древком короткой цепью или ремнем. Небольшие механические молотилки действуют по этому же принципу: барабан, обсаженный снаружи лопастями-билами или проволоочными петлями, плотно входит во внешний кожух, вращаясь в нем, выбивает из пропускаемых через молотильную камеру колосьев зерно, которое высыпается сквозь сито на дне камеры.

При таком обмолоте остается шелуха, и далее нужно отделить зерно от плевел (удивительно, какое множество образных выражений берет начало в крестьянской работе, это единственная нить, связывающая многих из нас с аграрным наследием человечества). Отделяют одно от другого путем веяния, примитивный способ заключается в бросании обмолота в воздух в ветреный день: легкую солому и мякину ветер отнесет в сторону, а плотное зерно упадет наземь тут же. Современные механические веялки с электрическими вентиляторами создают искусственный ветер, но используют тот же самый тысячелетний принцип.



**Простая механическая жатка с качающимися граблинами (а) и низким зазубренным, как серп, лезвием (б)**

С возрождением цивилизации и ростом постапокалиптического населения для повышения эффективности сельского хозяйства — чтобы минимумом работы производить максимум продовольствия и сделать возможным существование многолюдных городов — очень важно будет изобрести машину, выполняющую весь цикл описанных процессов. Современный зерноуборочный комбайн дает возможность одному человеку убирать 8 га пшеницы в час — это примерно в сто раз быстрее ручной жатвы серпом. Механическое зубчатое лезвие имитирует работу серпа, пилящими движениями фронтально срезая колосья, перегибаемые через передний край машины лопастями вращающегося мотовила. Устройство режущего аппарата остается в

принципе неизменным почти 200 лет, и первые конные механические жатки удивительно схожи с нынешними. Без всякого сомнения, зерноуборочный комбайн — одно из самых важных изобретений недавней истории. Он многих из нас освободил от необходимости работать в поле, дав нам возможность исполнять иные функции в сложной общественной структуре.

## Норфолкский четырехпольный севооборот

Пока вы можете выращивать злаки и какие-то фрукты и овощи для сбалансированной и нескудной диеты, с голоду вы не погибнете. Мясо, конечно, можно добывать и охотой, но следует помнить, что разведение скота и использование части пахотной земли под пастбища существенно помогает сохранять плодородность полей. Как мы видели, без химической подкормки пахотная земля утрачивает плодородие, однако навоз выпасаемых животных помогает вернуть в почву питательные вещества. Более того, есть такой класс пищевых растений, которые естественным путем повышают содержание азота в почве: их культивация стала важнейшим этапом начавшейся в XVII в. аграрной революции. После апокалипсиса животноводство и земледелие вновь станут неразделимыми, взаимозависимыми занятиями.

В Средние века европейские крестьяне регулярно оставляли часть земель под паром — явно неэффективный подход, при котором половина пашни всегда пустует. Люди видели, что земля утрачивает плодородность, если сеять на ней из года в год, но не понимали причин этого и не знали способа избежать истощения земли, иначе как давая ей отдых на год. Сегодня мы понимаем, что истощение происходит из-за высасывания растениями питательных элементов из почвы, и потому современная агротехника требует такого обильного внесения удобрений. Но в начальный период перезагрузки эта технология будет вам недоступна, так что придется прибегнуть к старинному способу.

Главный принцип в следующем: хотя большинство культур забирают азот из земли, есть и такие, которые в процессе жизнедеятельности, наоборот, отдают почве этот жизненно необходимый элемент. Это удивительное семейство — бобовые, оно включает в себя горох, бобы, клевер, люцерну, чечевицу, сою и арахис. Запахивая ботву бобовых в землю в конце сезона или скармливая ее скоту, чей навоз потом вносится на поля, люди сохраняют и возвращают в почву ценный азот. Поставленная на службу человеку способность бобовых обогащать почву преобразила земледелие и открыла перед Британией путь к промышленной революции.

Таким образом, если на одном участке земли чередовать бобовые культуры с небобовыми, земля не утратит плодородия. Но вместо того чтобы просто переходить с одного на другое и обратно — например, с пшеницы на клевер, лучше организовать оборот нескольких культур, потому что так нарушаются жизненные циклы болезней и вредителей растений. Часто эти болезни и вредители узко специализируются на определенных видах, и потому ежегодная смена культур и перерывы в несколько лет между появлениями одной и той же позволяют избавиться от паразитов без применения пестицидов.

Самая успешная из систем такого севооборота, норфолкское четырехполье, широко распространилась в XVIII в., положив начало британской аграрной революции. В норфолкской модели культуры на одном поле чередуются в следующем порядке: бобовые, пшеница, корнеплоды и ячмень.

Как мы видели, посевы бобовых восстанавливают плодородие земли на весь цикл. В британском климате хорошо растут клевер и люцерна, но в других местах лучше сеять сою или арахис. В конце сезона, если никакие части высеянной культуры не собираются для народного потребления, весь урожай можно пустить на корм скоту или просто запахать в землю как зеленое удобрение. На следующий год после бобовых, пока земля



сильна, сейте злаки и снимайте урожай вашей главной зерновой культуры для прокорма людей.

На третий год сажайте корнеплоды: репу, брюкву, кормовую свеклу и пр. В Средние века чистые пары весной распахивали и бороновали, одной из главных целей было истребление сорняков перед следующим сезоном. Но корнеплоды могут расти и не мешать прополке сорняков в междурядьях. Таким образом снимают еще один урожай, в этот раз его можно не предназначать целиком для людей — если только это не картофель, — а отправить на корм скоту. Так ваши стада скорее будут тучнеть и произведут больше навоза, который вы разбросаете по полю для сохранения его плодородия. Откармливая скот специально выращенными продуктами, а не просто выпасая на подножном корму, вы также высвобождаете пастбища, которые можно распахать под новые посевы.

Выращивание скромной репы и других корнеплодов на корм скоту произвело революцию в средневековом сельском хозяйстве. Скот не просто набирает за лето больше веса, чем на пастбище: так создается надежная и питательная кормовая база на зиму. До распространения корнеплодов в Европе каждый год поздней осенью массово забивали скот, просто потому что прокормить животных до весны было нечем. Репа, как и другие кормовые культуры вроде брюквы, кормовой капусты и кольраби, — двулетник, то есть ее можно на зиму оставлять в земле и выкапывать для прокорма животных по мере надобности. Даваемые в дополнение к грубым кормам — сену и силосу (заквашенной траве), эти питательные добавки помогут прокормить зимой больше голов скота, обеспечив людей постоянным запасом свежего мяса, а также молоком и молочными продуктами. И то и другое — ценный источник витамина D на темные зимние месяцы, когда человеческая кожа не может синтезировать его на солнечном свете.

Четвертый, конечный этап норфолкского севооборота — ячмень, которым тоже можно кормить скот, но не забудьте часть урожая отделить на пиво (об этом поговорим в следующей главе). После ячменного сезона возвращаются к бобовым: нужно восстановить плодородие почвы перед нуждающимися в азоте злаками. Таким образом, севооборот гармонично соединяет животную и растительную продукцию, удовлетворяет нужды животных и растений, естественным путем борется с вредителями и патогенами и позволяет возвращать питательные вещества в почву. Описанный набор культур не универсален, и вам придется определить свой, оптимальный для ваших почв и климата<sup>[14]</sup>. Вместе с тем два главных принципа такого севооборота — чередование бобовых со злаками и выращивание корнеплодов не для собственного потребления, а главным образом на корм скоту — обеспечат после апокалипсиса надежное пропитание и сохранят почву от истощения без внесения химических удобрений. При возврате к мелкому производству 2 га земли прокормят группу из десяти человек: пшеница даст хлеб, ячмень — пиво, будет свой набор овощей и фруктов и живность — коровы, свиньи, овцы, куры — для мяса, молока, яиц и других животных продуктов.

Вывозимый на поля навоз хорошо удобряет землю, но нельзя ли в постапокалиптическом хозяйстве применить для этой цели и человеческие отходы? В отсутствие современных искусственных удобрений аграрию нужно решить задачу, как превратить фекалии обратно в еду (дерьмо в добро) максимально эффективно: в идеале вы сможете замкнуть круговорот человеческого потребления, чтобы не пропал драгоценный азот.

## Навоз

Пока в европейских городах сточные канавы на улицах переполнялись нечистотами, китайские горожане рачительно собирали свои отходы — без помощи труб канализации, а вычерпывая выгребные ямы ведрами в телеги — и разбрасывали их на пригородных полях. Каждый из нас производит за год примерно 50 кг фекалий и вдесятеро больше

урины — эти шлаки содержат достаточно азота, фосфора и калия, чтобы удобрить ниву, которая принесет около 200 кг зерна.

Беда в том, что взять и бодро разбросать необработанные человеческие экскременты на растения, которые вы позже собираетесь съесть, нельзя: так вы замкнете жизненный цикл многочисленных патогенных для человека организмов и вызовете вспышку разных заболеваний. Хотя доиндустриальный Китай и в самом деле имел весьма производительное сельское хозяйство, население там массово страдало болезнями желудочно-кишечного тракта. Надлежащая обработка человеческих отходов настолько важна для общественной санитарии, что вам придется задуматься о ней с самых первых шагов в возрождении цивилизации. (Самое малое, что должны выполнить жители постапокалиптических поселений, — это рыть выгребные ямы не ближе чем в 20 м от водоемов и источников, из которых берут воду для питья.)

Болезнетворные микробы и яйца паразитов погибают при температуре 65 °C (к этой теме мы вернемся в контексте консервирования и сохранности продуктов), так что, если вы намерены удобрять поля отходами жизнедеятельности человека, встает следующий вопрос: как пастеризовать большие объемы собственных экскрементов?

В небольших количествах фекалии можно обеззаразить, присыпав опилками, соломой или другими растительными материалами, кроме листвы (чтобы восстановить баланс углерода и азота, а заодно вытянуть влагу), и свалив в регулярно перемешиваемую компостную кучу на несколько месяцев или на целый год. Бактерии, разлагая до какой-то степени органический материал, выделяют тепло (как и наш организм в процессе обмена веществ), и температура в куче сама собой доходит до значения, при котором гибнут вредные микроорганизмы. Урину и твердые фекалии лучше собирать отдельно — например, устраивая стульчаки с отводной воронкой спереди, — чтобы не разводить слизи. Урина стерильна, и после разбавления водой ее можно просто выливать на поля.

Однако при небольшой доле изобретательности часть человеческих фекалий и навоза животных можно, загрузив в биореактор, превратить в кое-что гораздо более полезное. Если в компостной куче обеспечить хорошее проветривание перегнивающих материалов, их быстрее переработают аэробные бактерии и грибы. Если же, наоборот, фекалии собрать в закрытый сосуд без доступа воздуха, в нем размножатся анаэробные бактерии, которые частично переработают органику в горючий газ метан. Газ можно собрать в примитивное хранилище в виде неглубокого бетонного колодца с водой и плотно в него входящей перевернутой металлической емкости. Метан поступает в емкость, вода создает воздушный замок, и металлический резервуар все выше поднимается из колодца. Вес плавающего резервуара создает давление, так что газ можно отводить по трубопроводу и топить им плиты, газовые светильники и даже, как мы увидим дальше, заправлять моторный транспорт. Тонна органических отходов дает не меньше 50 куб. м горючего газа, что по энергии эквивалентно 40 с лишним литрам бензина. (Неудивительно, что во Вторую мировую войну такие биореакторы стали обычны в оккупированных нацистами странах, переживающих дефицит топлива.) Размножение бактерий существенно замедляется при низких температурах, поэтому биореактор нужно утеплять или даже обогревать, пуская на это часть откачиваемого газа.

Когда население постапокалиптической Земли вновь начнет расти, придется обрабатывать фекальные массы в промышленных масштабах. Кишечные бактерии, в том числе потенциально опасные для здоровья человека, хорошо плодятся в тепле внутри человеческого организма, но плохо приспособлены к росту во внешней среде. Так что главный принцип переработки канализационных стоков в том, чтобы заставить человеческие энтеробактерии в массе нечистот конкурировать с внешними микроорганизмами: эту борьбу за существование бактерии проиграют. На современных очистных сооружениях этот процесс ускоряют, закачивая в пульпу воздух, чтобы активизировать деятельность аэробных организмов.



Многим из нас удобрение полей человеческими экскрементами может показаться дикостью, но где-то оно отлично себя оправдывает. В Бангалоре, третьем по величине городе Индии с населением около 8,5 млн человек, автоцистерны, эвфемистично именуемые медососами, откачивают городские септики и вывозят их содержимое на окрестные поля. Прежде чем внести нечистоты в почву, их перерабатывают в специальных бассейнах. И даже существуют товары, содержащие переработанные человеческие отходы. Для удобрения Dillo Dirt, продаваемого властями Остина в Техасе, человеческие экскременты компостируют, чтобы они естественным путем разогрелись до температуры, при которой гибнут патогенные организмы.

Кроме азота растениям нужны фосфор и калий. Фосфором весьма богаты кости — наряду с зубами они служат хранилищем фосфата кальция, — и поэтому для восстановления плодородия почву хорошо посыпать костной мукой, которая представляет собой вываренные и размолотые скелеты животных. Соединение костной муки с серной кислотой (о том, как ее получают, — в главе 5) серьезно облегчает усвоение растениями фосфата, то есть такое удобрение намного эффективнее. На первой в мире фабрике удобрений, основанной в 1841 г., смешивали серную кислоту с лондонских газовых станций и костную муку с городских боен, получая гранулированный «суперфосфат». Калий для удобрения полей содержится в поташе, который, как мы увидим в главе 5, легко получить из древесной золы, и в 1870 г. обширные леса Канады служили главным источником удобрения для европейских фермеров. Сегодня калий и фосфор для удобрений добывают из особой породы и минеральных отложений: их поиск и разработка в постапокалиптическом мире потребуют возрождения геологии и геодезии.

В современных удобрениях эти три питательных вещества оптимально сбалансированы (что немного напоминает тщательно просчитанную диету спортсменов). Применяя только старые методы ведения сельского хозяйства, описанные в этой главе, вы не добьетесь таких обильных урожаев, как те, что снимаются сегодня, но сможете в значительной степени сохранить плодородие почв на время перезапуска цивилизации.

## Один кормит десятерых

Чтобы постапокалиптическое общество могло развиваться, ему абсолютно необходима надежная аграрная база. Если страшный катаклизм унесет большую часть людей с их знаниями и умениями, это может отбросить оставшихся на уровень простого выживания, поставить человечество на грань исчезновения. Неважно, какой объем технологических знаний или научной активности люди сохраняют после апокалипсиса, если все их заботы будут о том, как остаться в живых. Без избытка продовольствия общество не может усложняться и прогрессировать. Производство продовольствия жизненно важно, а там, где ошибка может стоить жизни, человек не склонен менять проверенные и оправдавшие себя подходы.

Так общество попадает в продовольственную ловушку, из которой сегодня не могут выбраться многие бедные страны. Возможно, не одному поколению постапокалиптического человечества предстоит жить в условиях стагнации, пока производительность сельского хозяйства будет расти и наконец перевалит тот порог, после которого люди начнут мало-помалу выкарабкиваться из дикости.

Рост населения означает большее число думающих людей, которые помогают обществу быстрее решать проблемы. Но эффективное сельское хозяйство открывает перед людьми еще более широкие возможности. Когда оно обеспечивает базовый уровень продовольственной безопасности, общество может освободить часть индивидов от работы в поле. Производительное сельское хозяйство позволяет одному человеку, занятому крестьянским трудом, кормить еще несколько ртов, давая другим людям возможность специализироваться в других видах деятельности [15]. Если твоя физическая сила не нужна в полях, ты можешь применить руки и голову для других целей. Развиваться экономически, усложняться и расширять возможности общество в

состоянии лишь тогда, когда выполнено это базовое требование: обеспечен запас сельхозпродукции. Это главный двигатель цивилизации.

Однако преимущества продуктивного сельского хозяйства помогут быстрому возрождению цивилизации только в том случае, если вы сможете надолго сберечь излишки продовольствия и они не сгниют попусту. Поговорим о сохранении продуктов.

## Глава 4

# Пища и одежда

Каменная диковина — великанов работа. Рок разрушил. Ограда кирпичная. Пали стропила; башни осыпаются; украдены врат забрала; мороз на известке; щели в дощатых — в щепки изгрызены крыши временем.

Неизвестный саксонский автор VIII в., сожалеющий о римских развалинах [16]. *Руины*

Приготовление пищи — первая химия в истории человечества, преднамеренная и управляемая перестройка химической структуры материи. Бурая корочка на боку жареного стейка и золотистая корка хлебной краюхи — результат молекулярной трансформации, известной как реакция Майяра. Белки и сахара в еде создают огромное множество новых, обладающих выраженным вкусом и ароматом веществ. Но кулинария служит гораздо более фундаментальным целям, чем придание пище приятного вкуса, и от нее будет зависеть здоровье и полноценное питание людей, выживших после апокалипсиса.

Термическая обработка продуктов убивает любые болезнетворные микробы и паразитов, предотвращая отравление пищи микробными токсинами или заражение человека ленточными червями, например через свинину. Также она помогает размягчить жесткую или волокнистую пищу и расщепить структуру сложных молекул, чтобы разложить их на простые составляющие, легче перевариваемые и усваиваемые человеком. Так повышается питательность многих продуктов, что дает нашему организму возможность получить больше энергии от того же количества съестного. У некоторых растений, например таро, маниока и дикого картофеля, длительная термическая обработка обезвреживает яды: без нее, в случае с самым ядовитым из перечисленных — маниоком, первая же трапеза стоила бы едоку жизни.

Приготовление на огне — не единственный вид обработки, которой мы подвергаем продукты перед употреблением. Умение сохранять продукты годными на длительный срок после их заготовки — фундаментальная предпосылка для существования цивилизации. Так мы можем доставлять продовольствие с полей и боен в города, снабжая едой их многочисленных обитателей, и создавать запасы на голодные времена. Еда портится от деятельности микроорганизмов — бактерий и плесневых грибов, разрушающих ее структуру и меняющих химические свойства или загрязняющих ее продуктами своей жизнедеятельности, неприятными, а иногда и вовсе ядовитыми для человека. Сохранение продуктов состоит в том, чтобы не допустить попадания таких микроорганизмов или хотя бы насколько возможно отсрочить его. Для этого состояние продуктов специально изменяют, чтобы они не были удобной средой для размножения микробов. В сущности, это вмешательство в микробиологию еды: мы не допускаем размножения микроорганизмов или даже используем одни организмы для подавления других, вредных. В некоторых случаях мы поощряем брожение, вызванное деятельностью микробов, чтобы расщепить сложные молекулы в пище и высвободить питательные вещества для более удобного потребления. Таким образом, биотехнологии — далеко не новшество, это одно из древнейших ноу-хау человечества.

Все эти возможности — тщательно готовить пищу путем варки или жарки, обрабатывать ее сквашиванием и надолго сохранять — человек получил, научившись обжигать глину

и делать керамическую посуду. Появление посуды имело для нас как для биологического вида поистине великие последствия. Например, пищеварительная система человека, в отличие от многокамерных желудков таких жвачных животных, как коровы, не способна успешно переваривать многие виды пищи, и технологии помогают нам достичь того, чего не может наш организм. Глиняные сосуды, используемые как вместилище для пищи на время ее брожения или термической обработки ради высвобождения питательных веществ, служат как бы дополнительными внешними желудками — технической пищеварительной предсистемой.

Современная кулинария — высшая степень утонченности и сложности, со всеми ее маринадами, конфи, соусами и спреями, — это не более чем легкомысленный аккомпанемент базовой миссии, которая формулируется так: не допустить превращения еды в отраву и получить из нее как можно больше питательных веществ. Эта книга не поваренная, поэтому мы не будем здесь разбирать рецепты и давать пошаговые руководства, но, чтобы осуществить постапокалиптическую перезагрузку, вы должны понимать базовые принципы хранения и обработки продуктов.

## Сохранение продуктов

При сохранении продуктов нужно учитывать условия, необходимые микроорганизмам, а в сущности, и любым формам жизни, для существования. Однако традиционные технологии, которые мы рассмотрим, формировались постепенно, методом проб и ошибок, задолго до открытия невидимых микроорганизмов, вызывающих порчу продуктов (современный способ консервирования в жестяных банках появился до того, как утвердилась микробная теория). Практика показала, что эти технологии работают, но теории, объясняющей их действенность, не было. Если удастся сохранить это базовое понимание после апокалипсиса вы прочтете, как изготовить микроскоп, позволяющий увидеть микробы), вы значительно выиграете в надежности снабжения продовольствием и предотвращении заразных болезней — то и другое жизненно необходимо для роста населения после катастрофы.

Все живое на нашей планете нуждается в жидкой воде, и, кроме того, жизнь возможна только в границах определенного спектра физических и химических параметров среды. Если точнее, то ферменты в клетке — эта молекулярная машинерия, осуществляющая биохимические реакции и координирующая процессы жизни, — активны только в определенном диапазоне температуры, солености и кислотности. Сохранить продукты можно, выведя любой из трех этих параметров за пределы оптимальной для микроорганизмов среды.

Простейший метод сохранения — сушка. Если влаги недостает, микробы с трудом размножаются (поэтому зерно перед засыпкой в амбары категорически необходимо высушить). Традиционный способ засушивания на воздухе и под солнцем хорошо подходит для плодов типа помидоров или для мяса, которое, завяливая, превращают в билтонг и бастурму. Но это медленный метод, и он не годится для больших объемов продовольствия.

Многие продукты, обычно не считающиеся собственными сушеными, сохраняются и при незначительном количестве влаги. Большой объем растворенного сахара дает насыщенный раствор: этот раствор вытягивает влагу из микробных клеток, отчего они, за исключением самых устойчивых видов, не могут размножаться. Эта механика используется в джемах — вкусно намазать утром на тост густую фруктовую сладость, но причина, по которой в первую очередь готовят фруктовые консервы, — это защита плодов от микробов с помощью концентрированного сахарного раствора. Сахар можно получить из сахарного тростника, а в умеренном климате из корней сахарной свеклы, процеживая сквозь молотую растительную массу воду и затем выпаривая из воды кристаллы. Мед удивительно долго хранится по той же причине, что и плоды в джеме.

Соль в небольших количествах необходима для нормального функционирования человеческого организма — потому-то наши вкусовые рецепторы ее и жаждут. А в больших объемах она используется для консервации. Засоленные продукты сохраняются по тому же принципу, что и засахаренные: концентрированные рассолы вытягивают влагу из живых клеток, останавливая рост. Свежее мясо можно успешно сохранить, на несколько дней запаковав с сухой солью или погрузив в крепкий рассол — около 180 г соли на литр воды дают раствор, примерно впятеро более концентрированный, чем морская вода. Засолка — важнейший метод консервации, давно известный в истории, и сейчас мы разберем эту технологию в деталях.

Производство соли, в сущности, совсем несложная задача, если вы живете на побережье. Морская вода содержит приблизительно 3,5% растворенных твердых веществ, среди которых абсолютно преобладает поваренная соль (хлорид натрия), и ее можно добыть, выпарив воду из раствора. В солнечных странах можно просто набирать морскую воду в широкие мелкие сосуды и оставлять на горячем дневном солнце, а позже собрать корку выпарившейся соли. В очень холодном климате морскую воду в мелких сосудах можно заморозить: тогда у дна останется насыщенный раствор соли. Но в климатических условиях большей части Европы и Северной Америки, чтобы выпарить воду и получить соль, нужно разжечь под варочными котлами огонь. Доступность такого нужного ценного продукта, как соль, будет зависеть не от того, насколько широко он распространен в природе, — три четверти поверхности нашей планеты покрыты соляным раствором, — а от наличия энергоресурсов на выпаривание и от того, есть ли поблизости соляные шахты[17].

Засолку нередко сочетают с другим методом консервации, при котором в продукты, чаще всего в мясо и рыбу, вводятся специально произведенные природные антимикробные токсины, — с копчением. Как мы увидим в следующей главе, путем неполного сжигания древесины можно получить широкий набор веществ, одно из которых, креозот, придает копченым продуктам характерный вкус и замедляет их порчу. Домашнюю коптильню легко соорудить из подручных материалов. Выройте яму для небольшого костра, накройте ее металлическим листом, проройте от нее неглубокую траншею длиной 1–2 м для отвода дыма, также накройте ее доской и сверху присыпьте землей. На открытом конце траншеи, где выходит дым, поставьте сломанный холодильник с прорезанной в днище дырой. На решетчатые полки выложите потрошеную рыбу, ломти мяса, сыра и прочее. И несколько часов коптите.

Кислотность — еще один великий союзник человека, помогающий отбиться от нашествия микробов. Уксус, слабый раствор уксусной кислоты (о которой мы в этой главе еще поговорим), весьма эффективно консервирует маринованные овощи. Противоположная технология, сохранение продуктов с помощью щелочей, распространена гораздо меньше, потому что щелочь омыляет жиры (см. в главе 5 об изготовлении мыла) и тем самым серьезно меняет и вкус, и фактуру пищи[18].

Для маринования можно не брать готовую кислоту, а стимулировать размножение бактерий, которые в процессе жизнедеятельности выделяют кислотные соединения, так что пища как бы сама себя консервирует. В квашеную капусту, японский мисо и корейскую ким-чи из овощей сначала добавляют соль и вытягивают влагу, а затем ждут, пока устойчивые к соли бактерии ферментируют пищу, естественным образом повысив кислотность и создав условия, непригодные для жизни других микробов, способных испортить или отравить еду человека.

Похожим способом получают йогурт: помещают в молоко колонии бактерий, выделяющих молочную кислоту, и далее регулируют процесс сквашивания. (Обычно кислый вкус на языке и говорит о присутствии в еде кислоты.) В молоке создается среда с высокой кислотностью, которую не могут колонизировать другие организмы, и это на несколько дней продляет возможность потребить его питательные вещества. Молоко — удобный источник важнейших питательных веществ, и потому уметь его сохранять чрезвычайно важно для переживших апокалипсис.

Витамин D помогает усваивать из пищи кальций, его дефицит может обернуться рахитом, болезнью, разрушающей кости. Этот витамин наш организм вырабатывает, когда кожа подвергается воздействию солнечного ультрафиолета, но в северных широтах, где долгими темными зимами приходится кутаться от холода, люди в прошлом часто страдали от рахита. Молоко — это удивительный источник сразу и кальция, и витамина D, так что умение надежно сберечь содержащиеся в нем питательные вещества будет критически важно для здоровья обитателей Севера[19].

Масло — хорошая технология сохранения энергонасыщенных жиров молока путем удаления влаги. В сущности, приготовление масла сводится к тому, чтобы сепарировать насыщенные жиром сливки. Вы даете им подняться наверх естественным путем, оставив посудину с молоком примерно на день в холоде, либо для ускорения процесса применяете центрифугу (можно использовать просто вращающееся ведро). Сбивание же нужно, чтобы капельки жира слиплись, отторгнув оставшуюся жидкость, так называемую пахту. Сбить масло можно, катая сосуд со сливками по полу или непрерывно встряхивая, но возможен более рациональный способ с применением подручных средств: электродрели с мешалкой для краски. Отцедив пахту, добавьте соли для консервации, а затем месите, пока не размешаете соль и не отделите всю воду.

Йогурт не портится несколько дней, масло — около месяца, а сыр успешно сохраняет питательные вещества молока много месяцев, это идеальная противорахитная бомба. Приготовление сыра — более сложный процесс, но главный принцип тот же: сберечь питательные вещества, убрав из молока влагу. Реннин, фермент телячьего сычуга, добавляется для расщепления молочных белков и свертывания молока. Свернувшееся молоко отцеживается и спрессовывается в твердый ком, который затем оставляют созревать. Характерный вид и вкус разным сырам придает деятельность различных грибов.

## Подготовка зерна

Теперь перейдем к работе с урожаем зерновых. Доисторическое одомашнивание пшеницы, риса, кукурузы, ячменя, проса и ржи — одно из самых славных деяний человечества. Репродуктивные стратегии этих видов путем искусственного отбора перепрограммированы так, чтобы они приносили легко собираемое зерно: это решение, которое человек нашел, чтобы питаться травянистыми растениями, не будучи к этому приспособленным биологически, как приспособлены жвачные — коровы и овцы, которых мы разводим.

Кукурузу можно готовить и есть прямо в початках[20], а рис — очистить и сварить в воде или на пару и сразу съесть. Но — не в пример многим культурным овощам и фруктам — мелкие твердые зерна большинства злаковых растений нельзя есть в природном виде: для потребления их нужно особым образом подготовить.

Зерно следует растереть в мелкий порошок — муку. Простейший способ: высыпать горсть зерен на гладкий плоский камень, уложенный на землю, и, наваливаясь всей тяжестью тела, растереть их другим камнем. Но это трудный и недопустимо долгий метод; гораздо рациональнее перетирать зерно между двумя толстыми каменными или стальными дисками, подсыпая его («попасть в жернова» — еще одно выражение, имеющее аграрную родословную) через дыру в середине. Тяжесть верхнего жернова давит зерно, а вращение выгоняет готовую муку наружу, где ее собирают. Мельничные жернова представляют собой техническое продолжение наших коренных зубов: они крошат и перетирают твердые продукты, делая их более удобоваримыми. Облегчить себе труд вы можете, заставив тягловое животное вращать жернов или, что еще лучше, направив на эту работу энергию ветра или воды (как это сделать, поговорим в главе 8). Но даже в этом случае помол всего обмолоченного зерна потребует от возрождающегося общества колоссальных затрат энергии.



Простейший, но не самый аппетитный способ употребления муки: добавить воды и вымешать густую или жидкую кашу. Однако существует более вкусная, удобная и питательная форма, требующая более тщательного приготовления. Хлеб — это, в сущности, запеченная каша, на этой эффективной технологии питания человеческая цивилизация зиждется с самого своего рождения. Основной рецепт до смешного прост: растереть в порошок пригоршню-другую семян, развести водой до состояния вязкой пасты, раскатать и печь на медленном огне, например просто на горячем камне возле очага. Так делают бездрожжевые лепешки, до сих пор повсеместно распространенные в мире: чапати, наан, тортильи, лаваш, питу и т.п.

На Западе лучше всего знакомы с квасным хлебом, а для него нужен еще один ингредиент. Дрожжи — это микроорганизм, одноклеточные грибы, недалеко отстоящие от поганок, вырастающих на гниющем валежнике. Добавленные в тесто, дрожжи выдыхают углекислый газ, от которого образуются пузырьки, и готовый хлеб становится легким и пышным. Почти весь дрожжевой хлеб в мире сегодня заквашивают на дрожжах одного вида *Saccharomyces cerevisiae*. Хорошо, если у вас хватит предусмотрительности сохранить на развод колонию этих организмов, столь важных и на свой манер работающих на нас столь же упорно, как быки или лошади, прежде чем в хаосе апокалипсиса они сгинут навсегда. Найти сухие пакетики дрожжей можно в супермаркете, однако они не будут храниться бессрочно. А вот как, если придется, подступиться к задаче заново выделить культуру хлебопекарных дрожжей?

Дрожжи, необходимые для выпекания хлеба, как и другие бактерии брожения, в природе живут на зернах злаков, а значит, и в муке. Фокус в том, чтобы распознать этих полезных козявок среди многих других, потенциально вредных. Для этого вам придется стать немного микробиологом и запустить процесс селекции, благоприятный для нужных вам организмов. Ниже дается руководство, как изолировать микроорганизмы, нужные для выпекания квасного хлеба, появившегося около 3500 лет назад в Древнем Египте и поныне популярного в небольших домашних пекарнях.

Смешайте стакан муки (лучше всего взять цельнозерновую) и полстакана или чуть больше воды, накройте емкость и поставьте в теплое место. Через 12 часов проверьте, не появились ли признаки роста бактерий и брожения, например пузырьки газа. Если таких признаков нет, перемешайте и оставьте еще на полдня. Когда брожение начнется, выплесните половину культуры и добавьте вместо нее свежую питательную смесь, приготовленную в той же пропорции, далее таким же образом доливайте ее по два раза в день. Вы дадите культуре достаточно питательных веществ для размножения и с каждым разом будете удваивать территорию для расселения микроорганизмов. Примерно через неделю у вас в чашке образуется приятно пахнущая культура, стабильно растущая и пенящаяся после каждого доливания, словно радующееся кормежке домашнее животное. Тогда можно будет взять часть этого теста на закваску для хлеба.

Повторяя раз за разом эту процедуру, вы, в сущности, создаете простейший микробиологический селекционный регламент — допускаете только те дикие культуры, которые могут питаться углеводами муки и быстрое деление клеток которых происходит при температуре около 20–30 °С. Получившаяся закваска — это не чистая культура одного вида, а сбалансированное сообщество молочнокислых бактерий, способных расщеплять сложные молекулы-хранилища в клетках зерна, и дрожжей, которые питаются отходами жизнедеятельности этих бактерий и выделяют углекислый газ, поднимающий опару. Такая взаимная поддержка двух разных видов называется симбиозом, она довольно обычна в биологии: от азотофиксирующих бактерий, живущих в корневой системе бобовых, до бактерий-помощников, населяющих наш пищеварительный тракт и облегчающих нам усвоение пищи. Молочнокислые бактерии выделяют еще и молочную кислоту (так же как это происходит при сбраживании йогурта) — она придает квасному хлебу приятный кисловатый привкус и заодно не позволяет проникать в культуру

посторонним микробам, делая симбиотическое сообщество закваски идеально устойчивым и непроницаемым для чужаков.

Учтите, для квасного хлеба годится не любая мука: чтобы получить вязкое тесто, способное удерживать пузырьки углекислого газа, выдохнутого растущими дрожжами, нужен глютен. В пшеничном зерне глютена много, и потому из пшеничной муки получается восхитительно мелкоячеистый хлеб. А вот в ячменной муке глютена почти нет. Впрочем, для ячменя есть куда более заманчивое применение.

Дрожжи, размножающиеся в насыщенной кислородом среде — например, в тесте, — умеют расщеплять молекулы питательных веществ до углекислого газа (так же, как при метаболизме в организме человека). Но если дрожжи размножать при ограниченном поступлении кислорода, они лишь частично разлагают сахара, а вместо углекислого газа выделяют этанол (алкоголь), на этом и основано пивоварение. Бражники радуются алкоголю со дня его изобретения, но помимо этого у него есть еще море применений, и в интересах возрождения цивилизации вам стоит озаботиться его дистилляцией. Концентрированный этанол — отличное полностью сгорающее топливо (для спиртовой горелки или автомобилей на биотопливе), консервант и антисептик. А еще это прекрасный растворитель, в том числе для многих веществ, нерастворимых в воде, который помогает, например, экстрагировать химические соединения из растений для парфюмерии или фармакопей. Если алкоголь некоторое время подержать на воздухе, он превратится в уксус, в чем убеждается каждый любитель вина, когда бутылка несколько дней простоит открытой. В жидкости поселяются новые бактерии, перерабатывающие этанол в уксусную кислоту: всем известный столовый уксус — это ее 5–10-процентный водный раствор, более крепкие растворы применяются для маринования.

В отличие от смешанного сообщества микроорганизмов в хлебной закваске чистая культура дрожжей, используемая в пивоварении, не может расщеплять молекулы сложных углеводов зерна, поэтому их сначала нужно превратить в поддающиеся сбраживанию сахара. Биологическая функция этих сложных углеводов — служить источником энергии для прорастающего растения, пока оно не зазеленеет. В какой-то момент в зерне активируются собственные механизмы их расщепления. Зерна ячменя (строго говоря, любого злака) погружают в воду и на неделю оставляют в теплом влажном месте прорасти, чтобы углеводы разложились до доступных сахаров (углеводная молекула — это длинная цепь сахарных блоков, связанных воедино). Потом зерна высушивают и немного поджаривают в сушильне, задавая цвет и вкус будущего сусла. Затем солод размельчают, разводят горячей водой, чтобы растворились все сахара, и процеживают, получая сладковатое сусло. Сусло кипятят, чтобы выпарить воду, повысить концентрацию сахаров и стерилизовать состав, расчистив территорию для бродильных микроорганизмов, которые добавляют после кипячения. На последнем этапе сусло остужают, заквасив дрожжами из прежнего завода, и оставляют бродить примерно на неделю.

Как можно скорее вам нужно добыть где-нибудь в супермаркете такой чрезвычайно полезный предмет, как бутылка пива: на ее дне вы найдете осадок живых дрожжей — ценную фауну, которую необходимо сохранить для потомства. Впрочем, дрожжи, пригодные для пивоварения, легко найти в окружающей среде, их культуру можно изолировать методом вроде описанного выше. Строго говоря, чистая дрожжевая культура, используемая сегодня в хлебопекарной промышленности, происходит от клеток, взятых когда-то из пены пивной закваски, и ее изолировали, применив такие микробиологические инструменты, как чашка Петри и микроскоп, с которыми вы познакомитесь в главе 7. В следующий раз, когда будете навеселе, помните, что ваш мозг слегка отравлен и ослаблен экскрементами одноклеточных грибов. Ваше здоровье!

Практически любой источник сахара (или углеводов, разобранных на сахара) можно сбродить в алкогольный напиток: мед, виноград, зерно, яблоки и рис превращаются соответственно в медовуху, вино, пиво, сидр и саке. Но вне зависимости от сырья

брожение дает концентрацию алкоголя примерно в 12%, после чего клетки дрожжей, по сути, отравляются собственными этаноловыми отходами. Процесс очистки алкоголя до высокой концентрации путем сепарации этанола от воды и других составляющих мутной браги называется дистилляцией и тоже известен с поистине древних времен.

Как и экстрагирование соли из морской воды, сепарация алкоголя из водянистой браги основана на разнице в свойствах двух компонентов: в данном случае на том, что температура кипения этанола ниже, чем у воды. Дистиллировать спирт вы можете с помощью аппарата не сложнее того, на котором выкуривают свой самогон монгольские кочевники. Котел с брагой ставится на огонь, сверху на рейке устанавливается емкость для сбора, а надними обоими — конический сосуд с холодной водой, и все это сверху покрывается общим кожухом. Брага кипит, этанол испаряется первым, его пар конденсируется на коническом днище сосуда с водой и стекает по нему в среднюю посудину. В современных лабораториях этот прототип воссоздают в виде системы специальных стеклянных емкостей, термометра — следить, чтобы температура пара не превысила 78 °С (точка кипения этанола), — и газовой горелки с регулируемой подачей воздуха. Производительность процесса можно повысить, применив ректификационную колонну — вертикальный цилиндр, начиненный стеклянными шариками. Проходя через него, испаряющаяся брага конденсируется и заново испаряется раз за разом, с каждым шагом повышая концентрацию алкоголя, затем готовый спирт собирают посредством охладителя с водной рубашкой.

## Используем жару и холод

Давайте посмотрим, каким ценным при сохранении съестных продуктов может быть умение использовать температуру внешней среды, жар и холод.

Появившиеся очень давно технологии консервации продуктов — вяление, засолка, маринование, копчение — довольно эффективны, но часто меняют вкус пищи и не безупречны в плане сохранения всех питательных веществ. В начале XIX в. один французский кондитер предложил новый метод консервации: закупоривать продукты в стеклянные банки с притертой пробкой, запечатывать ее воском и ставить на несколько часов в горячую воду.

Вскоре вошли в обиход герметичные оловянные жестянки. Оловянные или покрытые оловом изнутри консервные банки мы используем и сейчас, поскольку олово — один из немногих металлов, который не разрушается под воздействием содержащихся в продуктах кислот<sup>[21]</sup>.

Кстати, консервировать еду в банках люди могли начать на несколько столетий раньше. Скажем, искусные древнеримские стеклодувы могли бы изготовить герметично закрывающиеся сосуды, а уж граждане постапокалиптической Земли и подавно без труда освоят закатывание провизии в жестянки.

Идея такого консервирования состоит в том, что нагревание уничтожает микроорганизмы, которые уже присутствуют в банке, а герметичная упаковка не допускает туда новых, которые могут испортить содержимое. Похожая процедура, называемая пастеризацией, предполагает деактивацию микроорганизмов и патогенов кратковременным нагреванием продукта до 65–70 °С. Особенно хороша пастеризация для молока: не сквашивая его, она помогает предотвратить заражение людей туберкулезом и желудочно-кишечными заболеваниями. Для надежного сохранения продукты, не подвергшиеся маринованию и не кислотные от природы, нужно закупоривать и нагревать до температуры выше обычной температуры кипения: при такой методике продукты стерилизуются и погибают даже устойчивые к перепадам температур споры микроорганизмов, в том числе ботулиновые.

Таким образом, высокая температура позволяет создать стратегический запас продовольствия на долгие годы. А что может холод?



С понижением температуры жизнедеятельность и размножение микроорганизмов замедляются — как и химические реакции, приводящие к прогорканию масла и подгниванию фруктов. Консервирующий эффект холода известен людям с давних времен. Китайцы уже 3000 лет назад запасали зимой лед, чтобы в течение всего года сохранять провизию в подземных ледниках, а в 1800-х гг. Норвегия была главным экспортером льда в Западную Европу.

Но искусственное создание холода — это выдающееся достижение современной технической цивилизации и гораздо более сложная задача, чем получение жара. Холодильный аппарат удобен для хранения скоропортящейся пищи и глубокой заморозки продуктов на долгое время, но также годится для хранения запасов крови в больницах и транспортировки вакцин, для кондиционирования воздуха в помещениях и для получения жидкого воздуха, из которого дистиллируется кислород. Мы довольно подробно рассмотрим устройство холодильника, потому что оно иллюстрирует интересный момент, касающийся внедрения технических новшеств, и показывающий, что цивилизация после апокалипсиса может пойти совсем другими путями, чем шла нынешняя.

Работа холодильной техники построена на том, что жидкости при испарении забирают необходимое для этой трансформации тепло из окружающей среды. Именно поэтому наш организм, когда ему нужно охладиться, выделяет пот, и примитивным прототипом холодильника может послужить запотевший глиняный горшок. Распространенный в Африке сосуд-холодильник состоит из неглазированной глиняной бадьи и накрывающегося крышкой глиняного сосуда чуть меньшего диаметра. Его ставят внутрь, а зазор между стенками двух посуды заполняют сырым песком. Влага, испаряясь из песка, отнимает тепло от внутреннего сосуда, так что в таком холодильнике фрукты и овощи, доставленные на рынок, не портятся неделю и дольше.

Все механические холодильники работают на том же принципе — управляемом испарении и реконденсации охлаждающего агента. Испарение (кипение) требует тепловой энергии; конденсация ее, напротив, высвобождает. Если испарение будет происходить в трубках внутри закрытого ящика, оно заберет из этого замкнутого пространства тепло, охладив положенные туда продукты, и отдаст его в окружающий воздух через черную решетку радиатора на задней стенке аппарата.

Практически все современные холодильники ускоряют этап конденсации — возвращение охладителя в жидкое состояние, чтобы его снова можно было испарить и отвести тепло из холодильной камеры, — при помощи электрического компрессора. Но есть и альтернативные методы, простейший из которых известен как абсорбционная холодильная установка (к изобретению одного из вариантов этой конструкции приложил руку сам Альберт Эйнштейн).

В этой системе охладитель, например нашатырный спирт, конденсируется без компрессии: ему просто дают раствориться (абсорбироваться) в воде. Чтобы возобновить цикл, водно-нашатырную смесь нагревают, дистиллируя нашатырь, у которого точка кипения гораздо ниже, чем у воды. Подойдет газовая горелка, электрический термоэлемент или просто солнечное тепло. Таким образом, абсорбционный холодильник использует для охлаждения тепло. Притом ему не нужен электромотор для компрессора, а значит, нет движущихся частей, снижается риск поломки и не нужно почти никакого обслуживания. А еще он работает бесшумно.

Если история — это просто «одна чертовщина за другой», то история техники — это изобретение чертовщины за чертовщиной: последовательность технических устройств, в которой каждое побивает своего предшественника. Но так ли это? Действительность редко бывает столь проста, и не надо забывать, что историю техники пишут победители: успешные новации создают иллюзию прямого и размеренного прогресса, а неудачные идеи забываются и растворяются во тьме. Но успех изобретения не всегда объясняется его функциональным превосходством над аналогами.

В истории техники компрессорная и абсорбционная системы появились практически одновременно, но компрессорный вариант оказался коммерчески успешным и сегодня лидирует. В значительной степени он обязан этим первым электрическим компаниям, которым очень хотелось обеспечить своему продукту растущий спрос. Так что нынешнее отсутствие абсорбционных холодильников (кроме газовых, которыми оснащаются жилые трейлеры, где решающее значение имеет способность оборудования работать без электричества) объясняется не тем, что их принцип менее удачен, а социальными и экономическими факторами. Распространение получают те продукты, которые сулят промышленникам большую прибыль, а это в значительной степени зависит от существующей хозяйственной структуры. Короче, холодильник на вашей кухне гудит — то есть использует электрический компрессор, а не бесшумную абсорбционную установку — не потому, что эта конструкция лучше, а вследствие особенностей социально-экономической ситуации начала 1900-х гг., когда решалось, какая модель закрепится на рынке. Возрождающееся постапокалиптическое человечество вполне может двинуться другим путем.

## Одежда

Мы видели, что керамическая посуда, применяемая для термической обработки пищи и для заквашивания, помогает работе человеческой пищеварительной системы как своего рода «внешний желудок», а мельничные жернова служат как бы продолжением наших коренных зубов. Одежда — еще один пример применения технологий для усиления биологических способностей нашего организма, она помогает сохранять тепло тела и тем самым дает нам возможность жить вдали от восточноафриканской саванны.

Еще 70 лет назад — в истории цивилизации это один миг — люди одевались только в натуральные материалы растительного и животного происхождения. Первая синтетическая ткань, нейлон, появилась лишь в годы Второй мировой войны, и для ее производства необходимы столь сложные химические процессы, что возрождающееся после апокалипсиса сообщество довольно долго не сможет ими овладеть. Таким образом, существует глубинная связь между традиционной диетой человека и его носильными вещами: сельскохозяйственные животные и растения служат не только надежной пищевой базой, но и источником волокон, из которых прядуться нити и ткются ткани, и шкур, превращаемых в кожаную одежду и обувь. Технологии прядения и ткачества лежат в основе многих важнейших функций цивилизации: это и веревки для увязывания, и стропы подъемных кранов, и канифас для корабельных парусов и мельничных крыльев.

Износив одежды, доставшиеся от прошлой цивилизации, возрождающееся человечество столкнется с необходимостью вновь добывать волокна в природе. Растительные источники — это, например, крепкие стебли конопли, джута и льна, листья сизаля, юкки и агавы и пух, в который обернуты семена хлопка или капка. Животные волокна дает шерсть практически любого шерстистого млекопитающего, хотя чаще всего используются овцы или альпака; в царстве насекомых главным источником волокна служит кокон бабочки *Bombyx mori*, тутового шелкопряда. В этом смысле и фетровая шляпа, и тонкое шелковое платье сделаны из белков, не так уж сильно отличающихся от бифштекса, а вот льняной пиджак или хлопчатобумажная рубашка — из того же материала, что и газета: из волокон целлюлозы, то есть связанных вместе молекул сахаров.

Что же нужно сделать, чтобы превратить комья натурального волокна, нащипанные с хлопчатника или состриженные с овцы, в одежду, без которой вам не выжить? Начнем с простейших, начальных технологий, а потом посмотрим, как их преобразила механизация, начавшаяся в конце XVIII столетия в ходе английской промышленной революции и изменившая мир. Говорить будем в основном о шерсти, которая в случае глобальной катастрофы останется доступной на гораздо более обширной территории, чем волокна хлопка и шелка.

После очистки от сора и растительных фрагментов срезанную шерсть промывают в мыльной воде, чтобы вымыть из волокон основную часть жира. Затем шерсть необходимо вычесать: ее несколько раз пропускают между двумя валиками с шипами, чтобы растеребить плотную массу и вытянуть ее в мягкий воздушный пласт распрямленных и уложенных в одном направлении волокон. Из этого полуфабриката, так называемой «ровницы», уже можно прясть.

Смысл прядения — превратить пух коротких волокон в длинную и прочную нить. Это можно сделать голыми руками: осторожно вытянув из ровницы клоч спутанных волокон, сучите его в щепоти, превращая в нить. Но хотя эту операцию можно выполнять и так, без специальных инструментов она отнимет невероятное время, и, конечно, вам захочется как-то рационализировать и облегчить работу. Колесная прялка умеет выполнять обе важные функции: сучить ровницу в тонкую нить и сматывать нить в плотный клубок.

Большое колесо вращают рукой или ногой, посредством педали; ремнем или веревкой оно соединено с веретеном, которое вращается быстрее. Главный узел конструкции, рогульку на веретене, придумал около 1500 г. Леонардо да Винчи, и это одно из немногих его изобретений, которые были при его жизни воплощены в действующей модели. U-образная рогулька вращается немного быстрее веретена, и нить пробегает через несколько крючков вдоль одной лапки, соскальзывает с ее конца и наматывается на веретено. Это простое, но остроумное устройство одновременно прядет нить и сматывает ее в удобный для дальнейшего применения клубок. Но все же напрясть на колесной прялке достаточно пряжи — столь долгая работа, что исторически ею занимались только девочки-подростки или старые девы — пряхи.



Колесная прялка: шерсть подается на лапки вращающейся рогульки, скручивается в нить и наматывается на катушку

Чтобы нить получилась крепче, можно свить ее из двух, при этом важно скручивать нити в направлении противоположном тому, в каком они прялись: тогда они естественно сплетутся вместе и потом не разовьются. Повторяя эту операцию, можно сплести веревку в руку толщиной, которая выдержит не одну тонну веса, и все это из шерстинок, поодиночке легко рвущихся и в длину не превышающих нескольких дюймов.

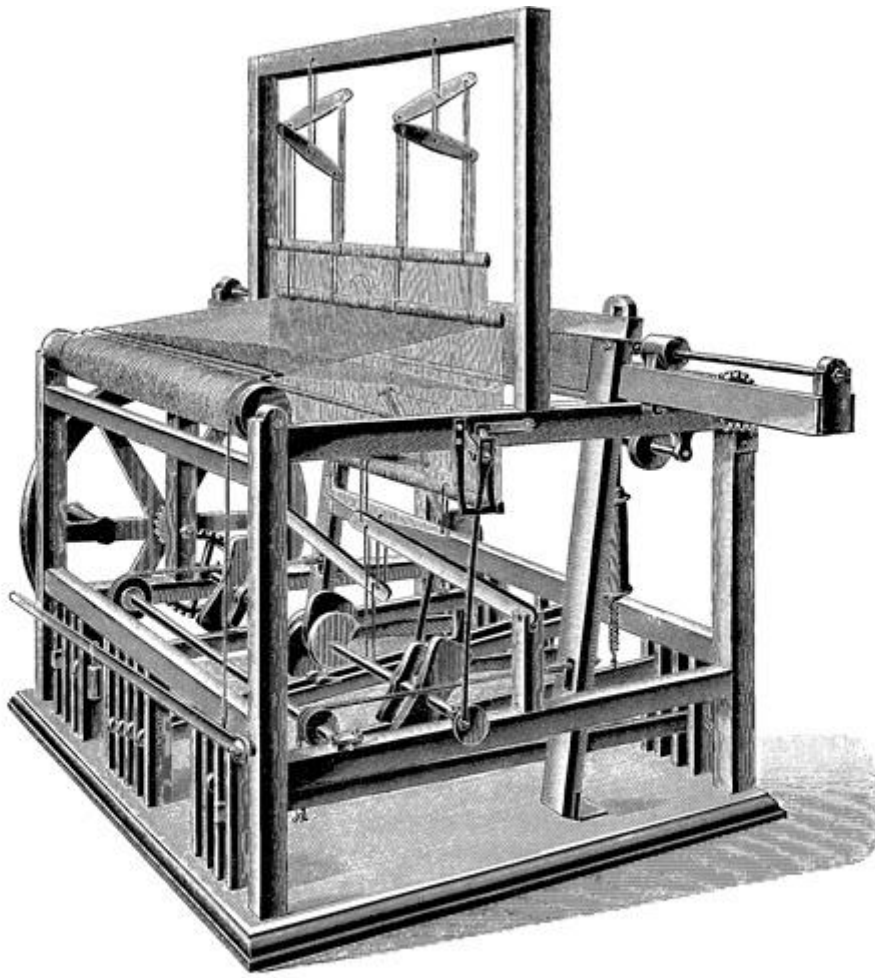
Но главное назначение пряжи — это все-таки изготовление ткани. Рассмотрите вблизи, как соткан материал одежды, которая сейчас на вас надета. Сорочки обычно шьют из тонкой ткани, поэтому лучше структура материала видна на шерстяном джемпере, футболке или грубых брюках типа джинсов. Множество разных типов плетения можно обнаружить в шторах и одеялах, простынях, покрывалах, пледах и коврах.

Сейчас мы не станем углубляться в детали, но вы должны уяснить, что любое полотно или материя состоит из двух систем нитей, проложенных перпендикулярно друг другу и последовательно сплетенных поочередным подныриванием одной под другую. Первая система, называемая основой, служит главным структурным элементом ткани и потому должна быть прочнее (берите двух-четырёхниточную пряжу), чем уток, нити которого пересекают параллельные жилы основы, связывая их воедино.

Ткут полотно на ткацком станке, важнейшая функция которого — удерживать нити основы туго и ровно натянутыми, а затем поднимать и опускать группы этих нитей, чтобы между ними пропустить уток. Простейший ткацкий станок состоит всего лишь из двух реек — одна привязывается к дереву, другая закрепляется на земле — между ними натягивается основа. Станок с горизонтальной рамой заметно сложнее.

Перед работой раму обвивают плотными строго параллельными оборотами нити, натягивая основу. Важнейшая часть станка — ремизки, устройство, позволяющее разделять нити основы, опуская и поднимая отдельные ряды (к этому мы скоро вернемся). Через просветы, сделанные ремизками, пропускается уток, затем приподнимается другой набор рядов, и уток возвращается — так проход за проходом плетется структура ткани.

От того, в какой последовательности поднимаются нити основы, зависит рисунок пропускаемого сквозь них утка и, значит, вид материи. Самый обычный тип — это полотняное переплетение, когда уток проходит над первой нитью и под второй по всей основе, создавая равномерную решетку из переплетающихся ячеек: так традиционно ткут льняные ткани. Достичь этого позволяет следующая конструкция ремизки: длинная планка с чередующимися круглыми отверстиями и узкими открытыми прорезами, через которые идут нити основы. Когда эта жесткая планка поднимается или опускается, вместе с ней ходят только те нити основы, что попали в отверстия, а те, что попали в длинные прорезы, остаются неподвижны, а ремизка движется, не задевая их, и пропускает уток то над, то под ниткой основы.



**Ткацкий станок. Планки-ремизки приподнимают нити основы, чтобы под ними прошел уток**

Более сложные виды переплетения требуют более сложных типов ремизок, чем сплошная жесткая планка. Есть, например, такая весьма гибкая система, как ряд бечевек, укрепленных на поперечине, имеющих на одной и той же высоте скользящую петлю или планку с металлическим ушком, так что при подъеме поперечины вверх идут только те нити, которые пропущены через ушки планок. Нити основы разбиваются на группы, каждой из которых управляет своя подъемная поперечина, и чем сложнее переплетение, тем больше нужно таких отдельных поперечин, управляющих ремизками, чтобы точно выдерживать последовательность качаний для нитей основы. Например, при саржевом переплетении уток за одно так называемое перекрытие проходит над несколькими нитями основы подряд, причем перекрытия идут по рядам зигзагом, отчего на ткани получается диагональный рубчик. Относительно небольшое число сплетений, в которых пересекаются уток и основа, придает саржевым тканям эластичность и удобство в носке, а кроме того, позволяет уложить нити плотнее, поэтому материал выходит прочнее и долговечнее. Например, джинсовая ткань деним — это саржа 3/1, то есть уток проходит под тремя нитками основы и затем над одной.

Но одеваетесь ли вы в кожу или тканую материю, их еще нужно надежно закрепить на теле. Отбрасываем застежки-молнии и липучки как слишком сложные для изготовления возрождающейся цивилизацией, и легко расстегиваемых застежек у вас остается немного. Лучшее из таких низкотехнологичных решений ныне распространено повсеместно, но до него не додумалась ни одна из древних, в том числе классических, цивилизаций. Удивительно, но самая обычная пуговица стала в Европе обиходным предметом только в середине 1300-х гг. Но Востоке пуговиц вообще не знали, и японцы пришли в полный восторг, увидев их у португальских купцов в XVI в. При всей

простоте этого изобретения возможности, создаваемые скромной пуговицей, меняют многое. С простым в изготовлении и быстрым в применении механизмом застегивания одежду не обязательно кроить свободной и бесформенной, чтобы ее было легко надевать и снимать через голову. Теперь ее можно надеть и уже потом застегнуть спереди — такую одежду можно шить по фигуре, удобной в носке. Это была настоящая революция в дизайне одежды.

В дальнейшем, когда постапокалиптическое человечество начнет разрастаться, возникает необходимость в автоматизации однообразных и трудозатратных операций, требующихся для выделки тканей. Производительность нужно будет повышать, а трудозатраты минимизировать. Вы обнаружите, однако, что автоматизировать отдельные процессы — чесание, прядение, ткачество — и применить механическую силу вообще будет много сложнее, чем, например, при помоле зерна или толчении пульпы для бумаги. Выделка тканей включает ряд весьма тонких операций, требующих проворных движений пальцев: скажем, прясть тонкую нить без обрывов; в других случаях, например при ткачестве, предполагается сложная последовательность действий, каждое из которых должно происходить в нужный момент. С помощью примитивных механизмов сносно воспроизвести эти процессы вряд ли получится.

Важнейшим усовершенствованием простого ткацкого станка, который я описал выше, стало изобретение челнока-самолета. Самый простой способ протянуть нити утка сквозь «зев» между поднятыми и опущенными нитями основы — передавая катушку из руки в руку с края на край рамы станка. Но эта технология долгая, к тому же она ограничивает ширину полотна: не шире размаха рук ткача. Челнок-самолет — это моток нити, спрятанный в тяжелый блок в форме кораблика, который особым тяжом перекидывается с края на край полотна по гладким направляющим, разматывая за собой уток. Это новшество не только позволяет ткачу работать с существенно большей шириной основы, оно значительно ускоряет процесс ткачества и дает возможность полностью механизировать станок, привести на него энергию водяного колеса, парового двигателя или электромотора, а тогда один ткач сможет обслуживать сразу много машин. Первые механизированные станки могли пробросить уточную нить за секунду, а современные бросают уток через основу со скоростью более 100 км/ч.

Одновременно с производством продовольствия и одежды приоритетной задачей в постапокалиптическом мире станет восстановление снабжения естественными и искусственными материалами, необходимыми для существования развитого общества. И здесь пережившим катастрофу тоже надо научиться создавать эти вещества самим, а не собирать их с трупа погибшей цивилизации. Так что поговорим о том, как с нуля построить химическую промышленность.

## Глава 5

# Вещества

Крики птиц, гнездящихся там, и далекий скрежет океана, что грызет обломки автомобилей, кирпичи и камни, — почти как рев машин в выходной день.

Маргарет Этвуд. *Орикс и Коростель* [22]

Нынешнее общество относится к «химии» довольно критически. Нам постоянно говорят, что полезна та еда, которая не содержит искусственных веществ, и мне встречались рекламы бутилированной воды «без химикатов». Однако на деле самая чистая вода — химическое соединение, как и все то, из чего состоят наши организмы. Еще до того, как человечество перешло к оседлости и основало в Месопотамии первые города, выживание человека зависело от целенаправленного поиска, обработки и применения природных химических соединений. За столетия мы придумали немало способов превращения веществ: те, что легко добываются на месте, превращаем в те, что нужнее, получая сырье, из которого строится цивилизация. Эволюционный успех

нашего вида объясняется не только изобретением земледелия и животноводства или применением орудий и машин, облегчающих труд, но еще и умением добывать и создавать материалы и вещества, обладающие нужными свойствами.

Разные типы химических соединений как набор плотницких инструментов: каждый приспособлен для решения особой задачи, и, превращая сырье в необходимые нам продукты, мы берем для каждой задачи свое орудие. Мы увидим, что длинные цепочки углеводов хорошо запасают энергию и отталкивают воду, то есть без них невозможны непромокаемые ткани. Мы рассмотрим различные растворы, применяемые для экстрагирования и очистки, и узнаем, как щелочи и химически противоположные им кислоты использовались в истории человечества для решения самых важных задач. Увидим, что некоторые вещества могут «сокращать» другие, оттягивая кислород —необходимый процесс для производства чистых металлов, а другие, называемые оксидантами, показывают обратную способность, например усиливая горение. В последующих главах мы поговорим о химической природе электричества, о химии, которая удерживает свет на фотографиях.

Здесь же я остановлюсь на самых необходимых и базовых веществах и процессах, притом самой малой их выборке. Химия во всей ее полноте — необъятная сеть взаимодействий, возможных превращений и переходов между разнообразными компонентами. Чтобы вернуть былые знания, постапокалиптическому обществу придется совершить большую работу по исследованию этой области, нащупать наиболее эффективные методы, переоткрыть эталонные пропорции соединяемых реагентов, записать верные химические формулы и молекулярные модели.

## Термическая энергия

С течением времени человечество все лучше овладевало огнем, все более умело управляло процессом горения и применяло его. Целый ряд основных функций цивилизации немыслим без химических и физических превращений, вызываемых высокой температурой: плавка,ковка и литье металлов, стеклоделие, рафинирование соли, производство мыла, выжигание извести, обжиг кирпича, черепицы и керамических водопроводных труб, отбеливание тканей, хлебопечение, пивоварение и винокурение, а также выполнение сложных промышленных процессов Габера и Сольве, к которым мы вернемся позже. Вспышки пламени, заточенного в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания, движут автомашины, и, даже щелкая выключателем лампы, вы, скорее всего, используете огонь, пусть и горящий где-то далеко на электростанции, — огонь, энергия которого извлекается, преобразуется и по проводам течет в вашу лампочку. Нынешняя техническая цивилизация зависит от применения огня не меньше, чем зависели наши предки, готовившие еду на очагах в первых рукотворных жилищах.

Сегодня основную часть необходимой термической энергии мы получаем напрямую или опосредованно (в виде электричества), сжигая ископаемое топливо: нефть, уголь и природный газ. Одна из технологий, открывших путь промышленной революции, — это производство кокса и его использование во многих промышленных процессах, в том числе упомянутых выше, особенно для плавки металлов и производства стали. С тех пор прогресс нашей цивилизации обеспечивался не возобновляемыми, восстанавливаемыми по мере потребления источниками энергии, а расходом ископаемого топлива — энергии, запасенной миллионы лет назад, заключенной в преобразованной растительной массе.

Когда истощатся уцелевшие запасы бензина и газа на заправочных станциях, общество, отброшенное планетарной катастрофой к истокам, вероятно, не сможет удовлетворить прежнюю потребность в тепловой энергии. Большая часть доступных месторождений высококачественного топлива уже выработана: изобилие законсервированной готовой к употреблению энергии, которое облегчило нам задачу в первый раз, осталось в прошлом. Нефть больше не бьет из мелких скважин, а за углем нужно все глубже



забираться в земные недра, применяя сложнейшие технологии водоотведения, вентиляции и укрепления против обвала[23]. Угля на планете еще много: США, Россия и Китай вместе располагают более чем 500 млн т, но легкодобываемые запасы в основном исчерпаны. Каким-то группам землян, уцелевших после апокалипсиса, может быть, повезет оказаться у неглубоко залегающих угольных пластов, которые можно разрабатывать открытым способом, но все же перезагрузка цивилизации, вероятно, поневоле будет «зеленой».

Как мы увидели в главе 1, после глобального катаклизма леса быстро захватят сельскую местность и даже брошенные города. Небольшая популяция переживших апокалипсис не ощутит дефицита дров, особенно если будет возобновлять вырубку быстрорастущими породами. Спеленный ясень или ветла дадут новые побеги от пня, и через 5–10 лет вырастет новое дерево; таким образом, с гектара лесного хозяйства в год можно получать в среднем от 5 до 10 т древесины. Поленья хороши для камина, для обогрева дома, но для различных задач, неизбежных на долгом пути возрождения цивилизации, потребуется топливо, дающее гораздо больше тепла, чем древесина. Поэтому придется вернуться к старинной практике — выжиганию угля.

Дерево сжигается с ограниченным притоком воздуха: при дефиците кислорода оно не сгорает полностью, а карбонизируется. Летучие вещества, такие как вода и другие небольшие легкие молекулы, легко переходящие в газ, выделяются вовне, а сложные компоненты, составляющие древесину, под действием жара разрушаются — древесина пиролизируется, — и получаются черные куски практически чистого углерода.

Древесный уголь не просто горит жарче своего предшественника — поскольку из него удалена вся влага и остался только чистый топливный углерод — он примерно в два раза его легче, а значит, более компактен и транспортабелен.

Традиционно для бескислородного пережигания дерева — в чем заключалось ремесло углежого — поленья укладывали в пирамиду с полым каналом в центре, затем обмазывали глиной или обкладывали дерном. Дерево поджигали через отверстие на вершине, и затем за тлеющими дровами тщательно следили, регулируя их горение в течение нескольких дней. Нужного результата можно достичь проще: выройте траншею, заполните ее дровами, подожгите их, дайте разгореться, а потом накройте траншею найденными листами гофрированного железа и присыпьте землей, чтобы перекрыть кислород. Дерево будет тлеть и остывать. Древесный уголь окажется незаменимым чисто сгорающим топливом при возрождении ключевых производств: например, производства керамики, кирпича, стекла и металла, о чем мы поговорим в следующей главе. Если вы окажетесь в местности, где есть доступные залежи каменного угля, у вас под рукой тоже будет прекрасный источник тепловой энергии. Тонна каменного угля дает ее столько же, сколько целый акр леса. Неудобство состоит в том, что сгорает каменный уголь не так жарко, как древесный. К тому же это довольно грязное топливо — копоть может испачкать выпекаемый вами хлеб или выплавленное стекло, а сталь от содержащихся в угле сернистых примесей становится хрупкой и непригодной дляковки[24]. Чтобы этого избежать, уголь коксуют.

Это похоже на выжигание древесного угля из древесины. Каменный уголь спекают в печах с ограниченным притоком кислорода, чтобы устранить примеси и летучие вещества, которые, как и побочные продукты сухой перегонки древесины, имеют свое особое применение и для этого конденсируются и запасаются.

Сжигание топлива также дает свет, и, пока возрождающееся общество восстанавливает электросети и заново изобретает лампочку Эдисона, уцелевшим людям придется довольствоваться масляными лампами и свечами[25]. Растительные масла и животные жиры благодаря особенностям их химии служат лучшим компактным источником энергии с управляемым горением. Особенность этих соединений — длинные углеводородные цепи: гирлянды из атомов углерода с прицепленными по бокам атомами водорода, похожие на гусеницу с множеством коротких ножек. Энергия



заклучена в связях между разными атомами, так что длинные углеводороды представляют собой туго набитые упаковки, которые нужно вскрыть. В процессе горения эти крупные структуры распадаются, и все атомы соединяются с кислородом: водородные образуют воду, а звенья углеродного хребта улетучиваются в составе углекислого газа. Быстрая разборка длинных массивных молекул в ходе окисления высвобождает поток энергии — теплое мерцание свечного огонька.

Простейшей масляной лампой может служить глиняный сосуд с узким носиком или горлышком или просто большая морская раковина. Фитиль, сделанный из волокон льна или из камыша, поднимает жидкое топливо из резервуара туда, где оно испаряется от жара пламени и затем возгорается. С 1850-х гг. обычным топливом для ламп стал керосин (который сегодня носит над облаками реактивные лайнеры), но керосин получают путем дробной перегонки сырой нефти, и произвести его после краха современной технологической цивилизации будет затруднительно. Подойдет любая маслянистая жидкость: рапсовое масло, оливковое или даже топленое сливочное (чистое).

Свече не нужна оболочка, потому что топливо в ней остается твердым, пока в соприкосновении с пламенем не растечется в небольшую лужицу; то есть свеча — это цилиндр твердого топлива, в сердцевине которого проходит фитиль. С выгоранием топлива фитиль обнажается все больше, пламя становится ярче и коптит, если фитиль не подрезать. Избавляет от этой заботы не приходившее никому в голову до 1825 г. усовершенствование: волокна фитиля сплетают в форме плоской ленты, которая естественным образом загибается книзу, так что излишек фитиля уничтожается пламенем.

Современные свечи делаются из парафина, продукта перегонки сырой нефти, а пчелиный воск никогда не будет широкодоступен, однако вполне пригодные свечи можно изготовить из топленого животного жира. Сварите в соленой воде мясную обрезь, соберите с поверхности отвердевший слой жира. Из свиного лярда получают пахучие и дымные свечи, но говяжий и бараний жир вполне сгодятся. Растопленный жир заливается в форму, либо ряд фитилей просто окунают в расплав и оставляют на воздухе, чтобы слой жира на них застыл. Затем операция повторяется, добавляются слой за слоем, пока не получится нужная толщина.

## Известь

Первое вещество, не являющееся топливом, которое придется добывать и обрабатывать возрождающемуся постапокалиптическому обществу, — это карбонат кальция. У него множество назначений, абсолютно необходимых для основ любой цивилизации. Это простое соединение, и его легко получаемые производные можно использовать для повышения производительности земледелия, поддержания гигиены и очистки питьевой воды, выплавки металлов и изготовления стекла; из него получают широко применяемый в строительстве материал и ключевые реагенты, необходимые для восстановления химической промышленности.

Богатыми источниками карбоната кальция служат коралл и морские ракушки, а еще мел. Мел — это, строго говоря, биологическая порода: белые скалы Дувра — это, по сути дела, стометровой толщины плиты из спрессованных ракушек со дна доисторического моря. Но самый обычный источник карбоната кальция — известняк. К счастью, это относительно мягкая горная порода, и со стен карьера ее можно без особых хлопот скалывать молотами, клиньями и кирками. Или просто расплющить и заострить конец у автомобильной оси и применять ее как отбойный молоток, вбивая в край карьера или стену, чтобы получался ряд отверстий. Затем в отверстия загоняют деревянные клинья и постоянно смачивают, пока они не разбухнут и в конце концов не расколют скалу. Впрочем, довольно скоро вы захотите переизобрести взрывчатку и применять вместо этого изнурительного ручного труда динамитные шашки.

Карбонат кальция также повсеместно применяется как известковое удобрение: для обработки полей и повышения урожайности культур. На кислых почвах толченый мел или известняк разбрасывают, чтобы восстановить нейтральный уровень кислотности. В кислой почве растению труднее добыть питательные вещества, о которых мы писали в главе 3, особенно фосфор, и посевы будут голодать. Известкование почвы повышает эффективность органических и искусственных удобрений, вносимых на поля.

Однако особенно полезным для нужд цивилизации известняк становится после химических превращений, которые происходят при его нагреве. Если карбонат кальция обжечь в печи при достаточно высокой температуре — как минимум при 900 °C в горне, — он разложится на оксид кальция и углекислый газ. Оксид кальция известен в быту как жженая известь или живая известь. Это чрезвычайно едкое вещество, его применяют при массовых захоронениях — к которым, вероятно, придется широко прибегать после апокалипсиса, — чтобы уничтожить запах и предупредить распространение заразы. Другое нужное вещество получается путем осторожного соединения жженой извести с водой.

Живой жженую известь называют за бурную реакцию при соединении с водой: она высвобождает жар и так кипит, что кажется живым существом. Химическая природа реакции в том, что оксид кальция разрывает молекулы воды пополам, и получается гидроксид кальция — гидратная, или гашеная, известь.

Гашеная известь сильнощелочная и очень едкая, у нее множество применений. Если нужна белая краска для стен, чтобы здания в жарком климате не перегревались, легко сделать белила, смешав известь с мелом. Гашеную известь также можно использовать для очистки использованной воды: она связывает мелкие взвешенные частички и выводит их в осадок, а прозрачная вода идет в дальнейшую очистку. Гашеная известь — важнейший строительный материал, мы увидим это в следующей главе. Не будет преувеличением сказать, что без нее наши города и поселки не были бы такими, какими мы их знаем. Но как породу превратить в живую известь?

Современные заводы по обжигу известняка выжигают живую известь во вращающихся стальных барабанах струей горячего газа, получаемого от сжигания мазута, но в постапокалиптическом мире придется обходиться простейшими методами. Если вам случится начинать на пустом месте, можно выжигать известь в яме в середине большого костра, дробить ее и гасить мелкими партиями, чтобы пустить в раствор, годный для устройства нового горна, выложенного изнутри кирпичом, в котором вы продолжите выжигать известь с большей производительностью.

Наилучший низкотехнологичный вариант для обжига извести — это шахтная печь смешанной загрузки. В сущности, это высокая кирпичная труба, заполненная чередующимися слоями топлива и кальцинируемого известняка. Такие печи часто врезали в склон крутого холма, чтобы прочнее была опора и полнее термоизоляция. Проходящая по трубе партия известняка сначала высушивается и разогревается восходящим током жара, затем в зоне горения кальцинируется и наконец на дне остывает. Раздробившуюся известь выгребают через специальные люки. Пока топливо сгорает и известь накапливается внизу, через верх можно загрузить в печь новые слои дров и породы, чтобы горн горел не угасая.

Для гашения обожженной извести понадобится неглубокий резервуар с водой, можно использовать подручную ванну. Важно так добавлять воду, чтобы смесь подходила к температуре кипения, и выделяющееся тепло использовать для ускорения реакции. От мелких частиц извести вода станет белой, затем они постепенно осядут на дно и образуют пульпу, поглощающую все больше воды. Слив воду, вы обнаружите вязкую массу гашеной извести. В главе 11 мы рассмотрим, как известковая вода используется для производства пороха, а сейчас давайте разберем одно важное применение самой гашеной извести — создание химического оружия против опасных орд микроорганизмов.

## Мыло

Мыло можно легко сделать из обычных природных материалов, оно совершенно необходимо, чтобы избежать множества болезней. Как показывают санитарные исследования в развивающихся странах, почти половины случаев заражения желудочно-кишечными и респираторными инфекциями можно было избежать, если бы люди просто мыли руки.

Сырьем для производства всех видов мыла служат масла и жиры. Так что если, готовя утром завтрак, вы брызнули на рубашку жиром от бекона, чтобы отстирать его, вам, как ни странно, понадобится вещество, также полученное из жира. Мыло удаляет жирные пятна с одежды и смывает насыщенный бактериями жир с кожи за счет того, что оно легко смешивается и с жирными соединениями, и с водой, которые не смешиваются между собой. Такую легкость в общении мылу придают молекулы особого типа: у них длинный углеводородный хвост, который хорошо соединяется с жирами и маслами, и электрически заряженная голова, быстро растворяющаяся в воде. Молекула масла или жира сама по себе состоит из трех углеводородных цепочек жирных кислот, прикрепленных к соединительному блоку. В производстве мыла ключевой момент — сапонификация, то есть разрыв химических связей, соединяющих три жирные кислоты. Это делается с помощью щелочей, обширного класса веществ, которые гидролизуют сцепляющие мостки в молекулах. Щелочи — противоположность кислот, и при соединении эти вещества друг друга нейтрализуют, образуя воду и соль. Так, обычная поваренная соль, хлорид натрия, получается нейтрализацией щелочи (гидроксида натрия) соляной кислотой.

Следовательно, для приготовления мыла нужно получить соль жирной кислоты путем гидролиза жира щелочью. Хотя жир и вода не смешиваются, соль жирной кислоты умеет внедрять свой длинный углеводородный хвост в жир, оставляя снаружи голову, растворяющуюся в воде. Облаченная в щетину этих длинных молекул капля масла закрепляется в воде, которая ее пытается оторгнуть, и таким образом жир можно отделить от кожи или материи и смыть. На флаконе с «укрепляющей, оживляющей, увлажняющей чистой морской свежестью» — гелем для душа у меня в ванной — перечислено около тридцати составляющих. Но при всех пенообразующих, стабилизирующих, консервирующих, желирующих и сгущающих добавках активным агентом остается мягкое мылоподобное поверхностно-активное вещество (ПАВ) на основе кокосового, оливкового, пальмового или касторового масла.

Таким образом, перед гражданами постапокалиптического мира, где производства химических реактивов больше нет, остро встает вопрос, где раздобыть щелочь. На их счастье, пережившие апокалипсис могут обратиться к старинным способам химической экстракции и к такому не самому очевидному сырью, как зола.

Сухие остатки костра состоят в основном из негорючих минеральных компонентов: это они придают белый цвет золе. Первый шаг к восстановлению примитивного химического производства восхитительно прост: бросьте золу в котел с водой. Черная недогоревшая угольная пыль всплывет на поверхность, а поскольку многие древесные минералы нерастворимы, они в виде осадка выпадут на дно. Но вам нужно заполучить те, которые растворяются.

Снимите с поверхности и удалите угольную пыль, а водный раствор слейте в другую посуду, стараясь, чтобы туда не попал осадок. Выпарите воду из второй посуды путем кипячения или, если вы находитесь в жаркой стране, вылейте раствор в широкие мелкие сосуды и оставьте на солнце испаряться. После выпаривания воды в сосудах останется белый кристаллический осадок, похожий на соль или сахар, так называемый поташ (именно от английского народного слова *potash* («горшок золы») происходит латинское название калия (*potassium*) — элемента, составляющего основу полученного вещества). Для получения поташа важно брать золу костра, выгоревшего дотла, а не залитого водой или дождем, иначе из нее уже будут вымыты нужные вам растворимые минералы.

Белый кристаллический осадок на самом деле состоит из нескольких компонентов, но главный, добытый из древесного пепла, — это карбонат кальция. Если вместо дров вы сожжете охапку высушенных водорослей и повторите тот же процесс экстракции, то соберете кальцинированную соду, карбонат натрия. Для жителей западных побережий Шотландии и Ирландии сбор и пережигание водорослей не первое столетие остаются важным доходным промыслом. Водоросли также содержат йод, темно-фиолетовое вещество, которое окажется весьма полезным для обеззараживания ран и для фотографического процесса, к которому мы еще вернемся.

Описанным способом можно собрать около 1 г карбоната кальция или натрия с каждого килограмма сожженных дров или водорослей — это около 0,1%. Однако поташ и кальцинированная сода — настолько нужные вещества, что на их выпаривание и очистку стоит потратить усилия, к тому же выпаривать можно на огне, уже разведенном для каких-то иных целей. Древесина служит удобным хранилищем этих веществ, дело в том, что корневая система дерева десятилетиями собирает воду и растворенные в ней минералы с огромного объема почвы и огонь помогает эти минералы концентрировать.

И поташ, и кальцинированная сода — щелочи; само латинское слово *alkali* происходит от арабского *al-qalī*, что значит «выгоревшие угли». Если засыпать выпаренный поташ в чан с кипящим маслом или жиром, жир сапонифицируется, и получится мыло. И в постапокалиптическом мире вы сможете соблюдать чистоту и защищаться от заразы, обходясь такими простыми веществами, как жир и пепел, плюс небольшое знание химии.

Реакция гидролиза будет полнее, если взять более крепкий щелочной раствор: щелок. Тут мы и возвращаемся к гашеной извести, гидроксиду кальция.

Саму гашеную известь применять для сапонификации нельзя, потому что известковое мыло не растворяется и вместо мягкой пены оставляет на воде пленку. Но гидроксид кальция реагирует с поташом или содой: гидроксильная группа меняет партнера, и мы получаем гидроксид кальция или гидроксид натрия: едкое кали или едкий натр, оба они называются щелоком. Едкий натр — сильная щелочь (он запросто превратит жиры в вашей коже в человеческое мыло, поэтому обращайтесь с ним с особой осторожностью), и таким образом он идеально подходит на роль сапонифицирующего агента для получения твердых мыльных брикетов [26].

Другая легко получаемая щелочь называется аммиак. Организм человека, как и любого млекопитающего, выводит излишки азота в виде водорастворимого состава, который называется мочевиной и выходит с мочой. Жизнедеятельность определенных бактерий превращает мочевины в аммиак — многим знакома характерная вонь в плохо вымытом общественном туалете, — так что эту важнейшую щелочь тоже можно добыть, не прибегая к сложным технологиям, а просто ферментируя мочу в банках. Исторически этот метод сыграл важную роль в производстве одежды, окрашенной индиго (традиционный краситель для джинсов), а к разнообразным применениям аммиака мы еще вернемся.

Сапонификация жирных молекул дает еще одну полезную субстанцию. После того как жир превратится в мыло, остается побочный продукт глицерин — химическая составляющая липидов, которая служит связующим звеном, соединяя три хвоста жирных кислот. Глицерин сам по себе восхитительно полезная вещь, и его легко экстрагировать из пенного мыльного раствора. Содержащиеся в мыле соли жирной кислоты в соленой воде растворяются хуже, чем в пресной, так что, если раствор посолить, они выпадут в осадок в виде твердых частиц, а в жидкой фракции останется глицерин — важнейшее сырье для производства пластика (об этом мы поговорим в главе 11).

Реакция гидролиза, трансформирующая животные жиры в мыло, также применяется для производства клея.

Клей получают, проваривая кожу, жилы, рога и копыта: все, что содержит прочную соединительную ткань, состоящую из коллагена, который разлагается до желатина.

Желатин растворяется в воде, так что получается вязкая клейкая масса, которая, высохнув, становится твердой и прочной. Необходимое для этого гидролитическое разложение много быстрее происходит в сильнощелочной среде — еще одно применение щелока —или в кислой (этого момента мы коснемся позже).

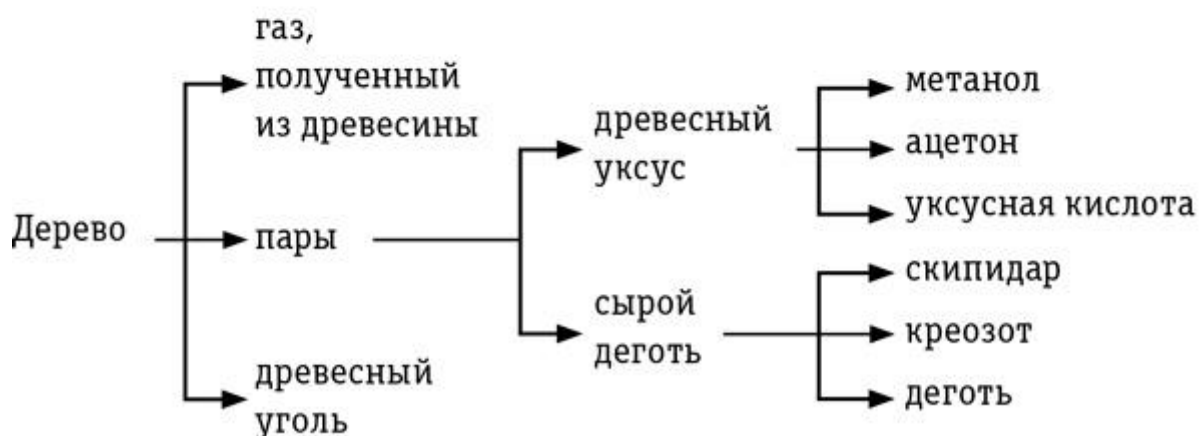
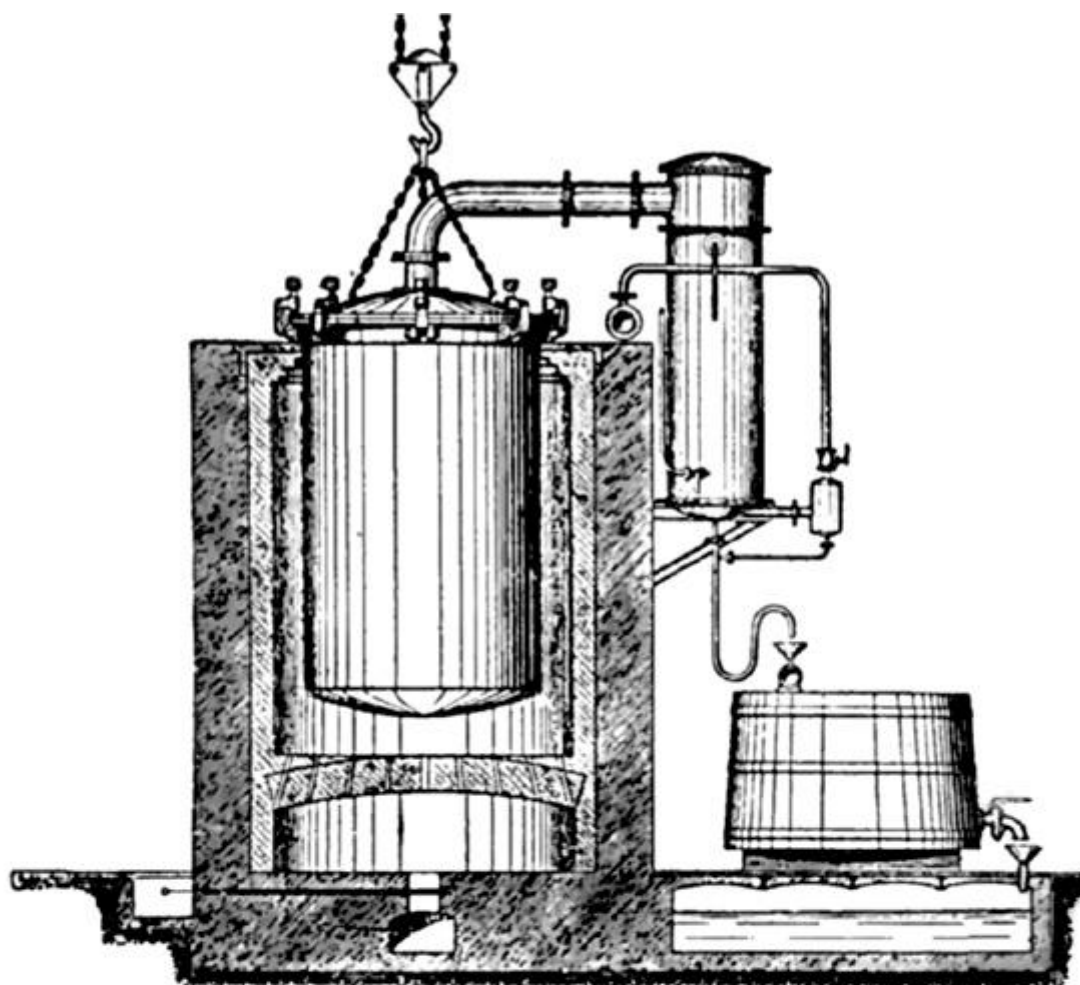
## Пиролиз древесины

Дерево может дать много больше, чем уголь для топлива и вытянутые из золы щелочи. Когда-то оно служило главным источником органических соединений — химического сырья и прекурсоров для самых разных процессов и производств, — и лишь в конце XIX в. его потеснила каменноугольная смола, а чуть позже — процесс получения нефтепродуктов из сырой нефти. Так что в постапокалиптическом мире, где у вас может не оказаться доступных залежей угля или постоянного источника сырой нефти, старинные «древесные» технологии помогут возродить химическую промышленность.

Главный принцип выжигания угля: удалить из древесины летучие вещества, чтобы остался жарко горящий почти чистый углерод. Но отходы этого выжигания на самом деле весьма полезные вещества. И небольшое усовершенствование процесса позволит захватить улетающие пары. Во второй половине XVII в. химики заметили, что сжигание дерева в закрытом сосуде высвобождает горючий газ и пары, которые можно конденсировать в водянистую жидкость. Эти вещества стали называть пиродревесными или пирогенетическими, и они представляют собой сложную смесь многих компонентов. В идеале возрождающееся сообщество могло бы сразу освоить технологию выжигания дерева в герметичных металлических контейнерах с отводными трубами для откачки паров и конденсации путем охлаждения в резервуаре с холодной водой. Газы, выделившиеся при горении, не конденсируются, и их можно использовать для топki печей под контейнерами. В главе 9 мы увидим, что пирогенетическими газами можно даже заправлять машины.

Собранный конденсат легко разделяется на водянистую жидкость и плотный смолистый осадок: и то и другое — сложные смеси, которые можно разделить ранее описанным способом дистилляции. Жидкая фракция, изначально называемая пирогенетической (пироуксусной) кислотой, состоит в основном из уксусной кислоты, ацетона и метанола.

Уксусная кислота применяется для консервирования пищевых продуктов: как мы отмечали, пищевой уксус — это, по сути дела, ее слабый раствор. Реагируя с соединениями щелочных металлов, она производит широкий круг полезных солей. Например, соединяясь с едким натром или едким кали, дает ацетат натрия, который используется как закрепитель при окрашивании тканей. Ацетат меди применяется как фунгицид и с античных времен служит сине-зеленым пигментом для изготовления красок.



Простое устройство для пиролиза древесины и сбора выпаренных веществ (вверху) и таблица важных полезных веществ, получаемых таким путем (внизу)

Ацетон — хороший растворитель и применяется как основа для красок (это им так резко пахнут лаки для ногтей) и как обезжиривающий состав. А еще он нужен для производства пластика и кордита, взрывчатого вещества, которым в Первую мировую войну снаряжали патроны и снаряды. В какой-то момент Британия даже опасалась проиграть войну из-за дефицита ацетона. Огромная потребность в ацетоне для кордита намного превосходила то количество, которое можно было получить путем дистилляции древесины, — даже с учетом ацетона, ввозимого из богатых лесом стран, таких как США. Увеличить производство позволило изобретение новой технологии секретиции ацетона

определенным видом бактерий в процессе брожения и море каштанов, собранных школьниками для такой закваски.

В больших количествах сухой дистиляцией древесины получают метанол, изначально называвшийся древесным спиртом: каждая тонна дерева дает около 10 л. Молекула метанола — простейшая из всех спиртов: она содержит лишь один атом углерода, в то время как этанол, например, то есть питьевой спирт, строится на основе блока из двух. Метанол используется как топливо и растворитель, служит антифризом и играет важнейшую роль в производстве биотоплива, к чему мы перейдем в главе 9.

Сырой деготь, выпаренный из обожженного дерева, тоже можно разложить дистиляцией на основные составляющие: легкий текучий скипидар (плавает на поверхности воды); плотный густой креозот (тонет в воде) и темный вязкий деготь. Скипидар — широко востребованный растворитель, исторически употребляемый для красителей, к нему мы вернемся в главе 10. Креозот — удивительно сильный консервант, им покрывают или пропитывают древесину, чтобы сохранить ее от гниения и воздействия стихий. Также он обладает антисептическими свойствами, замедляет размножение микробов и консервирует мясо — именно он придает характерный вкус копченостям. Деготь — самый клейкий из трех экстрактов, плотная микстура из длинноцепных молекул, его воспламеняемость делает его идеальной пропиткой для факелов. Смолистый деготь отталкивает воду и годится для замазывания худых ведер и бочек; не одно тысячелетие им герметизируют стыки между досками в корабельных и лодочных корпусах.

Эти важные химикалии в каких-то количествах дает древесина любых деревьев, но дегтем особенно богаты смолистые плотные породы, например хвойные — сосна, ель и пихта. Береста тоже дает много дегтя, и с каменного века ею закрепляли оперение на стрелах. Но вообще-то, если вам нужен только деготь, можно собирать его, когда он истекает из смолистых дров, обжигаемых в горне, и даже просто в жестяном ящике, поставленном на огонь.

Дистиляция — широко применимый способ разделения жидких смесей, основанный на разнице температур кипения разных фракций, и возрождающемуся человечеству хорошо бы освоить его как можно скорее. Дистиляция разделяет перемешанные продукты пережигания древесины, вытягивает, как мы уже видели, спирт из бродящего сусла, а еще раскладывает сырую нефть на фракции: от плотного вязкого битума до легких и летучих компонентов типа бензина. А по достижении определенного уровня индустриализации дистиллировать можно даже самый воздух. Его охлаждают примерно до  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ , повторяя процесс расширения и охлаждения, и запирают в резервуаре с вакуумной изоляцией, гигантском термосе вроде тех, в которых мы берем чай на пикник. После этого жидкий воздух понемногу нагревают и каждый газ, испаряющийся из него, собирают — чистый кислород, например, применяется в медицинских целях.

## Кислоты

До сих пор мы говорили в основном о щелочах, поскольку их сильные разновидности относительно легко получить. Кислоты, химическая противоположность щелочей, не меньше распространены в природе, но сильные кислоты встретить не так просто, как, например, щелок, и их широкохозяйственное применение началось значительно позже. Мы уже видели, как растительные продукты сбраживаются для дистиляции спирта и как спирт, в свою очередь, можно окислить, выставив его на воздух, чтобы получить уксус. Уксусная кислота первой из всех кислот оказалась в распоряжении человека и большую часть человеческой истории оставалась у него единственной. Цивилизация располагала широким выбором щелочей — поташ, кальцинированная сода, гашеная известь, аммиак, — но тысячелетия прогресс в химии сдерживался тем, что из кислот была доступна лишь одна, и та слабая.

Следующей кислотой, которую человек научился использовать, стала серная. Изначально ее выгоняли, прокаливая редкий стеклоподобный минерал купорос, а позже стали массово производить, сжигая в заполненных паром свинцовых контейнерах чистую желтую серу с селитрой. Сегодня мы получаем серную кислоту как побочный продукт очистки нефти и природного газа от сернистых примесей. Так что постапокалиптическое человечество, вероятно, застрянет посередине: не сможет добывать эту нужнейшую кислоту традиционным способом, потому что все вулканические месторождения элементной серы давно выработаны, и не сможет добывать ее более современными методами за отсутствием необходимого катализатора.

Придется попробовать химический способ, никогда в истории не использовавшийся в промышленных масштабах. Сернистый газ можно выжечь из распространенного минерала колчедана (железный колчедан известен как «самоварное золото», также колчеданы — это руды, из которых добываются свинец и олово) и соединить с газообразным хлором, добытым посредством электролиза соленой воды, используя катализатор — активированный уголь (пористую разновидность древесного угля). В результате получится жидкость, так называемый хлористый сульфурил, которую можно концентрировать путем дистилляции. В воде это соединение распадается на серную кислоту и хлористый водород, который тоже следует собрать и вновь растворить в воде, чтобы получить соляную кислоту. Нам повезло, что существует к тому же простой способ проверить, относится ли порода к колчеданам (сульфидам металлов): нужно капнуть немного разведенной кислоты, и, если порода зашипит и появится запах тухлых яиц, это то, что надо (вот только сероводород ядовит, поэтому не вдыхайте слишком много!).

В наши дни серной кислоты производится больше, чем любого другого химического соединения, — это хлеб современной химической индустрии, который очень поможет ускорить восстановление после планетарной катастрофы. Серная кислота важна, потому что она лучше всех других решает несколько важных задач. Это не только сильная кислота, это сильный дегитратант и окислитель. Большая часть производимой сегодня серной кислоты употребляется в производстве искусственных удобрений: ею растворяют фосфатные породы (или кости животных), чтобы извлечь важнейшее для растений питательное вещество — фосфор. Но список применений серной кислоты бесконечен: приготовление железистых чернил, отбеливание хлопка и льна, производство стирального порошка, очистка и подготовка поверхности чугуна и стали для дальнейшей обработки, изготовление смазок и синтетических волокон, использование в качестве электролита.

Научившись получать серную кислоту, вы откроете дорогу производству других кислот. Соединив ее с поваренной солью (хлоридом натрия), получите соляную кислоту, а с селитрой — азотную. Азотная кислота особенно полезна своей выдающейся способностью окислять: она окисляет даже те вещества, которые не по силам серной. Поэтому азотная кислота незаменима в производстве взрывчатки и подготовке соединений серебра для фотографии.

## Глава 6

# Материалы

На этом континенте существовала куда более развитая цивилизация, чем то, что мы сегодня имеем, и отрицать это невозможно. Стоит только взглянуть на груды щебня и на ржавые остатки металла, и вы поймете это. Стоит зарыться в песчаные насыпи, и вы найдете их дороги, выщербленные от времени. Но гдесвидетельства существования машин, о которых нам рассказывали ваши историки? Где остатки самодвижущихся повозок и летающих машин?

Уолтер Миллер-младший. *Страсти по Лейбовицу* [27]



Из предыдущей главы видно, какую великую пользу приносит человеку дерево. Без упоминаний о его химическом потенциале дерево — один из самых древних строительных материалов, из него делают балки, опоры и доски. Особенные применения находят свойства разных древесных пород, и человечество накопило огромный объем специальных знаний, который придется заново набрать восстанавливающейся цивилизации. Например, прочные и перевитые волокна вяза не поддаются расщеплению, и потому вяз отлично подходит для тележных колес. Древесина пекана чрезвычайно тверда: из нее хорошо вырезать шестерни для механизмов водяных и ветряных мельниц. Сосна и ель вырастают высокими и прямыми и лучше других годятся для корабельных мачт.

Дерево не только обладает полезными механическими свойствами: дровяные очаги спасут от холода, когда исчезнет центральное отопление, на них же можно приготовить пищу: жар предотвращает заражение микробами и помогает высвободить питательные вещества. В предыдущей главе мы увидели, как путем бескислородного пережигания дерева сублимируются важнейшие вещества — сырье, на котором можно восстановить химическую промышленность. Мы увидели, что выжженный из дерева уголь послужит идеальным фильтром для питьевой воды, когда пересохнут краны, а бутилированная вода исчезнет с магазинных полок. На этом же угле жарко горят печи для обжига керамики и кирпичей, на нем можно плавить стекло, чугун и сталь.

Сразу после апокалипсиса люди могут просто занимать уцелевшие дома, ремонтируя и подновляя их по мере возможности. Но все необитаемые и необслуживаемые здания неизбежно обветшают и обрушатся в первые же десятилетия, а растущей популяции постапокалиптических людей понадобятся жилища. Вероятно, будет гораздо проще построить новые, чем пытаться восстановить рассыпающиеся строения прежней цивилизации. А чтобы строить, придется научиться кое-каким основам. Кирпич, стекло, бетон и сталь — в буквальном смысле строительные блоки нашей цивилизации. Но все они берут начало в грязной земле, мягком известняке, песке и кусках камня, которые мы с помощью огня превращаем в самые удачные строительные материалы человеческой истории. Проследить этот процесс проще всего на примере глины, которой придают форму, пока она мягкая и податливая, а затем, обжигая в печи, превращают в твердую керамику — так человек меняет свойства вещества для своих целей.

## Глина

В нашем современном обиходе глину мало кто замечает — многие, наверное, помнят ее только по школьным урокам лепки. Но вообще-то керамика сыграла решающую роль в развитии цивилизации. В глиняных сосудах с крышками пищу можно спрятать от насекомых и зверей, а также готовить ее, консервировать, выдерживать, транспортировать для продажи и брать с собой в дорогу. Глина, сформованная в виде брикетов и затем обожженная, дает незаменимый строительный материал, плоть городов, мельниц и заводов.

Пласты глины залегают повсюду, она обнаруживается под поверхностным слоем почвы во многих местах Земли. Глина состоит из мельчайших частиц алюмосиликатов — это слои окисленного алюминия и кремния, выветренных из скал и зачастую далеко унесенных реками или ледниками. Разные виды глины просто выкапываются из неглубоких ям и обрабатываются вручную. Примитивный сосуд можно изготовить, скатав из влажной глины шар, погрузив в него большие пальцы и вылепив круглую емкость. Но чтобы добиваться более сложных и разнообразных форм, придется заново изобрести гончарный круг. Самая ранняя конструкция круга — свободно вращающийся диск, на котором гончар крутит обрабатываемый объект. В «новом» гончарном круге, вошедшем в употребление по меньшей мере 500 лет назад, а может быть, намного раньше, используется маховик — например, массивный круглый камень, — который накапливает энергию вращения, чтобы ход круга был равномерным. Время от времени

вращению придается новый импульс толчком руки или ноги или, если вам повезет найти его, действующим электромотором.

Высохшая глина — материал относительно долговечный, но еще лучше ее обжечь, превратив в керамику. При температуре от 300 до 800 °C из глины безвозвратно испаряется вода, и минеральные волокна спекаются вместе, но сохраняют пористую структуру. Если нагреть выше 900 °C, начнут спекаться сами частички глины и вытравивать незначительные примеси. Эти глазирующие соединения пропитывают всю структуру материала и, остывая, отверждаются в стекловидный агент, крепко связывающий кристаллы глины и заполняющий все полости, отчего сосуд становится особенно прочным и водонепроницаемым. Для герметизации изделие намеренно покрывают этим веществом перед обжигом — это и есть глазурирование. Можно еще бросить в печь немного соли: испепеляющий жар разлагает ее, и пары натрия, смешиваясь с кремнием в составе глины, образуют прозрачное покрытие (только имейте в виду, что в процессе выделяется хлор, ядовитый газ). Этот метод исторически применялся для герметизации керамических труб, предназначенных для водопровода и канализации.

Обожженная керамика — не только прочный и водонепроницаемый материал, это еще и чрезвычайно термостойкий «огнеупор». У алюмосиликатов высокая температура плавления, и, поскольку составляющие их элементы уже соединены с кислородом, этот минерал не воспламеняется при нагреве. Такой огнеупорный кирпич — идеальный материал для печей и горнов. Чтобы использовать огонь в технологическом процессе, его нужно запереть в печи, а значит, понадобится вещество, которое не даст теплу уходить и в то же время само не пострадает от жара. Прекрасный пример того, как цивилизация сама себя тащит вперед: обжиг глины в большом костре для получения огнеупорного кирпича, из которого пережившие апокалипсис построят печи для обжига новых и новых кирпичей. Сама история цивилизации — это эпопея обуздания и одомашнивания огня, покорения все более высоких температур: от костра к гончарной печи, плавильне бронзового века, горну железного века и домам промышленной революции — и этот путь был бы невозможен без огнестойкого кирпича.

Обожженный кирпич также повсеместно применяется в строительстве. В сухом климате сойдет и примитивная стена из высушенной на солнце грязи — самана, но сильный ливень может размывать такую постройку. Гораздо более стойкий кирпич получится, если несколько щедрых пригоршней глины умять в формовочную матрицу в виде параллелепипеда и отправить в печь, где цепь химических реакций превратит глину в твердую долговечную керамику. Однако для возрождения цивилизации несколькими пригоршнями глины не обойтись. Чтобы стена стояла прочно, ряды кирпича должны быть скреплены между собой — и тут мы возвращаемся к извести.

## Строительный раствор

В предыдущей главе мы говорили, что первым материалом, который людям постапокалиптической цивилизации, вероятнее всего, придется добывать, когда иссякнут запасы, оставшиеся от нас нынешних, будет известняк. Мы говорили о том, что известняк играет ключевую роль в синтезе многих веществ, необходимых для цивилизации. Теперь давайте посмотрим, как этот же чудо-минерал поможет возродить ее из руин. Известняковые блоки — удобный строительный материал, как и мрамор, метаморфическая порода, в которую известняк превращается под давлением в глубинах земной коры, — но в постапокалиптическом мире важнее будут те продукты, в которые известняк можно превратить.

Гашеная известь умеет превращаться из мягкой пасты в материал, застывающий до твердости камня. В смеси с водой и некоторым количеством песка гашеная известь дает строительный раствор, который не одно тысячелетие служит человечеству для прочного скрепления каменных блоков в крепкие стены, способные нести большую нагрузку.

Если песка взять поменьше, но подмешать какие-нибудь волокна, например конский волос, получится штукатурка, которой покрывают стены, чтобы были ровными.

Известковый строительный раствор в ходу уже много столетий, но перевернула саму природу строительства другая технология, открытая и внедренная в массовое производство римлянами. Римские зодчие заметили, что смесь гашеной извести с вулканическим пеплом, так называемым пуццоланом, или даже с истертым в порошок кирпичом или керамикой затвердевает много быстрее, чем просто гашеная известь, и оказывается в несколько раз прочнее. Этот удивительный минеральный клей под названием цемент может гораздо больше, чем скреплять между собой ряды кирпичной кладки. Им можно превратить в монолит мешанину булыжников и щебня, то есть, по сути, получить бетон. Эта революция в строительных технологиях позволила римлянам возвести такие поразительные сооружения, как Колизей или огромный купол римского Пантеона, который поныне остается самым крупным в мире монолитным бетонным куполом.

Но по-настоящему достичь торгового и военного могущества Риму помогло другое, почти волшебное свойство цемента: бетон, сделанный с пуццоланом или толченой керамикой, затвердевает даже под водой. В отличие от известкового раствора цемент застывает в воде, и там происходит другой химический процесс. Вулканический пепел содержит алюминий и кремний — мы их упоминали как составляющие глины, — которые реагируют с гашеной известью и, гидратируясь, образуют исключительно прочный материал.

Отвердевающие в воде строительные материалы дают важное технологическое преимущество. Пуццолановый цемент вызвал революцию в строительстве портовых сооружений: теперь, чтобы возвести пристань, волнолом, пирс или основание для маяка, римляне, вместо того чтобы сбрасывать в море крупные каменные глыбы, могли просто лить в воду цемент и в любом месте ставить нужные сооружения. Новая технология позволила устраивать порты всюду, где они были нужны для военных или хозяйственных целей, даже если на побережье, как, например, в Северной Африке, не было естественных бухт. Именно это обеспечило римскому флоту господство в Средиземном море.

С падением Римской империи человечество лишилось стратегических знаний о прочном цементе, практичном бетоне и водонепроницаемых замазках. Цемент не упоминается ни в одном средневековом источнике, и все великие готические соборы построены на известковом растворе. Однако где-то знание, вероятно, сохранилось, поскольку водоотвердевающий цемент применялся в строительстве ряда средневековых крепостей и гаваней.

Современный метод получения цемента изобретен только в 1794 г. «Настоящий портландцемент» не эксплуатировал жар вулканов, как римский цемент с пуццоланом, — вместо этого смесь известняка и глины прокаливали в специальной печи при температуре около 1450 °С. Получившийся твердый клинкер измельчали и смешивали с небольшим объемом мягкого светлого минерала — гипса, используемого также для производства алебаstra и для жестких повязок при лечении переломов, — он замедляет отвердевание, оставляя больше времени для работы с жидким цементом.

Да, сегодня бетон — кошмарно скучный серый материал, из которого построено много всякого архитектурного уродства. Но обернемся назад и задумаемся на секунду, какой это на самом деле удивительный материал. По сути дела, бетон — это рукотворная скала. А рецепт восхитительно прост: перемешиваем ведро портландцемента с двумя ведрами песка или гравия и добавляем воды, чтобы получилась густая масса. Выливаем этот жидкий камень в деревянную опалубку, задающую любую форму, какая вам нужна, и ждем, пока смесь застынет в прочнейший и долговечный монолит. Нетрудно понять, как бетон помог быстро восстановить города, разрушенные Второй мировой, и почему

он поныне остается главным градостроительным материалом — и символом нынешней эпохи, хотя основы его производства известны более двух тысячелетий.

Есть, впрочем, одно неудобство: под нагрузкой, в фундаментах и колоннах, бетон чрезвычайно стоек, но он весьма непрочен на разрыв. Если какая-то сила растягивает его, бетон ломается и рассыпается, и потому его нельзя применять для изготовления крупных структурных элементов, таких как балки, мосты или перекрытия многоэтажных зданий. Но выход есть: внедрить в бетон стальную арматуру. Свойства двух этих материалов идеально дополняют друг друга: прочность бетона на сжатие сочетается с прочностью стали на разрыв. Армированный бетон нечаянно изобрел в 1853 г. штукатур, погрузивший распрямленные бочарные обручи в застывающие бетонные плиты. Именно это последнее усовершенствование поможет использовать потенциал бетона для реконструкции городов после апокалипсиса.

Бетон — замечательно универсальный материал, но керамический кирпич с его жаростойкостью пригодится вам, чтобы работать с высокими температурами, преобразующими вещества, и освоить таким образом навыки металлургии.

## Металлы

Металлы обладают целым набором свойств, не присущих никаким другим веществам. Некоторые металлы чрезвычайно прочны и плотны, идеально подходят для изготовления инструментов, оружия и строительных деталей, например гвоздей или несущих балок. В отличие от хрупкой керамики они пластичны: под давлением не раскалываются, а деформируются, из них можно тянуть тонкую проволоку, пригодную для связывания, устройства изгородей или для электропроводки. Многие металлы способны выдерживать исключительно высокие температуры и поэтому отлично подходят для высокопроизводительных машин.

Как можно скорее после катастрофы вам нужно будет возобновить технологию производства не просто железа, а его углеродного сплава — стали. Сталь представляет собой смесь атомов железа и углерода, но целое здесь несоизмеримо больше суммы частей. Включение углерода решительно меняет свойства металла; варьируя долю углерода в составе сплава, можно регулировать твердость и прочность стали согласно разным ее назначениям.

О том, как развернуть производство чугуна и стали с нуля, мы поговорим позже, потому что сразу после апокалипсиса вы легко найдете немало бесхозных металлических орудий. Их можно будет перековать, если вы восстановите традиционное кузнечное ремесло, когда в открытом горне металл раскаляют и молотом на наковальне придают ему нужную форму. Человечество имело и имеет возможность применять твердые железные орудия лишь потому, что раскаленное железо меняет свои физические свойства и становится мягким настолько, что его можно ковать, придавая нужную форму, или раскатать в лист, или вытянуть в проволоку либо трубу. Это важнейшее свойство железа: оно означает, что железные орудия можно использовать для производства новых предметов, тоже железных.

Чтобы использовать свойства железа в полной мере, нужно знать принципы закалки — охлаждения и отжига. Твердость стали повышается нагревом докрасна: в этом состоянии структура железоуглеродистых кристаллов превращается в жесткую конформацию (которая не магнитится: это можно проверить во время нагрева). Если после этого сталь будет остывать медленно, кристаллы вернуться в прежний вид, потому что, чтобы зафиксировать нужную структуру, охлаждать сталь нужно резко: закалка происходит в момент погружения раскаленного изделия в воду или масло. Однако твердое вещество одновременно бывает хрупким, а ломкий молот, меч или пружина бесполезны — так что после закалки изделию нужен еще отжиг.

Отжиг состоит в повторном нагреве закаленной стали до такой температуры и на такое время, чтобы часть ее кристаллической структуры размягчилась — мы намеренно

жертвуем какой-то степенью твердости ради возвращения материалу определенной гибкости. Отжигом мы настраиваем физические свойства материала: это необходимая стадия в изготовлении инструмента с нужными вам свойствами.

Другая ключевая технология, изобретенная несколько позже, — сварка: соединение металлических деталей с помощью расплава. Из всех горючих газов самое жаркое пламя дает ацетилен: в струе кислорода он горит при температуре более 3200 °С. Принцип работы сварочной горелки: раздельное регулирование потоков сжатого кислорода и ацетилена, подаваемых в смесительную камеру. Чистый кислород можно получить электролизом воды или, на дальнейших этапах восстановления, дистилляцией сжиженного воздуха. Ацетилен выделяется при соединении воды и карбида кальция, который, в свою очередь, получается при обжиге в печи негашеной извести и древесного угля, веществ, которые мы уже описали. Ацетилено-кислородное пламя нужно не только для соединения металлических деталей: им можно резать сталь, как ножом, — струя кислорода выжигает горячий металл ровной полосой.

Еще более высокую температуру — около 6000 °С — дает электрическая дуговая сварка, обладающая мощностью молнии. Соберите блок аккумуляторов или наладьте генератор и получите вольтаж, достаточный для того, чтобы между металлом и углеродным электродом возникла постоянная молния или дуговой разряд, который сварит или разрежет там, где сварщик проведет электродом по поверхности. Самодельные ацетиленовые резаки или электросварочные аппараты станут незаменимым снаряжением для сборщиков лома, которые пойдут в мертвые города разбирать руины и вывозить наиболее ценные материалы. Для переплавки стального лома весьма эффективна будет, например, дуговая печь. По сути, это гигантский сварочный аппарат: огромные электроды пропускают электричество сквозь металл, чтобы он расплавился, известняковый флюс устраняет примеси, остающиеся в виде шлака наверху, а жидкую сталь разливают, будто из чайника. Для питания дуговых печей постапокалиптическому человечеству стоит освоить производство возобновляемой электроэнергии — это снизит потребность в топливе.

Но доступ к металлам — это полдела: нужно уметь работать с ними, придавать сырью необходимые формы. Если исправные станки для металлообработки не сохранятся, можно ли изготовить их с нуля?

У нас есть красивый пример из 1980-х гг., когда один механик создал полностью оснащенную мастерскую для обработки металлов — включая токарный, фрезеровочный, сверлильный и расточной станки, — не имея практически ничего, кроме глины, песка, угля и небольшого количества металлического лома. Особенно хорош алюминиевый: у этого металла низкая температура плавления, значит, его легко отлить; кроме того, он устойчив к коррозии, то есть будет доступен еще долго после апокалипсиса.

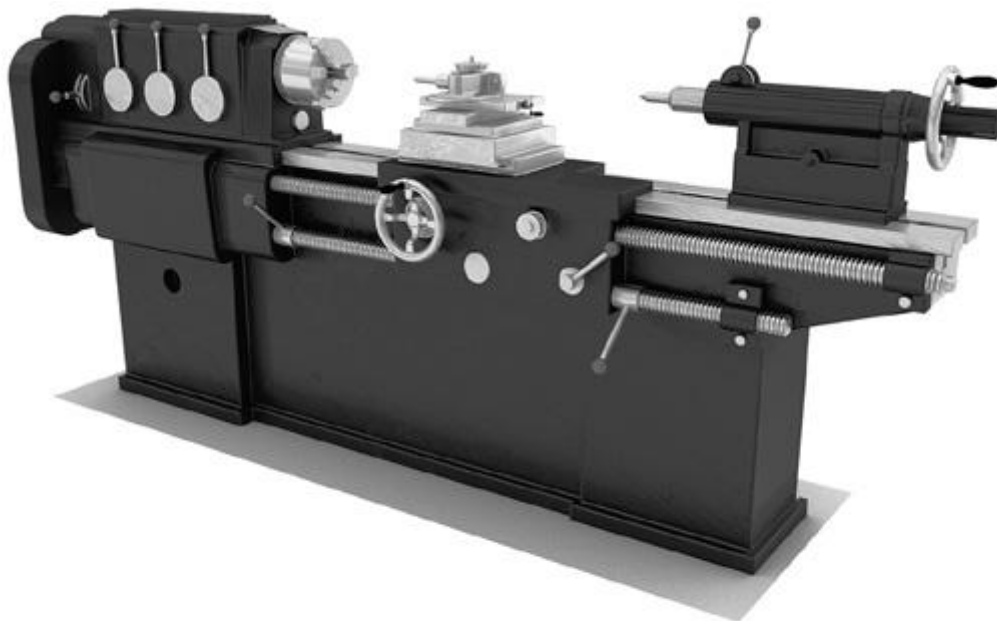
В основе этого феноменального проекта — небольшая литейня, сделанная из старого ведра, изнутри обмазанного огнеупорной глиной, и топившаяся древесным углем, горение которого усиливалось подачей воздуха через отверстие в стенке ведра. Этой походной печурки вполне хватило, чтобы плавить алюминиевый лом, а из расплава отливались в соответствующих формах все детали станков. Формы для отливки можно изготовить из песка, смешанного для вязкости с глиной и небольшим количеством воды, заполнив смесью участки нужной конфигурации в двусторчатой деревянной раме.



**Примитивная литейня: плавим алюминиевый лом в небольшой печи (слева) и льем в песчаные формы (справа)**

Первым изготавливается токарный станок. Простейший вариант состоит из длинной плоской станины под названием «постель» с передней бабкой на одном конце и задней на другом, которая может фиксироваться или скользить по станине вперед и назад. Заготовка закрепляется на передней бабке посредством шпинделя — зажимается в планшайбе или патроне с подвижными губками — и вращается вокруг продольной оси. Вращает ее посредством ременной или зубчатой передачи тот источник энергии, который вы примените (водяное колесо, паровая машина, электромотор). Заднюю бабку можно использовать для закрепления второго конца заготовки, так как она движется по станине, или для удержания сверла и просверливания каналов по центральной оси вращающейся детали. Каретка тоже движется вдоль станины, оснащенная резцом на поперечном ползунке, чтобы можно было точно управлять его примыканием к заготовке и задавать вращающейся болванке любую необходимую конфигурацию. На токарном станке можно выточить все его детали и собрать второй такой же, но еще удивительнее, что, едва начав его собирать, вы на нем же можете изготовить части, необходимые для завершения сборки.

Чтобы точно нарезать на заготовке спиральные борозды, придется установить на станине длинный ходовой винт, позволяющий двигать каретку равномерно, а в идеале соединить его зубчатой передачей со шпинделем, чтобы точно скоординировать их движение. И тут вам остается крепко надеяться, что вы найдете готовый ходовой винт, поскольку нарезка резьбы с постоянным шагом — задача дьявольски трудная. В человеческой истории появление первого металлического винта с резьбой, по образцу которого потом создали множество других, потребовало долгого процесса поэтапных усовершенствований, который вам совсем ни к чему повторять.



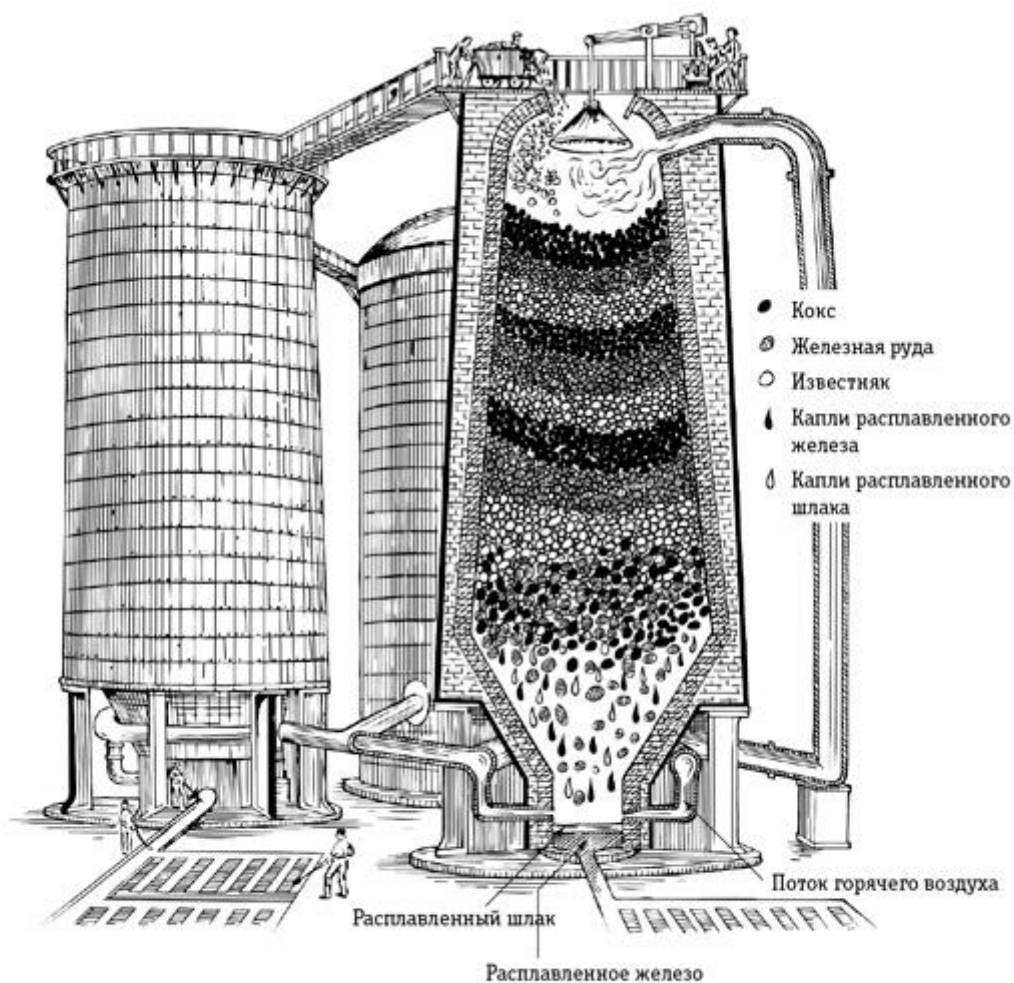
**Токарный станок с передней бабкой и шпинделем для удержания заготовки (слева), задней бабкой (справа) и передвижной кареткой, удерживающей резец (посередине)**  
Собрав токарный станок, вы можете использовать его для изготовления частей других, гораздо более сложных машин, например фрезерного станка. В отличие от токарного, в котором резец подводится к вращающейся заготовке, фрезерный обрабатывает неподвижную заготовку вращающимся резцом и может выполнять широчайший круг операций: если у вас есть фрезерный станок, вы можете произвести практически любой механизм. Это как бы история технической цивилизации в миниатюре: простые инструменты помогают создать сложные, в том числе более совершенные версии самих себя, и этот цикл повторяется раз за разом, двигая прогресс.

Но что, если никаких чистых металлов, годных дляковки или литья, не осталось или все, что можно было собрать, вы уже израсходовали? Как добыть металл из горной породы? Основной принцип плавки: устранить кислород, серу и другие элементы, в смеси с которыми металл пребывает в руде. Для этого нужно топливо, создающее высокую температуру, агент-раскислитель и флюс. Древесный уголь (или кокс) отлично выполняет первые две задачи: он жарко горит и, сгорая в плавильной печи, выделяет угарный газ, мощный раскислитель, который оттягивает атомы кислорода, освобождая от них металл. Принципиальная схема простейшей плавильной печи — та же, что и у горна для обжига извести. В печь укладывают слоями уголь и измельченную железную руду. В руду подмешивают немного известняка — в качестве флюса, понижающего температуру плавления огнестойкой жильной массы (бесполезной части породы), чтобы в печи она перешла в жидкое состояние и абсорбировала примеси из металла. Флюс образует шлак, который отводится прочь, а из печи извлекается уже результат трудов — готовый металл.

Если пламя в печи недостаточно горячо, чтобы расплавить железо, придется извлечь металл в виде пористых глыб и затем бить и плющить его на наковальне, чтобы выжать оставшийся шлак и сконцентрировать железо. А чтобы оно стало достаточно твердым для изготовления орудий, это чистое кованое железо нужно вновь раскалить на пламени древесного угля, чтобы оно абсорбировало сколько-то углерода и получилась сталь, после чего вновь ковать. Раз за разом взбивая и расплющивая металл, вы, по сути, перемешиваете твердую материю, получая однородную сталь, которой затем придадите нужную форму. Для кузнеца это тяжкая и утомительная работа, и выход стали будет крайне низким. Современная цивилизация немыслима без умения производить сталь промышленными объемами. И вот как это возможно.



Решение состоит в том, чтобы нагнетать в печь мощный поток воздуха, существенно усиливающий горение. Такую печь уже к V в. до н.э. изобрели китайцы (на 1500 с лишним лет раньше европейцев), позже усовершенствовавшие конструкцию добавлением поршневых мехов с приводом от водяного колеса. Чтобы достичь еще более высокой температуры, нагнетаемый в печь воздух подогревают, используя для этого раскаленные газообразные отходы, удаляемые из печи. В доменной печи выплавленное железо абсорбирует много углерода, который понижает температуру плавления примерно до 1200 °С. Металл разжижается и вытекает снизу печи по прорезанным в ее дне каналам в литейные формы, где и застывает. Получаются чугуны — они так называются, потому что средневековые литейщики уподобляли формы для отливки новорожденным пороссятам, сосущим свиноматку-печь.



**Доменная печь для выплавки чугуна. Руду, топливо и флюс загружают через верх, а мощный поток горячего воздуха нагнетается снизу**

Это высокоуглеродное железо с пониженной температурой плавления можно вновь расплавить и, как горячий воск, залить в формы. По этой причине чугун весьма удобен для быстрого производства разных изделий, например кастрюль и сковород, труб или деталей машин, а в Викторианскую эпоху повсеместно производились чугунные строительные фермы. Но у чугуна есть один большой недостаток: высокое содержание углерода делает этот металл хрупким, и, например, чугунные мосты имели дурную привычку обрушаться, если какие-то их узлы подвергались растяжению или сгибу.

Поздние этапы промышленной революции стали возможными только после изобретения технологии быстрого превращения доменного чугуна в сталь. По содержанию углерода сталь находится между чистым кованым железом и чугуном (3–4% углерода): от примерно 0,2% углерода для твердых инструментальных сталей до

приблизительно 1,2% для особо твердых марок, идущих на подшипники и резцы для токарных станков. Но как же обезуглеродить чугуны?

Конвертер Бессемера — это огромный грушевидный ковш, выложенный изнутри огнеупорным кирпичом и подвешенный на поворотной оси, чтобы его можно было наклонять. Его заполняют расплавленным чугуном, а затем через амбразуры в нижней части закачивают воздух — это похоже на пузырьки из аквариумного аэратора. Лишний углерод реагирует с кислородом и улетучивается в виде углекислого газа, иные примеси тоже окисляются и вымываются в шлак. Удачно, что сгорающий углерод высвобождает достаточно тепла, чтобы все время процесса расплав оставался жидким.

Есть одна трудность: нужно точно все рассчитать, чтобы удалить почти весь углерод, но все же оставить чуть меньше 1%. Способ выдержать нужное соотношение задним числом кажется очевидным: конвертировать расплав, пока не будет полной уверенности, что устранился весь углерод, а потом добавить его, сколько нужно, в чистое железо. Бессемеровский процесс стал первой в истории дешевой технологией массового производства стали, и пережившим апокалипсис нужно будет как можно скорее его возродить.

## Стекло

Железо и сталь прославлены как строительный материал индустриальной эпохи, но и скромное стекло, о котором мы зачастую забываем (буквально глядя сквозь него), сыграло в прогрессе человеческой цивилизации ключевую роль. Стекло, один из первых материалов, созданных человеком, изобрели в Месопотамии, колыбели первых городов, где-то в III тыс. до н.э. Мы с вами увидим, как стекло с его уникальным сочетанием удивительных свойств послужило развитию науки. Но начать следует с базовых сведений о его производстве.

Вероятно, вы знаете, что стекло получают из расплавленного песка или, точнее, из очищенного кремнезема (диоксида кремния). Но если просто бросать песок в огонь, результата не будет: огонь погаснет. Дело в том, что кремнезем имеет чрезвычайно высокую температуру плавления, около 1650 °С. Это намного выше, чем можно получить в обычной печи, и потому сварить стекло, просто зная главный компонент рецепта, не удастся. Иногда стекло рождается естественным путем: в пустыне, порывшись в песке, если повезет, можно найти длинные полые трубки расплавленного кремнезема, зачастую похожие на сложное сплетение древесных корней. Эти образования называются фульгурит, или «окаменевшая молния», и возникают они, когда разряд молнии бьет в сухой песок. Электрический ток проходит сквозь почву и разогревает ее до такой высокой температуры, что крупинцы кремнезема спекаются вместе и получается стеклянная трубка.

Поскольку обуздать и запрячь молнию вам не удастся, производя стекло, придется понизить температуру плавления кремнезема до той, которая достижима в печах, для чего используется подходящий флюс. Отличным флюсом послужит поташ или кальцинированная сода, но, как мы увидим в главе 11, вторую, если применить некоторые химические знания, гораздо легче производить в промышленных объемах. Поэтому без малого все выпускаемое сегодня стекло для окон и бутылок — натриево-кальциевое, раствор кальцинированной соды и известняка в песке, застывающий при обычных температурах.

Керамический тигель из огнеупорной глины заполняют крупинками кремнезема и кристаллами соды. В горячей печи карбонат натрия разлагается (выделяя углекислый газ) и растворяется в кремнеземе, понижая температуру его плавления настолько, чтобы в печи можно было получить стекло. Выделившийся углекислый газ в соединении с кислородом и азотом, который в исходной смеси связан, насыщает расплав пузырьками, пенит его. Поэтому температура в печи должна быть достаточно высокой, чтобы расплав долго оставался жидким, и тигель нужно выдержать в огне, пока все пузырьки не

выйдут и стекло не станет чистым. Однако стекло, изготовленное из кремнезема и флюса, растворяется в воде, что резко ограничивает его применение. Выход — досыпать в тигель еще один ингредиент, который сделает стекло нерастворимым: с этой задачей хорошо справляется оксид кальция — негашеная известь, с которой мы встречались в прошлой главе.

Кремнезем, основной компонент стекла, составляет более 40% земной коры и мантии; это, безусловно, самое распространенное соединение в составе земных камней и скал. Но он часто пребывает в смеси с другими элементами (в том числе с металлами: в основном из кремнезема состоит шлак, выбрасываемый после плавки), а чтобы стекло вышло светлым и прозрачным, кремнезем должен быть как можно чище. Например, бурый оттенок, присущий большинству видов песка, объясняется присутствием оксидов железа, и готовое стекло они окрасят в зеленый цвет — что хорошо для винных бутылок, но не в оконном стекле или линзах телескопа. Наилучшим сырьем для прозрачного стекла послужит яркий белый песок или другой беспримесный кремнезем, например куски белого кварца, употребляемые для изготовления знаменитого венецианского «хрустального» стекла, или извлекаемая из мела кремневая галька, прекурсор английского «свинцового хрусталя» (то и другое, строго говоря, неверные названия, потому что атомы любого стекла перемешаны в полном беспорядке, без всякой кристаллической решетки).

Разумеется, немало стекла останется от прежней цивилизации. Уцелевшие стеклянные изделия можно использовать, битое стекло — вымыть и переплавить. Стекло — один из самых легкоутилизируемых материалов. Оно хорошо плавится в печи и принимает новую форму, и этот цикл можно повторять бесконечно без всякого износа материала (в отличие, например, от пластика). Но технология производства нового стекла понадобится для восстановления цивилизации в дальнейшем или если вы окажетесь на необитаемом острове. Строго говоря, тропические пляжи — идеальное место для сбора трех ингредиентов, необходимых для безупречного стекла: белоснежного песка без железных примесей, водорослей для получения кальцинированной соды и ракушек или кораллов для выжига извести.

Кремниевый расплав можно прямо из тигля лить в формы. Но есть гораздо более полезная технология, основанная на одном из удивительных свойств стекла. Дело в том, что вязкость стекла (или его текучесть) значительно варьирует в зависимости от температуры и потому с ним можно работать, когда оно пластично, но не слишком текуче — в этом состоянии его можно дуть. Набрав ком стекла на конец керамической или длинной металлической трубки, его можно надуть воздухом, придав нужную форму вращением в воздухе либо при помощи матрицы.

В наше время жизнь немыслима без окон, освещающих наши жилища и офисные небоскребы, выпускающих поток света в наши искусственные пещеры, но в то же время не выпускающих туда стихии. Первыми, примерно в I в., стеклить окна стали римляне, используя небольшие кусочки литого стекла, а китайцы еще в конце I тыс. затягивали окна бумагой, пропитанной для прозрачности маслом. Столетие за столетием оконное стекло выдували и расплющивали вращением: заметные ямки в центре стекол старых сельских домов и пабов — это следы трубки стеклодува. В наше время огромные и безупречно ровные стеклянные панели делают, выливая стекло в ванну с расплавом олова, где оно растекается по поверхности ровным слоем. Но в ходе возрождения цивилизации после конца света стекло найдет целый ряд других важнейших применений.

Незаменимым материалом для окон стекло стало благодаря своему главному свойству: конечно, прозрачности. Это само по себе редкое свойство для материи. Но качеств, какими не может похвастать ни одно другое вещество, у стекла целый набор. И значит, оно бесконечно важно для науки: именно стекло позволяет нам изучать явления природы, замеряя различные их характеристики, на основе чего создаются все более совершенные прикладные технологии. Например, принцип действия барометра и

термометра, первых научных инструментов, состоит в показе меняющегося уровня жидкости в трубке. Эти колебания невозможно было бы увидеть, не будь у нас такого прозрачного, но твердого материала, как стекло.

Для микроскопических исследований образцы материала также выкладывают на предметное стекло — твердую основу, пропускающую свет. Стекло — прочный материал и годится для изготовления герметичных сосудов, в которых можно создавать вакуум. Вакуумные трубки нужны для генерации рентгеновских лучей (см. главу 7), и они сделали возможным открытие электронов и других элементарных частиц. Без герметичных колб не будет гореть ни лампочка накаливания, ни люминесцентный свет: в них создается специальная газовая среда, а стекло пропускает свет вовне.

Кроме того, что оно прозрачно, жаростойко и достаточно прочно, чтобы из него можно было лить тонкостенные сосуды, стекло химически инертно. На этом так или иначе основаны все виды химических исследований. Из стекла можно отлить или выдуть любую лабораторную посуду: пробирки, колбы, мензурки, бюретки, пипетки, трубки, испарители, дефлегматоры, газовые шприцы, реторты и предметные стеклышки. Трудно представить, как вообще могла бы развиваться химия, не будь у нас этого материала, одновременно инертного и прозрачного, который позволяет нам видеть ход реакции, а сам в нее не вступает.

Но, наверное, главное свойство стекла состоит в том, что с его помощью можно управлять и манипулировать светом. Оно не только позволяет сохранять малые фрагменты природы, чтобы изучать их в лаборатории, но и усиливает наше зрение.

Римляне, хорошо умевшие делать стекло, заметили, что стеклянный шар как будто бы увеличивает расположенные позади него предметы. Но они так и не сделали следующего концептуального шага и не перешли к вытачиванию из слитков стекла выпуклых блинов — линз. Линза использует закон преломления: луч света, проходя из одной прозрачной среды в другую, преломляется. Это видно, если сунуть в пруд прямую палку: она как будто ломается под водой. Иллюзия объясняется тем, что лучи света у поверхности пруда, на границе воздуха и воды, преломляются. Стекло, обточенное особым образом, в виде шайбы с выгнутыми (параболическими) поверхностями, позволяет преломлять проходящие сквозь него лучи определенным образом. Луч, идущий ближе к внешнему краю линзы, перенаправляется прямо в ее центр, потому что падает на поверхность стекла под широким углом; луч, проходящий ближе к центру, искривляется на меньший угол, а лучи, бьющие прямо в центр линзы, падают перпендикулярно поверхности и потому не преломляются. Все траектории проходят через одну точку — фокус. В этом секрет увеличительного стекла.

Первым оптическим прибором были очки, изобретенные около 1285 г. в Италии. У них были выпуклые линзы, корректирующие дальновзоркость, которая с годами развивается у многих людей, когда глаза с трудом фокусируются на предметах, отстоящих недалеко от наблюдателя. Коррекция близорукости требует вогнутых линз, а точно обточить стекло «в обратную сторону» — чтобы две поверхности прогибались внутрь, к центру — задача потруднее.

Настоящий переворот произошел, когда люди поняли, что если линза зрительно увеличивает расположенный позади нее предмет, то, подобрав несколько линз в особом сочетании, можно видеть на большие расстояния — в этом принцип устройства телескопа. Этот прибор впервые начали применять моряки, но очень скоро его направили в звездное небо, и началась великая революция в осмыслении космоса и нашего места во Вселенной. Вместе с тем стекло позволяет увеличить мельчайшие предметы, и без микроскопа абсолютно немыслимо изучение микробиологии, создание микробной теории, проникновение в структуру кристаллов и минералов и совершенствование металлургии.

Стекло, одно из первых искусственных веществ, синтезированное человечеством более 5500 лет назад, позволило нам исследовать природу и создавать новые технологии: от

первых очков для чтения до космического телескопа «Хаббл». Из шести инструментов, без которых была бы немыслима научная революция XVII в. и которые очень пригодятся для возрождения цивилизации в постапокалиптическом мире, — маятниковых часов, термометра, барометра, телескопа, микроскопа и вакуумного колпака с насосом, — пять (кроме маятниковых часов) построены на уникальном сочетании свойств, присущих стеклу.

Поразительно, что и телескоп, распахнувший человеческому зрению глубины космоса, и микроскоп, в который видно строение материи, — это, по сути, обточенные куски стекла. Стекло в самом буквальном смысле изменило наш взгляд на мир. Без него немыслимо успешное возрождение цивилизации: это и строительный материал, и важнейшая опорная технология научного поиска. Термометр, барометр и микроскоп необходимы еще и для оценки состояния человеческого организма — и теперь пришло время поговорить о медицине.

## Глава 7

# Медицина

Город был пуст. Среди его руин не сохранилось следа обитавшего здесь народа, с его традициями, передававшимися от отца к сыну, из поколения в поколение... Вот остатки развитой, блестящей и самобытной культуры, прошедшей все ступени взлета и падения народов: достигшей своего золотого века и погибшей... В романтике мировой истории ничто не впечатляет меня сильнее, чем зрелище этого когда-то великого и чудесного города, повергнутого, опустевшего, исчезнувшего... на мили вокруг заросшего лесом и даже лишенного имени, по которому его можно отличить.

*Джон Ллойд Стефенс, ученый, обнаруживший руины цивилизации майя*

Гибель технической цивилизации будет сопровождаться практически полным исчезновением существующей сегодня медицины. Для обитателей развитых стран, где в любую минуту можно вызвать скорую, исчезновение медицинской помощи и связанная с этим утрата душевного покоя будут жестоким стрессом. Любая травма или рана может стать смертельной. Споткнувшись о кирпич в развалинах города, можно упасть и получить сложный перелом ноги, который без надлежащей медицинской помощи повлечет летальный исход. Даже вроде бы безобидные повреждения могут таить в себе смертельную опасность: например, в ранку на пальце попадет инфекция, и начнется заражение крови. Поэтому в первое время после катастрофы, вероятно, продолжится заметная убыль населения, просто потому, что смертность от травм и болезней превысит рождаемость. Без антибиотиков, хирургии или средств, замедляющих старение, постапокалиптическому человечеству следует быть готовым к тому, что средняя продолжительность жизни резко пойдет вниз с 75–80 лет, обычных ныне для развитых стран. Даже если катастрофу переживут многие медсестры и врачи, в том числе хирурги, их специальные знания и навыки скоро станут бесполезными при отсутствии диагностической аппаратуры, лабораторных анализов и современной фармакопеи. А что, если потом и сами эти высокоспециализированные знания исчезнут? Как поскорее наверстать копившиеся столетиями ноу-хау?

Как и в случае с почти любой из затронутых в этой книге областей знания, мы не сможем сколько-нибудь полно описать даже самый крошечный участок медицины: сложные системы органов, ткани и молекулярные механизмы, обслуживающие здоровый человеческий организм; то, как на них влияют заболевания и травмы; море лекарственных препаратов, употребляемых сегодня, и технологии их получения; бесчисленные сложнейшие хирургические процедуры. Но я надеюсь изложить самые основы основ, которые дадут уцелевшим какой-то шанс в самые первые дни и определят

инструменты и техники, необходимые для скорейшего изобретения с нуля всей остальной медицины.

Сейчас большинство обитателей развитых стран умирает в преклонном возрасте от обветшания организма и хронических болезней вроде сердечно-сосудистых или онкологических, но, как это было в истории и поныне наблюдается в развивающихся странах, в постапокалиптическом мире бичом человечества станут эпидемии.

Многие заразные болезни порождены самой цивилизацией. Например, одомашнивание животных и жизнь человека в тесном соседстве с ними позволили многим инфекциям перешагнуть межвидовой барьер и проникнуть в человеческий организм. От крупного рогатого скота мы заразились туберкулезом и оспой, от лошадей — риновирусом (обычная простуда), корь пришла от собак и коров, а свиньи и домашняя птица поныне заражают нас все новыми формами гриппа. Кроме того, распространению болезней весьма способствуют города, тесное соседство тысяч людей облегчает распространение болезней, передающихся через физический контакт или воздушно-капельным путем, а при плохой санитарии и нищете люди болеют от заразной воды. До относительно недавних пор уровень смертности в городах был так высок, что численность населения поддерживал только постоянный приток мигрантов из деревни. Однако при всех рисках жить вместе выгодно: это способствует развитию торговли и быстрому распространению гораздо более ценного товара — идей. С ростом населения в постапокалиптическом мире урбанизация снова заложит основу для сотрудничества и обмена идеями между людьми разных профессий и умений и существенно ускорит перезагрузку высоких технологий.

Давайте сначала посмотрим, как поддержать здоровье сохранившейся человеческой популяции и защитить ее от эпидемий, как обеспечить безопасное деторождение для скорейшего восстановления положительного естественного прироста населения.

## Заразные болезни

Будет обидно, если вам сначала повезет пережить конец света, а через несколько месяцев вас унесет какая-нибудь легкопредотвратимая инфекция. В мире без антибиотиков и противовирусных средств нужно изо всех сил избегать заразы. Заражение происходит, когда болезнетворные микробы преодолевают защитные силы организма, и понимание основ санитарии и гигиены сделает больше, чем любое другое знание, для спасения человеческих жизней в первые месяцы после апокалипсиса.

Сегодня мы хорошо понимаем природу холеры. Холерный вибрион быстро размножается в питательной среде тонкого кишечника и воздействует на стенки кишок молекулярным токсином направленного действия, который вызывает диарею, помогая вибриону искать новых хозяев. Подобный механизм свойственен многим кишечным инфекциям, которые распространяются, по прелестному врачебному определению, фекально-оральным путем. Простая профилактическая мера состоит в том, чтобы прервать цикл вибриона.

На уровне индивида самое эффективное и единственно эффективное, что можно предпринять для защиты от потенциально смертельных недугов и паразитов, — это почаще мыть руки (с мылом, рецепт которого мы обсудили в главе 5). Это не ритуал и не пережиток погибшей цивилизации, и не манеры предписывают нам содержать руки в чистоте: это базовый навык выживания, домашнее здравоохранение. Вместе с этим необходимо следить за тем, чтобы экскременты не попадали в питьевую воду. Этот главный оплот современной общественной санитарии и следование самым общим принципам микробной теории (многие болезни вызываются микроорганизмами и передаются от человека к человеку) помогут постапокалиптическому обществу остаться не в пример здоровее, чем было наше вплоть до 1850-х гг.

Утешительная новость для подхватившего кишечную инфекцию: чаще всего эти недуги вполне излечимы. Даже такая некогда опустошительная болезнь, как холера, по сути не смертельна: заболевший умирает от стремительного обезвоживания, потому что

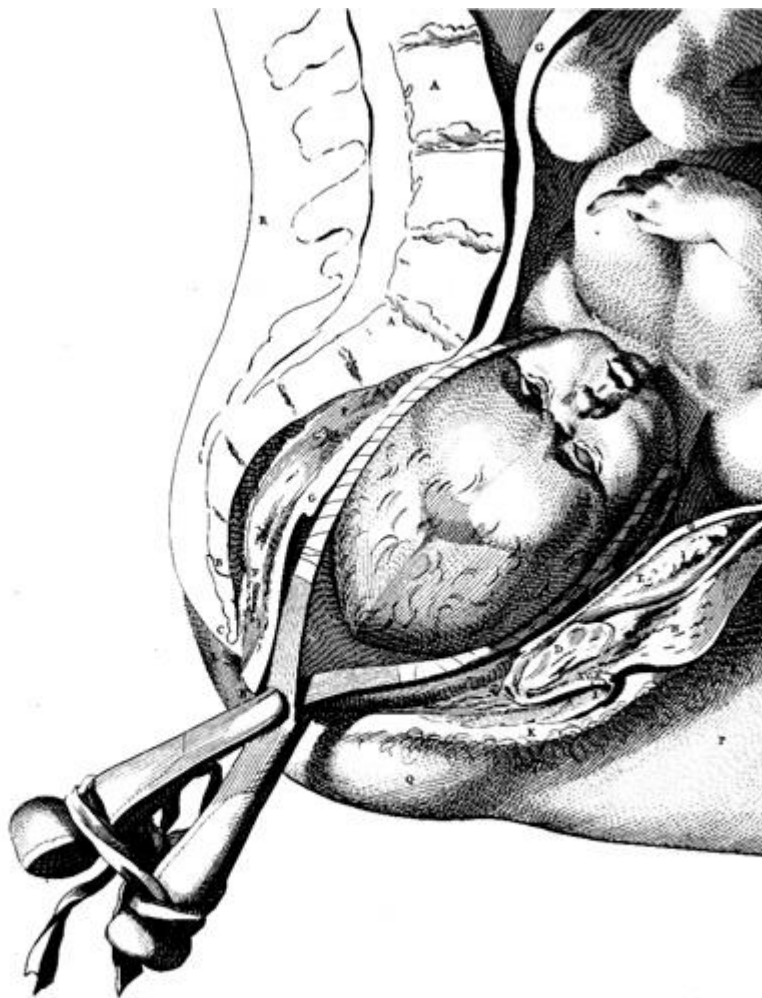
непрерывная диарея вымывает из человека в день до 20 л жидкости. Лечение удивительно простое, хотя до 1970-х гг. не находило широкого распространения. Пероральная регидратация — это терапия, состоящая в приеме литра воды с растворенной в ней столовой ложкой соли и тремя ложками сахара, — возмещение потерянной организмом жидкости с правильным балансом растворенных в ней веществ. Чтобы не умереть от холеры, пациенту нужны не сложные медикаменты, а всего лишь заботливый уход.

## Деторождение и неонатология

Без нынешнего медицинского попечения деторождение вновь станет рискованным для матери и плода. В наши дни серьезные осложнения родов часто разрешаются путем кесарева сечения: чтобы извлечь ребенка, хирург разрезает стенку брюшной полости и матку. Сегодня это рутинная операция, и роженицы, бывает, просят о ней, даже если нет медицинских показаний, но в минувшие века к этому способу прибегали лишь в самом крайнем случае, чтобы спасти ребенка, когда мать уже умерла или безнадежна. Первый известный случай кесарева сечения, когда роженица выжила, относится уже к 1790-м гг., а в 1860-х гг. число летальных исходов превышало 80%. Да и сегодня кесарево сечение — сложная и травматичная операция, и вряд ли в постапокалиптическом мире оно будет безопасной альтернативой естественным родам.

Нехирургический способ облегчить трудные роды изобретен в начале 1600-х гг. Акушерские щипцы значительно улучшили родовспоможение: они дают возможность акушерке или врачу проникнуть в родовой канал и прочно, но бережно захватить голову младенца и осторожно вытянуть его [28]. Важным усовершенствованием стало появление конструкции с разъемными половинками, которые можно было накладывать независимо, а потом появились щипцы с рычагами, повторяющими анатомические формы таза роженицы (чтобы работа щипцов усиливалась мышечными сокращениями), и ложками, удобно обхватывающими головку младенца.





### **Акушерские щипцы**

Недоношенные и маловесные дети обычно погибают, если их не помещают в теплый медицинский инкубатор, где они остаются, пока не обретут способность регулировать температуру тела. Современные инкубаторы — сложные и дорогие аппараты и, как многие другие медицинские приборы, когда их дарят больницам развивающихся стран, часто выходят из строя из-за скачков напряжения, отсутствия запасных частей или квалифицированных технических специалистов, умеющих их обслуживать. Есть данные, что в некоторых клиниках до 95% пожертвованного им медицинского оборудования выходит из строя в первые пять лет. Компания Design that Matters пытается улучшить ситуацию, и ее оригинальное решение представляет собой отличный пример технологий того типа, что должны появляться в постапокалиптическом мире. Предложенная компанией конструкция инкубатора состоит из обычных автомобильных запчастей: фары используются как нагревательный элемент, турбина нагнетает очищенный воздух, дверной звонок служит тревожным сигналом, а мотоциклетный аккумулятор обеспечивает электропитание при отключении сети и во время транспортировки. Все эти предметы будут у вас под руками после светопреставления, и отремонтировать их вполне сможет любой механик.

## **Диагностика и анализы**

Важнейшее умение врача — ставить диагноз, то есть определять заболевание или состояние, от которого страдает пациент, и назначать подходящее лечение или хирургическое вмешательство. Врач просит пациента подробно описать, как и на фоне чего появились симптомы болезни. Затем, соединив эти сведения с данными физического осмотра, делает предположения о причинах состояния больного и

назначает дальнейшее исследование: анализ крови, гистологический анализ тканей или лучевую диагностику, например рентген или компьютерную томографию. Результаты этих анализов помогают поставить диагноз.

После апокалипсиса человечество не просто останется без сложных лабораторий и диагностической аппаратуры: само медицинское знание по большей части погибнет. Терапия и хирургия в большей степени, чем любая из упомянутых в этой книге областей знания, опирается на неявное «молчаливое знание», которое приобретаетс с опытом, но чрезвычайно трудно передается через тексты и рисунки. В Великобритании, чтобы получить квалификацию врача-специалиста, нужно десять лет обучаться в университете и клинике, и обучение включает в себя постоянные практические демонстрации и руководство профессионалов. Если гибель цивилизации прервет этот цикл передачи знания, то по одним лишь учебникам освоить необходимые практические навыки и получить компетенцию диагноста будет невозможно. Но давайте обратимся к самым основам терапии и хирургии: если исчезнет все специальное знание и вся аппаратура, как можно возродить умения и навыки первостепенной важности?

Грамотный диагноз опирается на широкий круг исследований, но до начала XIX в. у врачей не было ни одного специального инструмента, который позволял бы оценить внутреннее состояние организма. Приходилось ориентироваться на зримые внешние признаки, прощупывать пальцами увеличенные органы и образования, простукивать брюшную полость и грудную клетку, вслушиваясь, как звучит внутри организма газ или жидкость (метод простукивания изобрел врач, чей отец был трактирщиком и таким способом определял уровень вина в бочонке).

Инструмент, преобразивший медицинскую диагностику, удивительно прост. Стетоскоп — это всего лишь деревянная трубка, одним концом прикладываемая к уху врача, другим — к телу пациента, а может быть, даже и свернутая в трубку тетрадь — именно так в 1816 г. этот метод и изобрели. Рене Лаэннеку было неловко прикасаться ухом и щекой к груди одной особенно пышнотелой пациентки, поэтому он прибег к такому импровизированному приспособлению и убедился, что бумажный цилиндр отлично доносит звук сердцебиения и даже усиливает его. Стетоскоп помогает услышать внутренние звуки тела — от нарушений сердечного пульса до одышки и хрипов, указывающих на болезни легких, и слабого биения сердца эмбриона в чреве беременной.

К концу XIX в. в стандартное содержимое докторского саквояжа кроме стетоскопа входил компактный термометр для определения температуры тела и надувные манжеты, соединенные с измерительной шкалой, — инструмент для измерения кровяного давления. Медицинский термометр может предупредить о лихорадке, признаках острой инфекции, а кривая значений, выведенная на температурном листке по данным регулярных замеров, — даже указать на тот или иной вид заболевания. Но стетоскоп останется вашим главным инструментом для оценки внутреннего состояния человеческого организма, пока постапокалиптическая цивилизация не научится вновь генерировать высокоэнергетическую разновидность световых лучей. Вот как это можно сделать.

В последние десятилетия XIX в. ученые открыли два любопытных излучения. Первое — лучи, испускаемые отрицательным электродом, когда между двумя металлическими пластинами пропускается ток высокого напряжения. Их называли «катодными лучами»; сегодня мы знаем, что это поток электронов: кванты электрического тока в проводнике выбрасываются вовне вихревым электрическим полем, созданным разностью потенциалов. Летящие электроны легко поглощаются даже такой тонкой материей, как воздух, и потому катодные лучи могут проходить какое-то расстояние лишь в сосуде, откуда откачаны все газы. Поэтому катодные лучи ученые заметили не раньше, чем создали вакуумный насос, способный откачать практически весь воздух из герметичного стеклянного сосуда.

Небольшое количество газа, сохранявшееся в этих первых вакуумных трубках, под действием быстро движущихся электронов начинало испускать призрачное свечение (этот эффект используется в неоновой рекламе). Немецкий физик Вильгельм Рентген решил устранить это свечение, чтобы исследовать прохождение катодных лучей сквозь стенку вакуумной трубки, и для этого экранировал трубку черным картоном. И тогда он заметил, что флуоресцентный экран в другом конце лаборатории стал подсвечиваться зеленоватым светом. Для катодных лучей это было слишком далеко, и Рентген назвал таинственное невидимое излучение за его загадочную природу икс-лучами. Сегодня мы знаем, что эти лучи — ультравысокоэнергетические электромагнитные волны, возникающие, когда в вакуумной трубке ускоренные электроны врезаются в положительный электрод.

К своему изумлению, Рентген обнаружил, что икс-лучи позволяют видеть сквозь твердые предметы, например содержимое запертых сундуков, но самое жуткое — в 1895 г. он просветил руку своей жены и получил снимок костей. Плотные ткани организма, в том числе кость, поглощают рентгеновские лучи успешнее, чем мягкие, и потому снимок показывает, по сути дела, тени костей, освещенных высокоэнергетическим светом, насквозь пронизывающим тело. Рентгеновское излучение опасно, оно может вызывать мутации и злокачественные опухоли, поэтому для получения снимка на фотопленке пациента облучают кратковременной вспышкой, а врач укрывается за свинцовым экраном. При всех этих рисках способность радиографии заглянуть в живой организм, исследовать внутренние органы, оценить повреждения костей или обнаружить опухоли обеспечивает гораздо более широкие возможности для диагностики, чем первый диагностический инструмент — стетоскоп.

Научиться путем внешнего исследования получать данные о внутреннем состоянии организма — лишь часть проблемы, которую вам придется решать после апокалипсиса. Обследование пациента должно опираться на глубокое знание того, как устроен человеческий организм: нужно в буквальном смысле знать себя изнутри. И если развернутое знание обо всех тонкостях нашего внутреннего строения исчезнет, как восстановить его с нуля и научиться понимать, где норма, а где патология?

Внутреннее строение животных знакомо человеку по разделке туш, но наш организм имеет ряд важных структурных отличий, и потому необходимо будет заново познакомиться с анатомией посредством вскрытий и препарирования тел. Без вскрытия и исследования тел невозможно возрождение патологии — науки о причинах болезней. Анатомирование показывает, как внешние признаки и симптомы болезни, выявленные у живого пациента, связаны с внутренними анатомическими повреждениями или расстройствами, которые можно оценить только посмертно. Знание, что та или иная болезнь вызывается расстройством некоторого органа, а не всего организма в целом — как утверждала, например, бытовавшая до Нового времени концепция баланса четырех жидкостей: крови, слизи, черной и желтой желчи, — необходимо, чтобы устранять первопричину болезни, а не просто пытаться лечить симптомы.

Когда причина болезни установлена, следующим шагом становится назначение терапии или проведение хирургических процедур.

## Лекарства

Верный диагноз поможет только в том случае, если у вас есть набор проверенных фармацевтических препаратов, которые лечат выявленную болезнь. Большую часть человеческой истории с этим было трудно, и до XX в. аптечные рецепты были в общем-то бесполезны: представьте, какая это драма — понимать, что за недуг убивает пациента, но не иметь возможности остановить болезнь.

Многие современные лекарства и рецепты имеют растительное происхождение, а традиции траволечения и сопутствующий фольклор стары, как сама человеческая цивилизация. Почти 2500 лет назад Гиппократ, известный по клятве, содержащей

этический кодекс врача, советовал для притупления боли жевать ивовую кору, а древнекитайские травники давали ее при лихорадке. Эфирное масло, экстрагируемое из лаванды, обладает антисептическим и противовоспалительным действием и потому применяется как наружный бальзам от порезов и синяков, масло же чайного дерева традиционно используется как антисептик и противогрибковое средство. Дигиталин, получаемый из наперстянки, замедляет сердцебиение при учащении и сбоях сердечного ритма, а кора хинного дерева содержит антималярийный агент хинин, которому обязан характерным горьким привкусом тоник (а британские колонизаторы — привычкой разбавлять тоником джин).

Остановимся ненадолго на одном классе лекарств — анальгетиках, иначе болеутоляющих. Это паллиативные средства, они лечат симптомы, а не причину, и они же самые востребованные лекарства в мире, их принимают и от головной боли, и от серьезных повреждений. Обезболивание — необходимая предпосылка возрождения хирургии. Незначительное облегчение боли достигается жеванием ивовой коры, а местное обезболивание, применимое при лечении небольших ран и несложных хирургических процедурах, таких как, например, вскрытие гнойников, дает перец чили. Молекула капсаицина, которая создает ощущение сильного жжения во рту, считается антистимулятором, и, так же как содержащийся в зелени мяты ментол, вызывающий, наоборот, ощущение заморозки, капсаицин можно втереть в кожу, чтобы заглушить болевые сигналы (капсаицин и ментол применяются в расслабляющих согревающих пластырях и мазях типа тигрового бальзама).

С домашними отварами и микстурами, впрочем, мы рискуем, если нет возможности точного химического анализа, ошибиться с концентрацией активного ингредиента, передозировка которого может быть опасной (особенно если препарат влияет на работу сердца, как, например, дигиталин). Диапазон дозировки бывает довольно узок: нужно опытным путем найти, сколько лекарства давать, чтобы был эффект и при этом чрезмерная доза не убила пациента.

Для большинства серьезных и в конечном счете смертельных заболеваний — от заражения крови до рака — эффективное лечение только растительными смесями невозможно. Главная технологическая предпосылка, с которой после Второй мировой началась небывалая революция в медицине, состояла в том, что прогресс органической химии позволил изолировать и комбинировать фармакологически активные вещества. В наше время лекарственные препараты выпускаются в точно известной концентрации, и они либо искусственно синтезируются, либо это растительные экстракты, преобразованные методами органической химии для усиления действия или для купирования побочных эффектов. Например, относительно простая химическая модификация, которой подвергся активный компонент ивовой коры, салициловая кислота, сохранила в нем свойства жаропонижающего и болеутоляющего, но уменьшила побочный эффект раздражения желудка. Результатом этой модификации стал аспирин — самое популярное аптечное лекарство в истории человечества.

Главная практика научно-доказательной медицины, которую нужно будет возродить в постапокалиптическом мире, — это точное тестирование, показывающее, действительны то или иное лекарство либо метод лечения — или их нужно выбросить, как змеиное масло, снадобья знахарей и гомеопатические тинктуры [29]. В идеале клиническое испытание, объективно показывающее эффективность препарата, требует немалого числа пациентов, которые делятся на две группы: одна принимает тестируемое лекарство, другая — контрольная, образующая фон для сравнения — получает плацебо или лучший из уже имеющихся аналогов нового лекарства. Два кита успешного клинического тестирования — случайное распределение участников по группам во избежание влияний и «двойная анонимность»: ни пациенты, ни специалисты, проводящие тест, до самого анализа результатов не знают, кто в какой группе. На пути к восстановлению медицинского знания никак не обойтись без кропотливой и методичной работы,

которая, ко всему прочему, может потребовать неоднозначных решений, например испытаний на животных ради облегчения страдания людей.

## Хирургия

Для некоторых болезненных состояний лучшим лечением является хирургия — физическое исправление или удаление расстроившегося либо отказавшего узла телесной машинерии. Но прежде чем думать о хирургическом вмешательстве (таком, чтобы пациент имел хорошие шансы на выживание) — когда врач намеренно разрезает человеческое тело, забирается внутрь и возится с органами, как автомеханик под капотом машины, — постапокалиптическому человечеству нужно будет обеспечить несколько условий. Речь пойдет о «трех А»: анатомии, асептике и анестезии.

Мы уже говорили, что без знания анатомии больной орган трудно отличить от здорового. Не имея в голове точной и подробной карты человеческого организма, постапокалиптические хирурги будут в буквальном смысле блуждать в потемках. Необходимо иметь полную схему внутреннего устройства человека, знать здоровый облик и строение каждого органа; нужно понимать их назначение и хорошо представлять, где пролегают главные кровеносные сосуды и нервы, чтобы нечаянно не повредить их.

Антисептика требует исключить попадание микробов в организм больного во время операции, а не пытаться очистить рану потом обеззараживающими средствами типа раствора йода или спирта (антисептики — единственное спасение, если поранился нечаянно и в рану попала грязь). Для сохранения стерильности операционную тщательно моют и фильтруют подаваемый туда воздух. Место разреза обрабатывают 70-процентным раствором спирта, а тело больного прикрывают стерильными салфетками. Хирурги должны надевать чистые халаты и маски, тщательно мыть кисти рук и предплечья и работать стерилизованными инструментами.

Третий столп хирургии — анестезия. Анестетики — это препараты, которые не лечат болезнь, но делают кое-что не менее важное: временно отключают всякую чувствительность к боли или даже все сознание полностью. Без анестезии хирургические операции невыносимо травматичны и проводятся только в самом крайнем случае. Хирургу приходится спешить и резать напряженные и сведенные судорогой мышцы, пока пациент корчится от дикой боли, так что без анестезии можно делать только простые операции: удаление почечного камня или экстренную ампутацию гангренозной конечности мясницкой пилой. С бесчувственным же пациентом хирург может работать аккуратно и не спеша, он отваживается проникать в грудную клетку и брюшную полость, а также проводить диагностические операции, чтобы увидеть скрытую причину недуга.

Первым из газов, обладающих обезболивающими свойствами, оказалась закись азота, или веселящий газ: при вдыхании ее в больших дозах душевный подъем у пациента может смениться настоящей потерей сознания, во время которой можно проводить хирургические операции и лечить зубы. Закись азота получают, нагревая нитрат аммония; однако будьте осторожны, поскольку это соединение неустойчиво и при нагреве выше 240 °C взрывается. Полученный обезболивающий газ остужают и очищают от примесей, пропуская сквозь воду. Нитрат аммония, в свою очередь, можно получить, соединяя аммиак с азотной кислотой. Чистая закись азота притупляет болевые ощущения, но это не слишком сильный наркоз. Однако, если ее давать в сочетании с другими анестетиками, такими как диэтиловый эфир (для краткости часто называемый эфиром), она усиливает их действие, повышает эффективность. Эфир можно получить, смешав этанол с сильной кислотой, например серной: из реакционной смеси его выделяют дистилляцией. Эфир — надежный ингаляционный наркоз, он медленно действует и вызывает тошноту, но безвреден для здоровья (хотя как газ взрывоопасен). Преимущество эфира в том, что он не только погружает в

бессознательное состояние, но и расслабляет мускулатуру оперируемого, а также облегчает боль.

## Микробиология

Но что, если через несколько поколений после апокалипсиса общество настолько деградирует, что утратит такое основополагающее знание, как микробная теория, и эпидемии снова будут объяснять плохим воздухом (*mala aria*) или гневом богов? Как человечеству заново открыть существование невообразимо малых существ, невидимых глазу, которые вызывают порчу продовольствия, нагноение ран, разложение трупов и инфекционные болезни?

Строго говоря, бактерии и других одноклеточных паразитов можно разглядеть с помощью восхитительно простого снаряда. Примитивный микроскоп до смешного несложно собрать из ничего. Начать нужно с куска-другого хорошего чистого стекла. Нагрев стекло, его растягивают в тонкую нить, а затем кончик нити помещают в горячее пламя, чтобы он расплавился и стекло стало капать. Капли остывают в падении, и, если повезет, вы получите несколько крошечных стеклянных шариков правильной сферической формы. Возьмите узкую полоску металла или картона, сделайте в середине отверстие для вашей сферической линзы и через нее рассматривайте объект. Этот простой микроскоп работает, потому что у миниатюрного стеклянного шарика сильная сферическая кривизна и он оказывает значительное фокусирующее действие на проходящие сквозь него световые волны. Одновременно это означает, что фокусное расстояние совсем невелико, так что и линза, и глаз наблюдателя должны располагаться почти вплотную к наблюдаемому объекту[30].

Усилив зрение специальными инструментами, вы поймете, что существует целый космос невидимых мелких организмов — удивительное разнообразие новой дикой фауны, которую постапокалиптическим натуралистам предстоит классифицировать и распределить по родам и семействам. Со всей строгостью научного доказательства вы не только продемонстрируете присутствие микроорганизмов в инфицированных ранах или скисшем молоке, но и установите, что продукты не портятся, если микробов нет. Если запечатать крепкий бульон или неспособное долго храниться мясо в герметичный сосуд и нагреть его, чтобы уничтожить уже имеющиеся микробы, разложение прекратится: вещества не портятся сами по себе. Применив сочетание нескольких линз, как в телескопе, можно усилить мощность микроскопа, а со временем вы научитесь связывать присутствие тех или иных организмов с определенными инфекционными заболеваниями[31].

Микроорганизмы можно даже выращивать для изучения: разводить колонии в склянках с питательным бульоном или на поверхности твердого нутриента. Чашки Петри отливаются из стекла, наполняются агар-агаром и закрываются крышкой, чтобы избежать заражения. Агар-агар — это желеобразующее вещество, экстрагируемое из вареных красных водорослей или морской капусты (и обычное в азиатской кухне). Оно похоже на желатин, вывариваемый из костей рогатого скота, но большинством микроорганизмов не усваивается.

В предыдущих главах мы увидели, что элементарная микробиология нужна для оптимизации процессов типа выпекания квасного хлеба, приготовления пива, консервирования еды и производства ацетона. Но для облегчения человеческого удела в постапокалиптическом мире, пожалуй, важнее всего, что знание микробиологии позволяет разрабатывать более направленные методы уничтожения бактерий и лечения инфекций, к тому же не в пример более мягкие, чем применение токсичных химических антисептиков.

В 1928 г. Александр Флеминг работал с культурами бактерий, взятых из выделений больных: носовой слизи, кожных нарывов и пр. Вернувшись в лабораторию после отпуска, он принялся наводить порядок и мыть старые чашки Петри. Взяв из груды,

сваленной в раковине, склянку, еще не обработанную дезинфектантом, Флеминг обнаружил в ней пятнышко плесени, окруженное кольцом, свободным от бактерий. Это выглядело так, будто плесень, позже идентифицированная как грибок рода *Penicillium*, выделяла вещество, препятствующее росту бактерий. Пенициллин, секретируемый плесенью агент, и многочисленные другие антибиотики, открытые или синтезированные с тех пор, чрезвычайно эффективно лечат микробные инфекции и каждый год спасают миллионы жизней.

«В научном обиходе самая волнующая фраза, предвещающая новые открытия, — писал фантаст Айзек Азимов, — не "Эврика!" ("Я нашел!"), а "Хм... занятно"». Это определенно верно и в истории с нечаянной находкой Флеминга, и со многими другими случайными открытиями. Главное — увидеть, что они сулят. Микробиологи еще за 50 лет до Флеминга замечали, что *Penicillium* останавливает размножение бактерий, но никто не сделал принципиального перехода от этого наблюдения к оценке его возможного применения в медицине.

Однако задним числом, уже зная о существовании этих явлений, может ли возрождающееся человечество повторить серию экспериментов, направленную на поиск наиболее эффективных плесеней, и таким образом ускорить возвращение антибиотиков? Микробиология начинается с предельно простых вещей. Плесните в чашку Петри мясного бульона, сгустив его вываренным из водорослей агар-агаром, получите питательную основу и размажьте по ней колонию стафилококка, добытую из собственного носа. В разные чашки с бактериальной культурой добавьте столько видов плесени, сколько найдете, — из кондиционерных фильтров, из земли, с гнилых фруктов и овощей. Через неделю-другую проверяйте, какие плесени (а вернее, новые бактериальные колонии, ведь многие антибиотики выделяются бактериями в процессе эволюционной гонки вооружений против других бактерий) замедлили рост культуры вокруг себя. Соберите их, изолируйте и попробуйте размножить в жидком бульоне, чтобы получить секретируемый ими антибиотик. Таким способом ученые обнаружили множество веществ-антибиотиков, выделяемых грибами и бактериями, однако грибок *Penicillium* настолько обычен в окружении человека, что, вероятнее всего, именно его первым откроют заново после апокалипсиса. Этот грибок — один из главных виновников порчи съестного; строго говоря, основная масса пенициллиновых антибиотиков, выпускаемых сегодня во всем мире, происходит от одного штамма, взятого с гнилой дыни-канталупы на илинойском рынке.

Между тем даже в полевой постапокалиптической терапии нельзя просто впрыснуть больному насыщенный антибиотиком «сок плесени», потому что содержащиеся в нем примеси вызовут у пациента анафилактический шок. Химическая технология очистки пенициллина, разработанная в конце 1930-х гг. группой Говарда Флори, основана на том, что молекулы антибиотика лучше растворяются в органических растворителях, чем в воде. Процедите культуру, чтобы удалить частички плесени и детрит, добавьте в отфильтрованную жидкость немного кислоты, а затем смешайте ее с эфиром (ранее в этой главе мы разбирали, как получить этот неустойчивый раствор) и взболтайте. Большая часть пенициллина перейдет из питательной жидкости в эфир. Дайте смеси отстояться, чтобы пенициллин оказался наверху. Слейте нижнюю водянистую фракцию, а затем взболтайте эфир с небольшим количеством щелочной воды, чтобы переместить вещество-антибиотик обратно в водный раствор, на сей раз свободный от мусора, насыщавшего питательную жидкость.

Для получения средней дневной дозы пенициллина для одного пациента приходится переработать до 2000 л плесневого секрета, так что производство антибиотиков в постапокалиптическом мире потребует высокого уровня координации усилий. Группа Флори к концу 1941 г. довела продукцию пенициллина до объема достаточного для клинических испытаний, но военное время и нехватка оборудования заставляли ученых обходиться подручными средствами. Культуру плесени выращивали в расставленных на стеллаже больничных утках, а установку для экстрагирования собрали, используя



старую ванну, мусорные урны, молочные бидоны, где-то подобранные медные трубки и дверные звонки, и все это было смонтировано на станине, сделанной из старого дубового книжного шкафа, выброшенного университетской библиотекой. Быть может, это вдохновит вас на сбор утиля и использование подручных средств: без этого в постапокалиптическом мире не обойтись.

Одним словом, хотя открытие пенициллина изображают как случайное и легкое, наблюдение Флеминга было лишь первым шагом на долгом пути изучения, опытов, разработки и оптимизации, приведшем к получению из «плесенного сока» чистого пенициллина, пригодного для создания надежного и безопасного лекарства. После этого США предоставили мощности для ферментации в промышленных масштабах, чтобы обеспечить широкое применение препарата. Точно так же и постапокалиптическое человечество, даже понимая научную основу процесса, должно будет сначала достичь определенного уровня развития и лишь потом сможет производить столько антибиотиков, чтобы это сказалось на демографии.

## Глава 8

# Энергия

Белый сполох на юго-востоке превратился в багровый шар. Все понимали, что это. Орландо. Или авиабаза Маккой, или то и другое вместе. Электростанция, питающая округ Тимукуан. Свет тут же погас, и цивилизация в Форт-Репууз откатилась на сто лет назад. Так завершился Тот День.

Пэт Фрэнк. *Горе тебе, Вавилон* (Alas, Babylon)

Поворошив старые счета за газ и электричество в своей квартире на севере Лондона, я подсчитал, что за прошлый год мое потребление энергии составило чуть меньше 14 000 квт·ч. Если бы у нас не было ископаемых углеводородов и всю эту энергию нужно было обеспечить за счет срубаемого леса, мне пришлось бы каждый год сжигать почти 3 т сухих дров (или 1,7 т более энергоносного древесного угля), что требует более 0,4 га леса с коротким оборотом рубки. Это при условии, что все 100% энергии, сокрытой в древесине, мы конвертируем в электричество, текущее по моим проводам. На самом же деле многоступенчатый процесс сжигания топлива для генерации электричества по своей природе малопроизводителен, и даже современные электростанции могут перевести в электричество лишь 30–50% энергии, содержащейся в топливе.

И, конечно же, здесь мы считаем только энергию, которую я потребляю непосредственно в стенах дома: на обогрев, освещение и работу бытовых устройств.

Я не учел затраты, которыми обеспечивается моя доля в потреблении благ индустриальной цивилизации: энергию, затрачиваемую на строительство зданий и дорог, на промышленные процессы, необходимые для производства писчей бумаги и стирального порошка, на производство и транспортировку моей одежды или дивана, на изготовление удобрений и обработку земли, дающей мне пищу, а еще на топливо, расходуемое поездом метро, везущим меня на работу. Если разделить общенациональное энергопотребление на численность населения страны, мы увидим, что каждый житель Соединенных Штатов реально потребляет в год около 90 000 квт·ч, а европеец — чуть более 40 000 квт·ч.

До средневековой механической революции, которая ввела в широкое употребление водяные колеса и ветряные мельницы, и позднейшей промышленной, опиравшейся на использование ископаемого топлива, все усилия, необходимые для сельского хозяйства и ремесла, а также для перемещения, создавались только мускульной силой. Поместим нынешний объем энергопотребления в историческую перспективу: чтобы получить 90

000 квт·ч, каждый американец должен иметь табун из 14 лошадей или бригаду из более чем 100 батраков, работающих без передышки 24 часа в сутки 7 дней в неделю.

С крахом индустриальной цивилизации и гибелью энергосистем возрождающемуся человечеству придется заново учиться удовлетворять потребности в энергии. Развитие цивилизации основано на способности человека распоряжаться все более обширными энергоресурсами и особенно на умении превращать один вид энергии в другой, например обращать тепло в механическое движение.

## Механическая сила

Цивилизация требует не только тепловой энергии, о которой шла речь в главе 5; чтобы шагнуть за пределы возможностей мускульной силы, нужно научиться использовать механическую.

Одним из ключевых изобретений римлян было вертикальное водяное колесо с зубчатой передачей: нижняя часть большого колеса с лопастями погружалась в реку, и колесо силой течения вертелось. В античную эпоху эта сила воды использовалась для вращения жерновов, перемалывающих зерно в муку, а ключевым механизмом, без которого такая технология была бы невозможна, стала ортогональная зубчатая передача (изобретенная около 270 г. до н.э.), трансформирующая направление движения из вращения в вертикальной плоскости, совершаемого колесом, в горизонтальное вращение жернова. Проще всего этого можно добиться применением большого коронного колеса (с зубцами, торчащими перпендикулярно плоской поверхности диска) на валу колеса водяного в сочетании с так называемой цевочной шестерней (барабаном из стержней), соединенной с жерновом. Меняя соотношение размеров коронного колеса и цевочного колеса, можно подобрать нужную скорость вращения для жернова при любой скорости течения реки. Водяные мельницы такой конструкции — первое известное применение шестерен для передачи усилия и, таким образом, являют собой раннее предвестие механизации.

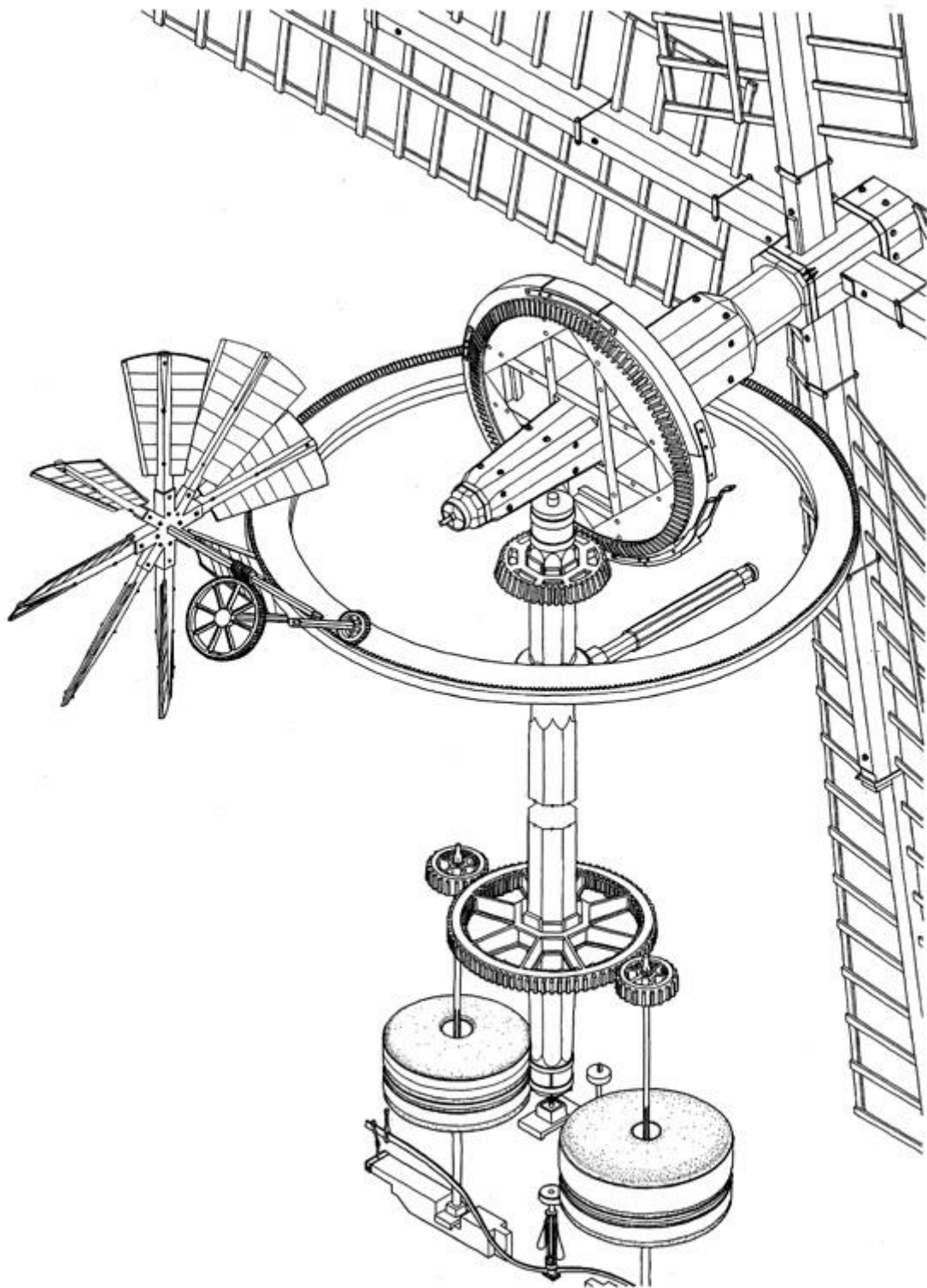
Хотя его можно смонтировать практически на любом речном берегу и даже приспособить к борту мельничного судна, поставленного на якорь на стрежне реки, нижнебойное колесо удручающе непроизводительно и в своей простейшей конструкции перестает работать при изменении уровня реки. К счастью, не требуется особенной технической компетентности, чтобы построить гораздо более эффективное водяное колесо. Верхнебойные колеса, которые вошли в широкий обиход в Темные века — как считается, период застоя и темноты, наступивший в Европе после падения Рима, при всем внешнем сходстве с примитивными нижнебойными используют совершенно иной принцип.

Нижний край верхнебойного колеса не погружают в воду, напротив, поднимают над лотком, а вода поступает на макушку колеса по специальному желобу. У верхнебойного колеса момент силы возникает не от напора течения, а от удара падающей струи. Такая конструкция много производительнее и может утилизировать до двух третей энергии падающего водного потока. Устройте на желобе задвижку-шлюз, чтобы управлять толкающим колесо потоком, и, если реку перегородить дамбой, создав мельничную запруду, вы получите резервуар энергии, расходуемой по мере надобности (до этого приема человечество додумалось лишь к VI в., полтысячелетия спустя после появления первых вертикальных водяных колес. Однако в постапокалиптическом мире можно сразу же перейти к такой технологии).

Оседлать ветер — задача значительно более хитрая, чем запрячь водный поток, и соответствующие технологии возникают в истории человечества значительно позже (хотя суда с парусом, использующие силу ветра как двигатель, восходят к 3000 г. до н.э.). Вода гораздо более плотная среда, чем воздух, и даже слабое течение несет немалую энергию: этот ресурс легко использовать даже с помощью несовершенных машин и малопроизводительных деревянных деталей. Поток воды можно регулировать

посредством шлюза, но управлять силой ветра никто не может, так что, если он станет дуть слишком резко, крылья мельницы или даже ее механизм могут сломаться. Поэтому ветряным мельницам нужен специальный тормоз и система настройки крыльев, по подобию с управлением корабельными парусами. Но при всем этом самая главная трудность — постоянно меняющееся направление ветра, под которое мельницу нужно быстро переориентировать.

Примитивную ветряную мельницу можно водрузить на столб и вручную разворачивать всю конструкцию под ветер, но у крупных и мощных мельниц крылья должны крепиться на верхней башенке, которая автоматически поворачивается за ветром вокруг центрального вала. Механизм для этого применялся простой до гениальности: небольшая крыльчатка, установленная позади главных крыльев и под прямым углом к ним, соединялась зубчатой передачей с зубчатым кольцом, лежащим по верхнему краю башенки: если ветер менялся и попадал на лопасти крыльчатки, она начинала крутиться и поворачивала башню, пока та не оказывалась вновь точно против ветра[32].

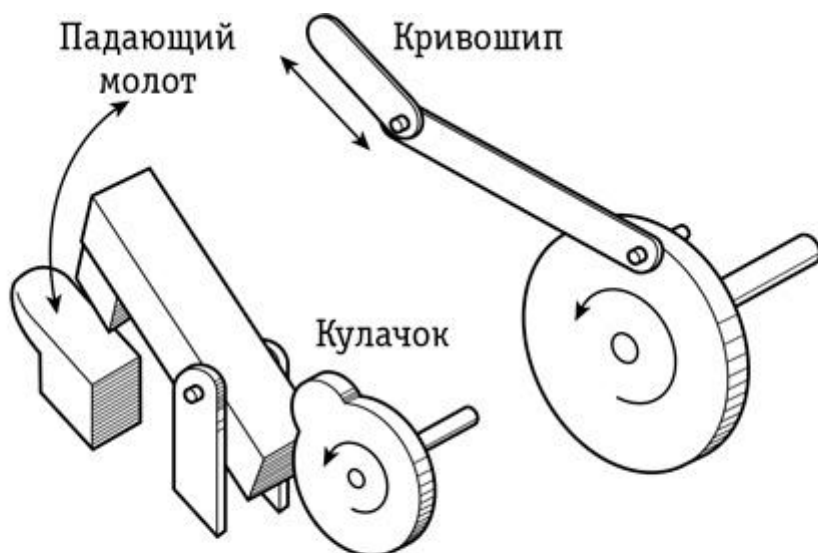


Самоориентирующаяся башенная ветряная мельница. Крыльчатка держит крылья мельницы повернутыми к ветру, центральный вал вращает два комплекта жерновов. Для всего этого требуется гораздо более высокий уровень технической сложности, чем для самой большой водяной мельницы. Но, научившись использовать силу ветра, вы больше не ограничены только водными потоками и можете размещать производство хоть на плоских равнинах (как в Нидерландах), хоть в землях, скудных водой (типа Испании), хоть там, где вода часто оказывается подо льдом (например, в Скандинавии).

Обуздание природной силы воды и ветра в сочетании с все более эффективным использованием тяговых животных (к этой теме мы вернемся в главе 9) оказало глубочайшее воздействие на человеческое общество, и в годы переизобретения

нужно будет как можно скорее дойти до этого уровня. Средневековая Европа стала первой в истории человечества цивилизацией, основавшей производство не на человеческой мускульной силе — труде батраков и рабов, — а на эксплуатации силы стихий. Эта механическая революция, происходившая между XI и XIII столетиями, пошла много дальше мельниц, растиравших зерно в муку. Вращение водяного колеса и ветряка стало универсальным источником энергии для удивительно широкого круга процессов и операций: отжима масла из оливок, льняного семени и рапса, сверления отверстий, полировки стекла, прядения шелка и хлопка, раскатывания стальных полос металлическими катками. Простое механическое устройство, кривошип, преобразовало вращение в возвратно-поступательное движение, используемое в пилораме, шахтной вентиляции и помпе, откачивающей из шахт воду (особенно успешно применявшейся голландцами). Но, пожалуй, шире всего использовался кулачковый механизм, в котором вращение колеса поднимает и отпускает падающий молот: удобное решение для дробления руды,ковки железа, измельчения известняка на известковое удобрение или строительный раствор, взбивания грязной овечьей шерсти (для очистки и прессовки) и толчения закваски для пива, пульпы для бумаги, коры для дубления и листьев вайды для получения синей краски.

Кулачковый механизм использовался для подъема падающего молота на протяжении семи веков, пока промышленная революция не заменила его паровой машиной, но он дожил и до наших дней: под капотом легковушек и грузовиков он в нужном порядке открывает и закрывает клапаны двигателя (см. главу 9).



**Простой механизм: кулачок (справа) преобразует вращение в возвратно-поступательное движение, подходящее для пиления, а кривошип (слева) используется для размеренного подъема и сбрасывания молота**

Таким образом, средневековые водяные и ветряные колеса вкупе с соответствующими механизмами, преобразующими начальное вращение в необходимый вид движений, представляют собой первые автоматы. Средневековые, может, и не являвшееся промышленным, несомненно было трудолюбивым. И если нашу цивилизацию погубит глобальная катастрофа, можно надеяться, что средневековые технологии, возрожденные и примененные, позволят быстро достичь начального уровня производительности труда.

Любая цивилизация должна уметь использовать и тепловую, и механическую энергию. Но как преобразовать одно в другое? Преобразовать механическую энергию в тепло — невелика хитрость: вспомните, как мы в прохладный день трем ладони; а вся функция механических смазок и подшипников состоит в том, чтобы свести к минимуму трение и избежать ухода полезной энергии в нагрев. Вместе с тем весьма полезно было бы умение создать обратный переход. Тепловую энергию можно получить в любом количестве

сжиганием того или иного объема топлива, а возможность конвертировать тепло в механическую энергию позволит не зависеть от изменчивых стихий ветра и воды и, кроме того, даст двигатели для механических средств передвижения. Первым в истории устройством, совершившим такое превращение тепла в полезное движение, стала паровая машина.

Главный принцип паровой машины восходит к старой как мир загадке, хорошо известной еще Галилею в конце XVI в.: почему вакуумный насос не может поднять воду в трубе выше 10 м. Объясняется это тем, что сам воздух оказывает давление, эта сила сжимает все, что есть на поверхности земли, включая столб воды. Но отсюда следует, что и сама атмосфера может делать работу для нас. Нужно только лишь создать вакуум внутри цилиндра с гладкими стенками и свободно движущимся поршнем, и внешний воздух втолкнет поршень. Этот процесс можно использовать в машине для совершения работы. Остается вопрос: как снова и снова создавать в цилиндре вакуум? Ответ: силой пара.

Впустите в цилиндр пар из парового котла, и пусть он там остынет: конденсируясь в воду, он перестанет давить на поршень и уравнивать атмосферное давление. Под действием внешнего воздуха поршень уйдет обратно в цилиндр, совершив нужную вам работу, а цикл можно повторить, открыв клапан и дав поршню вернуться, а затем впрыснув новую порцию пара. Таков общий принцип действия первых «огневых машин» XVIII столетия. Заметно повысить их эффективность можно, добавив отдельный охладитель, чтобы не нужно было постоянно охлаждать и нагревать цилиндр. Если же вы сможете сконструировать особенно прочные цилиндры и котлы — из подручных материалов либо после освоения металлургии, тогда возможностей будет еще больше. Вместо того чтобы полагаться на всасывающий эффект от остывающего в цилиндре пара, увеличьте давление пара и используйте мощь горячего газа — знакомую по шипению эспрессо-машинки, — чтобы сначала двинуть поршень в одну сторону, а затем в другую, обратно.

Главный процесс, осуществляемый паровой машиной (как и любым поршневым тепловым двигателем, например автомобильным мотором, который мы обсудим в главе 9), — возвратно-поступательный ход поршня. Его удобно использовать на откачке воды из шахт, но для большинства других применений это колебание нужно превращать в равномерное вращение. Кулачковый механизм, как в ветряных мельницах, осуществит превращение и нужным образом задаст ход машины или колес транспортного средства.

Вам может показаться, что паровая машина воплощает именно тот переходный этап в развитии техники, который нужно перескочить, перейдя сразу к двигателю внутреннего сгорания и паровой турбине, которые мы подробно разберем ниже. Однако паровая машина в сравнении с более совершенными технологиями обладает двумя важными преимуществами, так что, скорее всего, вам придется задержаться и на этой ступени. Во-первых, она относится к двигателям внешнего сгорания и не нуждается в рафинированном бензине, керосине или соляре: без особых хлопот в топку можно пустить практически любой горючий материал, например отходы лесопилки или компост. Во-вторых, для сборки простой паровой машины понадобятся не такие сложные станки и материалы и гораздо меньшая точность и строгость расчетов, чем для сложных механизмов. К механической энергии мы скоро вернемся, а теперь давайте посмотрим, как можно восстановить одно из важнейших удобств нынешнего мира — электричество.

## Электричество

Электричество или, точнее, весь круг явлений, связанных с электромагнетизмом, — настолько важная и магистральная технология, что в эпоху перезагрузки нужно будет восстановить ее как можно скорее. Открытие электромагнетизма — прекрасный пример того, как абсолютно новая область знания, обнаруженная по случайности, открывает нам широкий круг сопутствующих явлений и полезных возможностей. Эти новые

явления исследуются в аспекте технологического освоения, что в свою очередь прокладывает новые пути для чистого научного поиска.

Впервые электричество в виде непрерывного и стабильного тока было получено в аккумуляторной батарее. Изготовить батарею удивительно просто. Чтобы запустить электрический ток, понадобится всего лишь два куска разного металла, погруженные в электропроводящую жидкость или пасту, так называемый электролит [33]. Каждый металл характеризуется своей «степенью сродства» к частицам, называемым электронами, и, когда два разных металла соединяются, один из них делится своими электронами с другим, более «голодным», вызывая ток в связывающем их проводе. В любых аккумуляторах, будь то мобильный телефон, карманный фонарик или кардиостимулятор, «запакована» химическая реакция, которая происходит, лишь когда контакт замкнут и поток электронов бежит по лабиринту проводов и выполняет предписанную работу. Разница в реактивности между двумя металлами определяет электрический потенциал или напряжение, выдаваемое батареей.

Подходящее напряжение получается, если серебро или медь соединяется с более активными металлами типа железа или цинка. Первая электрическая батарея, вольтов столб, сконструированная в 1800 г., состояла из чередующихся серебряных и цинковых дисков, разделенных картонными прокладками, пропитанными соленой водой. Серебро, медь и железо были известны за тысячи лет до вольтова столба, а цинк, хотя его обогащать труднее, присутствует в античных бронзовых сплавах и в чистом виде был доступен человеку с середины XVIII в. Провода можно изготовить прокатыванием или волочением мягкой меди. Так что, похоже, не было никаких непреодолимых преград для того, чтобы электричество открыли в Античности.

И не исключено, что его тогда и вправду открыли.

В 1930-х гг. в раскопках около Багдада обнаружилось несколько любопытных артефактов. Это были глиняные сосуды, каждый около 12 см высотой, датированные парфянской эпохой (200 г. до н.э. — 200 г. н.э.). Примечательным в этих сосудах было их содержимое. В каждом находился железный стержень, помещенный в трубку из свернутого медного листа, и обнаружались следы присутствия кислотосодержащей жидкости типа уксуса. Металлические детали не соприкасаются, а горлышко сосуда было запечатано природным изолятором битумом. По одной из версий, этот древний реликт представляет собой гальванический элемент, использовавшийся, возможно, для напыления золота на ювелирные украшения, а может быть, у покалывающего электрического тока предполагали лечебные свойства. Реплики, сделанные с «багдадских батарей», спокойно выдавали напряжение около 1,5В, но свидетельства применения гальванических покрытий, прямо сказать, недостаточны, и назначение загадочных сосудов по-прежнему остается под вопросом. Если они все же созданы для получения электричества, что, безусловно, возможно, тогда их создатели опередили Алессандро Вольту более чем на тысячелетие.

Если химическую реакцию, снимающую электроны с отрицательного контакта и переносящую на положительный, можно обратить, получаем вдвойне полезный снаряд — возобновляемую батарею. Простейшая для изготовления заряжаемая с нуля батарея — это свинцово-кислотный аккумулятор, широко применяемый на автомобилях. Электродами служат свинцовые пластины, погруженные в сернокислый электролит. Оба электрода реагируют с кислотой, превращаясь в сульфат свинца, но во время зарядки положительный электрод переходит в оксид свинца (свинцовая ржа), а отрицательный — в металлический свинец, а во время разрядки батареи происходит строго обратное. Каждый такой элемент производит чуть больше 2 В, а шесть штук, соединенные последовательно, дают 12 В на выходе автомобильного аккумулятора [34].

С батареями, однако, есть одна трудность: хотя они служат фантастически удобным переносным источником энергии, от которого работают наши ноутбуки, смартфоны и



другие новейшие устройства, здесь мы просто подключаемся к энергии, уже содержащейся в разнородных металлах (точно так же сжигание дров всего лишь высвобождает энергию углерода, реагирующего с кислородом). Сначала придется истратить немало энергии на получение чистых реактивных металлов или на подзарядку возобновляемой батареи от какого-то источника. Батареи — это хранилище, а не источник.

Свойства электричества, от которых мы так зависим в современном мире, представляют собой совокупность взаимосвязанных явлений, на которые человек наталкивался начиная с 1820-х гг. Положите компас рядом с проводом, по которому течет ток из аккумуляторной батареи, и вы увидите, что стрелка отклонится. Провод создает магнитное поле, которое локально превалирует над магнитным полем Земли, и потому стрелка компаса меняет положение. Эффект можно усилить, туго обвив проводом железный стержень: в этом случае несильные поля от провода, складываясь, превращают железный сердечник в мощный электромагнит, который можно включать и выключать щелчком рубильника и применять для постоянного намагничивания других кусков железа.

Но если электрический ток создает магнитное поле, не верно ли и обратное: может ли магнит вызвать ток в проводнике? И в самом деле — может. Если возле мотка проволоки перемещать магнит или даже включать и выключать электромагнит, в проволоке возникнет ток. Чем быстрее магнитное поле движется мимо провода, тем мощнее ток. То есть электричество и магнетизм — это симметричные неразрывно переплетенные силы: две стороны одной медали электромагнетизма.

Простое наблюдение, состоящее в том, что магнитное поле индуцирует электрический ток, открывает нам необъятное разнообразие современных технологий: с помощью магнита самое движение можно преобразовать в электроэнергию. И не надо зависеть от батарей, требующих дорогого металла и быстро истощающихся: вращая магнит в бухте проволоки или бухту вокруг магнита, можно получать сколько нужно электроэнергии. Принцип работает и в обратную сторону: электромагнитное поле может приводить тела в движение. Положите сильный магнит рядом с проводом, и вы заметите, что провод вздрогнет оттого, что в нем возник ток. Это эффект отталкивания. Немного поэкспериментировав, можно определить, как расположить электрические провода и магниты (или даже электромагниты), чтобы привести в движение быстро крутящийся вал. Сегодня электромоторы приводят в движение промышленные машины, пилят лес и мелют зерно, и в вашем доме их добрый десяток: электромотор жужжит в пылесосе, вертит вытяжной вентилятор в ванной, вращает диск в DVD-проигрывателе. Миниатюризация труда облегчает наш быт, электромоторы нынче всюду, и они почти невидимы.

Зная, как электромагнетизм приводит тела в движение, можно сконструировать инструменты для точного измерения основных характеристик электрического тока: силы и напряжения. (Первые электротехники пытались мерить эти параметры языком, оценивая степень болезненности прикосновения!) Как мы увидим в главе 13, способность верно исчислить новое явление — это необходимый первый шаг к его пониманию и далее к возможному техническому освоению.

Электрический свет тоже играет в нашей жизни немалую роль. Его можно зажечь в любой момент, и это кардинальным образом изменило режим сна и производственные ритмы человека: наши улицы и дома сияют миллионами маленьких солнц. Простейший вид электрического освещения — дуговая лампа. Изобретенная в 1800-х гг. и питавшаяся от вольтова столба, это, по сути дела, непрерывная искра — искусственная молния, бьющая между двумя угольными электродами. Неудобство дуговой лампы в том, что она невыносимо яркая и потому не годится для помещений. Хотя вызвать свечение тел с помощью электромагнетизма достаточно несложно, регулировать силу электрического света — задача потруднее.

Физические явления, на которых основана конструкция лампочки накаливания, достаточно просты. Электрическое сопротивление — свойство любого вещества, и благодаря ему тонкую нить накаливания можно раскалить, пропуская через нее ток. Раскаляясь, вещества начинают сами испускать лучи — температурное излучение: железный прут в пламени горна становится сначала багровым, потом оранжевым, желтым и, наконец, ослепительно-белым. Но дьявол прячется в деталях: если угольная или металлическая нить накаливания добелараскалится на воздухе, она вступит в реакцию с кислородом и сгорит. Ее можно поместить в герметичную стеклянную колбу, откачав оттуда воздух, но в вакууме раскаленные вещества легко испаряются. Проблему решает заполнение колбы разреженным инертным газом, но для этого все равно потребуются исследование и эксперименты, подбор методом проб и ошибок среди разных карбонизированных материалов и видов тонкой проволоки надежного варианта нити накаливания.

## Генерация и распределение

Мы уже разобрали, как генератор превращает механическое движение в электрический ток, но откуда взять это движение? Очевидное решение — построить ветряк или водяное колесо и установить генератор там. Генератор хорошо работает, когда вращается со скоростью в сотни оборотов в минуту, поэтому вам понадобится система шестерен или ремней и блоков, чтобы ускорить мощное, но медленное вращение вала. Возрождающаяся цивилизация, видимо, будет похожа на стимпанковый винегрет разнородных технологий, со старинного вида четырехлопастными ветряными мельницами и водяными колесами, направляющими силу стихий не на помол зерна и подъем свайного молота, а на генерацию электричества для питания местной сети.

Проведенные в 2005 г. расчеты показали, что обычная ветряная мельница, дооборудованная вместо жерновов системой шестерен и генератором, может за год произвести 50 000 квт·ч электроэнергии — вчетверо больше, чем я расходую в своей квартире. Но, пожалуй, самый вдохновляющий пример, чего можно достичь, располагая лишь простейшими технологиями, оставил нам американский изобретатель Чарльз Френсис Браш. В 1887 г. он построил у себя в саду башню-ветряк с 17-метровым в диаметре колесом, состоявшим из 144 лопастей, выполненных из тонких, выгнутых кедровых реек. Эта электростанция вырабатывала более киловатта электричества, которое Браш пустил на питание доброй сотни ламп накаливания — они на тот момент тоже были передовой технологией, — освещавших его дом, а все излишки накапливал в 400 аккумуляторных батареях, размещенных в подвале.

Неудобство такой конструкции в том, что система множественных шестерен, необходимая для придания валу нужной скорости вращения, отнимает слишком много энергии. Для ветрогенераторов проблема снимается кардинальным изменением системы. Вместо широкихлопастей-парусов, захватывающих много ветра, но создающих мощную турбулентность и торможение, а значит, неспособных к скоростному вращению, современные ветряки используют три длинных и узких лопасти-лезвия. Система построена на знаниях аэродинамики, полученных при разработке пропеллеров для самолетов и вертолетов, и хотя небольшая площадь поверхности означает, что при слабом ветре колесо вращается с трудом, зато, лишь подует сильнее, оно крутится с головокружительной скоростью и конвертирует в электричество гораздо большую часть механической энергии.

У водяного колеса выходная мощность тоже ограничена. Количество энергии, содержащееся в потоке воды, зависит от его мощности и высоты падения. Мощность потока — это объем жидкости, протекающий за единицу времени, а высота падения в случае с верхнебойным водяным колесом — расстояние между желобом и лотком. Энергетические возможности водяного колеса не особенно велики, оттого что максимальная высота падения струи ограничена диаметром колеса, а при диаметре больше 20 м колеса становятся слишком тяжелыми и потому неэффективными.

А вот водяные турбины, с другой стороны, таких ограничений не знают. Самая мощная в мире гидроэлектростанция «Три ущелья» на реке Янцзы создает перепад в 80 м между водным зеркалом водохранилища и турбинами в основании плотины, за счет чего и получает колоссальную энергию.

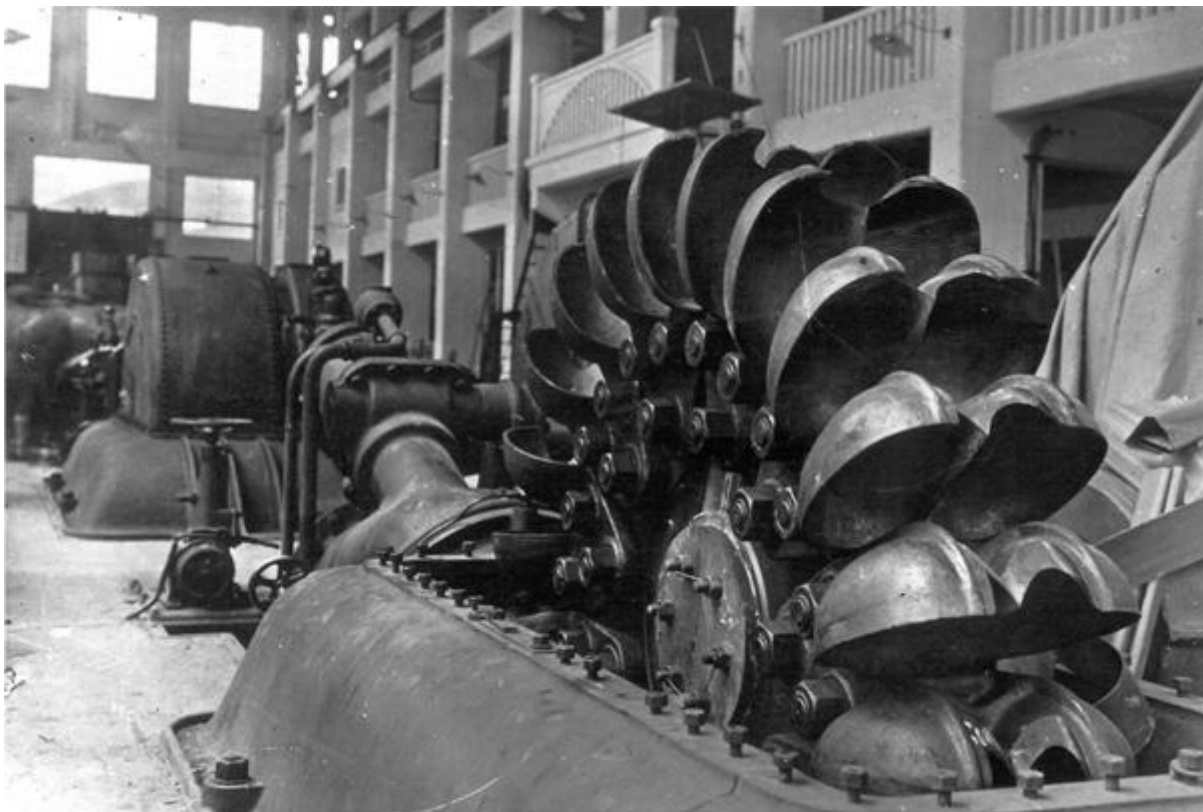
Лучшая турбина, которую вы можете построить для применения с большой высотой и небольшой мощностью потока (то есть под узкой трубой, выбрасывающей струю под высоким давлением), — это турбина Пелтона, состоящая из ковшей, расположенных на ободе колеса (немного похоже на уложенные кругом ложки). Принцип в том, чтобы струя воды не останавливалась в каждом ковше, но хитро разворачивалась и снова выплескивалась вперед. Каждый ковш выполняется в виде слегка искривленного ведра, как бы разделенного на две половины проходящим вдоль стенки гребнем, рассекающим падающую прямо в ковш струю так, чтобы она, разделившись строго надвое, завихрялась в обоих углублениях и выплескивалась через передний край ковша. Именно это изменение направления прикладывает к ковшу значительное усилие и вращает турбину, а струя бьет по очереди в каждый ковш, и колесо не останавливается.

Для обратной ситуации, когда высота потока у вас невелика, но велика его мощность, лучше подойдет турбина поперечного тока. Здесь вода направляется на вершину колеса с короткими изогнутыми лопастями, расположенными радиально, и толкает их сначала на входе в колесо, а затем, вторично, выходя из колеса в нижней точке. С первого взгляда эта конструкция напоминает традиционную водяную мельницу, но ее существенное отличие в том, что турбину вращает не вес падающей воды, улавливаемой лопастями, а струя, толкающая лопасти сзади.

Как пелтоновскую, так и поперечноточную турбину несложно изготовить, имея простые металлообрабатывающие станки, и сегодня обе они рекомендуются для развивающихся стран как технологии, для которых все можно произвести на месте. Они отлично подойдут для восстановления цивилизации в постапокалиптическом мире.

При всей эффективности ветрогенераторов и водяных турбин, использующих, к тому же, возобновляемые источники энергии, сегодня большая часть электроэнергии генерируется иными способами. Век пара, строго говоря, на самом деле не закончился. Мы ушли от широкого применения паровых машин в двигателях станков или транспортных средств, но с помощью пара сегодня вырабатывается более 80% всего потребляемого в мире электричества: котлы кипятят тепло, высвобождаемое при сжигании угля или газа либо при распаде нестабильных тяжелых атомов в ядерном реакторе.

Как мы уже видели, произвести тепло просто, а вот преобразовать тепловую энергию в механическую — это задача посложнее. Решить ее может паровая машина, но медленный ход поршня невозможно без энергопотерь превратить в быстрое вращение, пригодное для электрогенератора.



### Пелтоновская турбина

Решением стала турбина, основанная на удачной конструкции водяной турбины, но приспособленная под пар высокого давления. Работу совершает струя пара, либо бьющая по лопастям сзади, чтобы импульс вращал колесо (как в пелтоновской или поперечноточной турбине), либо отражающаяся от поверхности изогнутой лопасти, которую, как самолетное крыло, толкает сила противодействия. Существенная разница между водой и паром в том, что пар расширяется и движется быстрее, но теряет давление, поэтому большинство паровых турбин сочетают реактивное колесо для пара высокого давления пара с импульсным колесом ниже на валу, работающим от разреженного пара. Такая многоступенчатая паровая турбина позволяет весьма производительно генерировать огромные объемы электроэнергии, и ее применение открыло новый электрический век.

Однако, сколь бы эффективной ни была турбина, полученную электроэнергию еще нужно доставить туда, где она нужна.

Вы можете соорудить генератор, который будет вырабатывать устойчивый постоянный ток (как в аккумуляторе), но легче собрать генератор переменного тока, быстро циклически изменяющегося с вращением ротора. Напряжение, возникающее в обмотке, меняется положительного на отрицательное и обратно, поэтому ток, который оно вызывает, тоже постоянно меняет направление, летая туда-сюда по проводнику, наподобие стремительного прилива и отлива. Переменный ток имеет одно важное преимущество перед постоянным: он изящно решает проблему транспортировки электричества с электростанции до места его потребления — городов и промышленных объектов.

Как только вы захотите послать электроны по распределительной сети, состоящей из металлических проводов, вы тут же столкнетесь с коренной трудностью. Мощность вырабатываемого электрического тока определяется произведением силы тока и напряжения. Если сила тока велика, сопротивление проводов будет их неизбежно нагревать, и вы потеряете большую часть драгоценного электричества, которое произвели. (В то же время электрическое сопротивление — это свойство, которое намеренно эксплуатируют в нагревательных элементах чайника, тостера и фена, а если

тонкую металлическую нить удастся разогреть до того, что она засветится, и притом не сжечь, то, значит, вы освоили технологию лампы накаливания.) Единственный вариант передать ток высокой мощности — уменьшить силу тока и повысить напряжение. Тут есть трудность: высокое напряжение слишком опасно; оно допустимо для проводов, протянутых между опорами высоко над землей за городом, но у себя дома вы точно постараетесь его избежать. Так вот, прелесть переменного тока в том, что он позволяет легко поднимать и опускать напряжение с помощью трансформаторов.

Трансформатор — это, по сути дела, два толстых мотка проволоки, насаженные один против другого на один железный сердечник в форме рамки, для того чтобы магнитное поле, создаваемое первой обмоткой, воздействовало на вторую. Согласно принципу индукции, о котором мы говорили выше (с. 184), переменный ток, пропущенный через первичную обмотку, создает быстро колеблющееся электромагнитное поле — возникающее и исчезающее более сотни раз за секунду, — которое в свою очередь создает переменный ток во вторичной обмотке. А теперь смотрите, в чем фокус. Если во вторичной обмотке витков больше, чем в первичной, напряжение растет, а сила тока падает: трансформатор — вроде электрического валютнообменника, он конвертирует силу тока в напряжение. Таким образом, с помощью трансформаторов вы можете регулировать напряжение на разных участках распределительной сети, чтобы где нужно снизить силу тока, оборачивающуюся высоким сопротивлением, а где нужно — опасное для жизни напряжение.

Прелесть электричества в том, что можно размещать промышленные объекты не только на вершинах обдуваемых сильным ветром холмов, на берегах быстрых рек или неподалеку от лесов и угольных шахт, как приходилось поступать нашим предкам до XIX столетия. В этих местах останутся только электрогенераторы, а энергия по проводам пойдет куда нужно. Мы привыкли к такому положению вещей. Но всего лишь 100 лет назад всю энергию, необходимую для обслуживания дома, нужно было доставлять туда в материальном воплощении: керосин для ламп, уголь или дрова для обогрева и готовки. На задних дворах викторианских домов имелись дворовые угольные бункеры размером с небольшую жилую комнату, чтобы держать запас топлива на всю зиму. Сегодня электричество приходит в каждое помещение и приносит энергию для всех домашних нужд — чистую, бесшумную, не занимающую места.

Постоянный ток поможет человеческому сообществу приподняться из руин в первые недели после катастрофы, он доставит энергию по коротким трассам, например от ветрогенератора до жилищ, и зарядит аккумуляторы. Однако если на дальнейших этапах восстановления хозяйства вы задумаетесь о выгодах крупных и мощных электростанций, тогда понадобится создавать распределительные сети переменного тока. К тому же в мире, где люди будут страдать от жесткой нехватки энергии, тепло, полученное от сгорания топлива, лучше использовать по максимуму. Комбинированные теплоэлектростанции (ТЭС) изменили абсурдную ситуацию, когда тепло уходило впустую через градирни электростанций, а тем временем для отопления ближних городских кварталов сжигалось топливо. По использованию ТЭС в мире лидируют Швеция и Дания: там горячий пар, применяемый для вращения турбин и генераторов, в дальнейшем, например, идет на обогрев зданий по соседству от станции. Котлы топят природным газом или биотопливом: отходами деревообработки, лесом с возобновляемых вырубок или отходами сельского хозяйства, и эффективность генерации электроэнергии и производства тепла приближается к 90%.

В дни перезагрузки, вероятно, привычным станет зрелище телег, запряженных тягловыми животными, а может, и переоборудованных под газ грузовиков, везущих пиленый лес или компост с окрестных ферм на ТЭС, которые каждый квант полученной энергии пускают на производство электричества и тепла для ближних предприятий и жилых районов. Что ж, посмотрим, какими в постапокалиптическом мире будут средства передвижения.

## Транспорт

Работающий на бензине мотор — настоящее волшебство. Только представь, тысячи разных кусочков металла сложили в определенном порядке, добавили немного бензина и масла, потом — одно нажатие кнопки, и все эти кусочки оживают, начинают гудеть и рычать, колеса вращаются с фантастической скоростью.

Роальд Даль. *Дэнни — чемпион мира*

Поддержание в порядке дорожной сети — чрезвычайно дорогая и трудоемкая работа, и в постапокалиптическом мире дороги на удивление скоро разрушатся, несмотря на то что былого плотного движения по ним не будет. В средних широтах разрушительная смена замерзания и таяния постепенно расширит малые трещины и изъязны полотна, а семена, занесенные ветром в бреши, быстро вырастут в цепкие кусты и мощные деревья, их корни примутся дальше крошить тонкую кожу дорожного покрытия.

Строго говоря, современные асфальтированные магистрали отлично подходят, чтобы мчаться по трассе со скоростью 150 км/ч, но их поверхность менее долговечна, чем поверхность прочно уложенных древнеримских дорог. Многие *viae publicae*, мощенные толстым слоем прочного булыжника, проходимы и поныне, спустя 1000 лет после гибели создавшей их цивилизации. Этого нельзя будет сказать о нашей нынешней дорожной сети. Даже самые важные дороги, главные транспортные пути рухнувшей цивилизации, станут почти непроезжими. Чтобы обследовать опустевшие города, понадобятся прочные внедорожники: впервые в истории паркетные джипы будут необходимы для перемещения по улицам.

Стальные рельсы железных дорог значительно прочнее дорог шоссейных, но и их со временем пожрет коррозия. И все же в первые десятилетия после апокалипсиса поддерживать дальние торгово-хозяйственные связи, вероятно, лучше помогут рельсовые пути — при условии, что им не дадут зарости лесом.

Большинство транспортных средств нашего века приводится в движение двигателем внутреннего сгорания: он крутит колеса семейных авто, тянет поезда и носит по небу легкие самолеты. Но самоходные машины — трактора, комбайны, рыболовецкие траулеры, развозные грузовички — выполняют многие другие важные функции, связанные с удовлетворением потребностей людей. Нужно будет сохранить такие машины на ходу как можно дольше. Давайте сначала поговорим о том, как обеспечить моторный транспорт основными расходными материалами: топливом и резиной, а затем рассмотрим, какие запасные варианты остаются у общества, которое не способно сохранить механизацию и деградирует еще сильнее.

## Поддержание машин на ходу

Чуть дальше мы поговорим о немного различных принципах работы бензинового и дизельного двигателей, но сейчас достаточно будет сказать, что для них нужно разное топливо. И бензин, и дизельное топливо (соляр) — это жидкие смеси углеводородов: их молекулы подобны молекулам растительных масел, описанным в главе 5. Бензин — это набор углеводородов с хребтами в основном длиной в 5–10 атомов углерода; дизтопливо несколько тяжелее, это более вязкая жидкость, составляющие ее молекулы длиннее: от 10 до 20 атомов. Как мы говорили выше, после апокалипсиса останутся немалые запасы этих видов топлива — на автозаправках, в нефтехранилищах, наконец в баках брошенных транспортных средств. Однако довольно скоро людям, пережившим конец света, придется налаживать новое производство топлива, чтобы поддерживать механизацию сельского хозяйства и моторный транспорт.

Сегодня бензин и дизельное топливо получают, перерабатывая сырую нефть. Методы переработки относительно просты и вполне применимы для малых объемов производства. Жидкие фракции отделяют путем дробной перегонки, по тому же принципу, на котором основана дистилляция спирта из сброженного сусла. Фракции с крупными углеводородными молекулами можно расщепить на более удобные короткомолекулярные жидкости путем нагрева с глиноземным катализатором (например, толченой пемзой).

Трудность обеспечения топливом не в том, как его выделить из сырой нефти, а в том, что добыть сырую нефть из недр Земли уже невозможно без сложного бурового оборудования и морских платформ. Но при этом автомобильное топливо можно получить и не из нефти, и постапокалиптическое человечество многому могло бы научиться у нынешних «зеленых». Как писал в начале 1900-х гг. сам Рудольф Дизель, «энергию можно добыть из солнечного тепла, которое всегда будет доступно для земледелия, даже после истощения всех природных запасов твердого и жидкого топлива».

Удобная замена бензиновому транспорту — этиловый спирт (который, как мы видели в главе 4, производится путем ферментации). Мировой лидер по применению алкомобилей — Бразилия: там все машины работают либо на смеси бензина со спиртом (20%), либо на чистом спирте. Даже во многих штатах США закон требует, чтобы бензин содержал определенную долю спирта (обычно до 10%), при которой не требуется переделка двигателя. Не все знают, что конструкция знаменитого автомобиля Ford Model T позволяла заправлять его либо дистиллированным из нефти бензином, либо спиртом, и несколько спиртзаводов в США перерабатывали зерно на автомобильное топливо, пока введение сухого закона не положило конец спиртовым заправкам.

Промышленное производство этанола для заправки машин сдерживается необходимостью получать достаточно сахара для микробной ферментации. Культуры типа сахарного тростника, на котором основана бразильская экономика возобновляемого биотоплива, можно возделывать только в тропиках. И хотя сахара присутствуют в любых растительных организмах, составляя волокна целлюлозы, обеспечивающие растению скелет и опору, целлюлоза настолько прочна и химически стабильна, что сахар в ней крепко «заперт» и неизвлекаем. Куда удобнее и проще не пытаться выгнать из такой биомассы чистое топливо, годное для моторного транспорта, а дать ей перегнить в биореакторе и получить метан или просто отправить в топку котлов на электростанции.

Но и рокот дизелей в постапокалиптическом мире, скорее всего, не смолкнет. Дизельный двигатель довольно неприхотлив, он может работать на растительном масле, переработанном в биотопливо: делается это путем соединения масла с простейшим спиртом, метанолом, в щелочной среде (добавляется щелок — едкий натр или едкое кали — см. главу 5). Метанол, также называемый древесным спиртом, можно получить сухой перегонкой дерева, но для реакции с маслом подойдет и полученный путем ферментации. Все остатки метанола или щелока, как и ненужные побочно получаемые глицерин и мыло, можно удалить, растворив в воде, барботированной сквозь готовое топливо, которое после этого тщательно просушивают нагревом, чтобы удалить воду.

Растительное масло годится практически любое. Для Британии хорошо подходит рапс: он дает с гектара большой объем масла (больше, чем другие культуры, в том числе подсолнечник и соевые бобы), которое легко отжимается из семени, а ботва служит питательным кормом для скота. При необходимости можно использовать и животные жиры. Технический жир получают, проваривая в воде мясную обрезь и кости: жир вытапливается, а затем всплывает на поверхность воды, откуда его после охлаждения собирают. Технический жир превращают в биотопливо точно так же, как и растительные масла, но присутствие длинномолекулярных углеводов означает, что на холоде он может застыть прямо в баке.



Проблема биотоплива в том, что оно вырабатывается из сельскохозяйственных культур, и даже небольшому автомобилю, чтобы заправиться, понадобится поле площадью не меньше чем 0,2 га. Сценарий восстановления после апокалипсиса может оказаться таким, что продовольствие будет в дефиците. В таком случае следует подумать, нельзя ли заправлять машины топливом из несъедобного сырья.

Любой двигатель внутреннего сгорания работает, по сути, на газе, а не на жидком горючем. Из бензина или дизтоплива создается капельно-воздушная смесь, которая перед воспламенением в цилиндре испаряется. Поэтому другой способ сохранить моторный транспорт на ходу состоит в том, чтобы подавать горючий газ в двигатель прямо из баллона. Именно так работают современные газовые автомобили на сжатом природном газе (метане) или сжиженном нефтяном газе (смеси пропана и бутана).

Для постапокалиптического сценария, вероятно, лучше подойдет нетехнологичный вариант: если закачивание газа в емкости под давлением в сотни атмосфер окажется слишком сложным делом, можно оборудовать машины газовыми подушками. Эти подушки, бывшие в ходу в Первую и во Вторую мировые войны при дефиците топлива, представляли собой мешки из прорезиненной ткани, наполненные метаном или угольным газом, а 2–3 куб. м газа эквивалентны литру бензина.

Чуть менее громоздкий вариант — производить газ прямо на ходу, то есть построить автомобиль на дровяной топке.

Его конструкция основана на принципе газификации. Чтобы понять его, зажгите спичку и присмотритесь внимательнее к ее пламени. Вы заметите, что светящееся желтым пламя танцует не прямо на обугливающейся спичке, а как бы на расстоянии. Дело в том, что пламя питается в первую очередь не древесиной спички, а горючим газом, возникающим при тепловом разложении сложных органических молекул древесины, которые ярко загораются, только соединившись с атмосферным кислородом. Это тот же самый процесс пиролиза, который мы исследовали в контексте сухой дистиляции древесины и конденсации паров в различные полезные жидкости, но для производства моторного топлива нужен максимальный выход горючего «генераторного» газа, и необходимо отнести дерево от пламени гораздо дальше, чем на спичке. Газ не должен вспыхнуть, пока он не поступит в двигатель, где он может наконец смешаться с кислородом, чтобы, взорвавшись в цилиндрах, совершить полезную работу.



### Лондонский автобус с газовым мешком в годы Второй мировой

Во время Второй мировой войны для осуществления необходимых гражданских перевозок по европейским дорогам курсировал почти миллион газогенераторных автомобилей. В Германии разработали версию «Фольксвагена»-«жука», где все

газогенераторное оборудование было спрятано внутри кузова, и только люк для загрузки дров в капоте указывал на необычный источник энергии, а в 1944 г. в войска вермахта поступило более 50 танков «Тигр» на дровяных генераторах.

Газогенератор — это, по сути, герметичный цилиндр с крышкой, и его можно изготовить из подручных материалов — например, оцинкованной урны, стального барабана и бытовой сантехнической арматуры. Дрова подкладываются сверху. Постепенно проваливаясь, они сначала высушиваются, а затем пиролизуются при высокой температуре в замкнутой камере и частично сгорают в ограниченном объеме кислорода, чтобы поддерживать необходимую для процесса температуру. Важно, что внизу колонны образуется слой раскаленного древесного угля и он реагирует с парами и газами, выделяющимися при пиролизе, чем и завершается их химическое превращение. После этого через отвод у дна колонны выходит готовый продукт — генераторный газ, богатый горючим водородом, метаном и угарным газом (последний ядовит, так что работайте только в хорошо проветриваемом месте) плюс инертный азот, составляющий до 60% смеси. Охладите газ, чтобы конденсировались все примеси, иначе они могут засорить двигатель, а затем подавайте его в цилиндры.



#### **Автомобиль с дровяным газогенератором**

Литр бензина заменяют примерно 3 кг древесины (зависит от ее плотности и влажности), и поэтому расход топлива у газогенераторных автомобилей измеряется не в литрах, а в килограммах на километр— генераторы времен войны позволяли проехать на килограмме дров примерно 2,4 км.

Топливо не единственный расходный материал, необходимый для автомобильного движения. Нужна еще резина, чтобы отливать шины, постоянно изнашивающиеся при езде, и камеры — баллоны в форме бублика, которые накачивают воздухом, чтобы смягчить тряску в пути.

Для практического применения свойства сырого каучука приходится корректировать с помощью вулканизации: его плавят с добавлением серы, а затем отливают в форму. В

процессе вулканизации свернутые молекулярные цепочки сцепляются в тугую, упругую массу. Так получается практически неразрушимое вещество, более эластичное, чем природный каучук, но не плавящееся при нагреве и не трескающееся на холоде.

Проблема в том, что после вулканизации резину уже нельзя снова расплавить и отлить в новую форму. Постапокалиптическое сообщество не сможет утилизировать старую резину, чтобы иметь достаточный запас шин с четким протектором, а также, например, ниппелей и камер. Придется найти новый источник сырья.

Исторически каучук получали из млечного сока (латекса) дерева гевеи, которое растет только во влажном жарком климате, в узком поясе вдоль экватора. Альтернативный источник латекса — стебли, ветви и корни гваяулы. В отличие от гевеи этот невысокий кустарник обитает на полупустынных нагорьях Мексики и Техаса. Гваяула прославилась в годы Второй мировой, когда союзники после вторжения Японии в Юго-Восточную Азию потеряли 90% каучуковых плантаций. На ранних стадиях постапокалиптического восстановления химические процессы, необходимые для производства синтетического каучука, будут человеку недоступны, поэтому к моменту истощения имевшихся запасов одной из главных задач станет налаживание дальних торговых связей — если вы не живете поблизости от источников природного латекса.

Даже если вы сумеете обеспечить машины топливом и резиной, все равно они не могут работать вечно. Сохранившийся парк неизбежно износится и разрушится, и, хотя какое-то время у вас будет возможность снимать запчасти с других машин, рано или поздно придется осваивать их производство. Изготовление деталей современных двигателей потребует сложных знаний и технологий, а также станков, позволяющих обрабатывать заготовки с нужной точностью, — мы говорили об этом в главе 6. И если эти условия не будут выполнены к моменту остановки последнего мотора, общество демеханизируется и деградирует еще на одну ступень. Какие запасные возможности останутся у вас в этой ситуации для поддержки жизненно важных областей: транспорта и сельского хозяйства?

## **Что делать, если вы лишились моторов?**

Если общество лишилось моторов, придется вернуться к животной тяге. Первыми в истории животными, примененными для тягла, таскавшими телеги, кареты, плуги, бороны и сеялки, были волы — холощенные быки, и их можно использовать вновь, когда замрут последние трактора. Тягловые лошади, такие как шайрские тяжеловозы, происходят от коней, носивших по полям сражений средневековой Европы закованных в броню рыцарей, эти лошади быстрее, сильнее и выносливее волов. Но если вы решите заменить волов лошадьми, сначала придется вновь изобрести подходящую упряжь — важнейший инструмент, до которого не додумались древнейшие и античные цивилизации.

Волов можно запрячь при помощи деревянного бруса. Его кладут на загривок животного, а перекладины слева и справа не дают брусу съезжать. Можно запрячь вола и с помощью лобного ярма, укрепляемого перед рогами. А вот анатомия лошади требует упряжи в виде системы ремней. Простейший образец — постромочная упряжь, когда по плечам и вокруг шеи накладывается один ремень, под животом протягивается другой, и посередине спины находится точка прикрепления постромок. Эту упряжь широко применяли в Древнем мире, так веками впрягали лошадей в колесницы ассирийцев, египтян, греков и римлян. И все же она не подходит к строению лошади и не годится для тяжелой тягловой работы, например пахоты. Дело в том, что нагрудный ремень передавливает лошадиюремную вену и трахею, так что она, если тянет слишком усердно, задыхается. Выход — переделать упряжь и перенести точку, к которой лошадь прилагает силу.

Хомут — это металлическое или деревянное кольцо в толстой мягкой обивке, плотно облегающее шею лошади. Точки приложения силы при использовании хомутной

упряжи расположены не на загривке, а низко на боках лошади, так чтобы нагрузка равномерно распределялась по ее груди и плечам. Этот анатомически комфортный ворот — один из первых опытов эргономичного дизайна — придумали в Китае в V в., но в Европе он получил распространение лишь в 1100-х гг. Хомутная упряжь позволяет лошади тянуть во всю силу: развиваемое тяговое усилие выходит в три раза больше, чем в прежней, неудобной запряжке — а именно конный плуг стал основой средневековой аграрной революции.

Странные сцены мы увидим при соединении конной тяги и остатков автомобильного парка. Исправный задний мост от мертвой легковушки или грузовика можно приспособить как шасси для деревянной телеги. А еще проще будет разрезать авто поперек, выбросить переднюю часть с бесполезным мотором, а заднее сиденье и колеса применять как двуколку. Пара оглобель из тонких труб, приделанных по бокам, позволит запрячь осла или быка вместо энергетической установки.

В то же время откат к животной тяге потребует часть урожая полей и огородов пускать на корм скоту, забрав ее у людей. На пике использования тягловых животных в сельском хозяйстве Великобритании и Соединенных Штатов, который удивительным образом пришелся примерно на 1915 г. (хотя к тому моменту целых полвека существовали самоходные механизмы с паровой машиной и уже появились бензиновые трактора), на трети всех возделываемых земель выращивали корма для лошадей[35].

Первоочередной задачей, наряду с поиском тягловой силы для сельскохозяйственных орудий и сухопутных перевозок, будет покорение морей и возобновление рыболовства и торговли, и, если ваше общество утратит способность производить сложные механизмы, в море придется положиться на парусный флот.

Простейший тип паруса интуитивно понятен любому, кто хоть раз видел, как вывешенные сушиться простыни развеваются под порывами ветра. Укрепите в середине своего судна столб — мачту, на макушке горизонтально подвесьте брус перпендикулярно продольной оси судна: это будет рея. На рее закрепите верхний край большой холстины, снизу привяжите холстину веревками, и у вас получится простой квадратный парус, многожды в истории человечества изобретенный самыми разными народами. Парус действует как ловушка, захватывающая попутный ветер, при котором даже примитивные суда могут идти довольно быстро. Но с такой оснасткой двигаться веред можно, только если угол к ветру не меньше  $60^\circ$ , и потому мореход оказывается полностью во власти стихий.

Более сложный вариант — косой парус. Он не натягивается перпендикулярно поперек палубы, но ориентируется вдоль линии борта и висит диагонально благодаря наклонной рее или веревке, одним концом закрепленной на мачте. Суда, оснащенные косыми парусами, гораздо более маневренны и могут идти галсами много круче к ветру, чем суда с прямыми парусами: у современных яхт угол к ветру доходит до  $20^\circ$ , но большинство крупных парусников используют оба типа парусов. Косой парус восходит еще к римлянам, бороздившим воды Средиземноморья, но окончательную форму обрел в эпоху Великих географических открытий, которая началась в XV столетии: под косым парусом корабли испанских и португальских мореплавателей проходили через океаны, чтобы открыть далекие земли и проложить дальние торговые пути.

Если вы ставите косой парус под углом к ветру, возникает совершенно новый эффект. Наполняя парус, ветер отдувает его в сторону и превращает в своего рода крыло: поток воздуха, обтекая выгнутую поверхность, отражается и создает перед парусом область низкого давления. Корабль с прямым парусом ветер толкает по воде, корабль с косым парусом тянет спереди аэродинамическая подъемная сила. В 1552 г., не понимая до конца физику этого процесса, Фернан Магеллан с командой первым в истории обогнул Землю, применив те же принципы аэродинамики, которые используются в самолетном крыле и реактивной турбине.

Однако, если мы ставим косой парус на боковом ветру, судно теряет устойчивость и возникает риск опрокинуться и перевернуться. Чтобы этого не произошло, ближе к днищу судна для устойчивости помещают балласт, а под днищем приделывают киль, часто напоминающий по форме перевернутый акулий плавник, — он противодействует опрокидывающей силе парусов. Если вы умеете управиться с этими противоборствующими силами и точно наладить снасти для управления косыми парусами и установки наилучшего угла к ветру, то физика, лежащая в основе аэродинамического эффекта, удивительным образом позволит кораблю идти даже быстрее скорости дующего в паруса ветра.

Если не удастся найти пригодных для использования судовых корпусов, придется строить их своими руками. По традиционной технологии доски обшивки кладут вдоль и крепят на каркас, а стыки герметизируют, затыкая паклей и замазывая смолой. Если найдется достаточно собранного или выплавленного железа либо листовой стали, можно скрепить доски заклепками. Паруса же, по сути, просто большие куски полотна, продукт ткацкой технологии, описанной в главе 4. Для паруса нужно использовать гладкое переплетение и помнить, что ткань всегда труднее рвется вдоль утка, поскольку уточные нити прямее, чем нити основы, и легко растягивается и рвется по диагонали (попробуйте на небольшом участке собственной рубашки). Похожим образом веревки, связывающие снасти воедино, делаются путем сучения из волокна нитей, которые затем сплетаются в пучки, а те — в веревку. Далее, если нужно, из веревок плетется канат. Блоки и тали, применяемые для управления парусами, не отличаются от тех, с помощью которых строители поднимают тяжелые грузы.

Будем надеяться, что довольно скоро возрождающаяся цивилизация заново освоит обработку металлов и изготовление станков. Одним из видов простого механического транспорта для передвижения людей в мире, где смолкли моторы, мог бы стать велосипед. Сердце педальной машины — это кривошип, превращающий взмахи ваших ног во вращение, которое можно передать на колеса. Однако есть непростая инженерная задача: нельзя вращать педалями колесо напрямую, как на детском велосипеде, потому что в таком случае, чтобы развить сколько-нибудь приличную скорость, седоку придется сучить ногами как сумасшедшему.

Простейшее решение — сделать переднее колесо большим. Значительная длина окружности даже при несильном вращении обеспечит неплохую скорость, именно по этому принципу сконструированы старинные «пенни-фартинги» карикатурных пропорций, с полутораметровым колесом. Но есть выход гораздо лучше — очевидный нам сегодня, но до 1885 г. не приходивший в голову производителям велосипедов: применить шестерни, механизм из Древнего мира, соединенные цепью. Две звездочки разного диаметра, позволяющие колесу вращаться значительно быстрее, чем оси педалей, соединяются роликовой цепью (ее устройство весьма схоже с тем, что нарисовал в XVI в. Леонардо да Винчи). Еще одна важная техническая особенность — передняя стойка, соединяющая ступицу колеса с рулем, должна быть слегка отклонена назад, чтобы переднее колесо само собой поворачивалось в сторону, куда клонится велосипед, придавая машине естественное равновесие [36].

## Изобретаем заново моторный транспорт

Настанет день, когда возрождающаяся цивилизация достигнет того уровня развития металлургии и технического конструирования, при котором возможно производство двигателей. Если сообщество откатилось к тягловым животным и парусам, как ему заново создать двигатель внутреннего сгорания, не располагая образцами, пережившими апокалипсис? Как устроено сердце, бьющееся под капотами наших машин?

Двигатель внутреннего сгорания — отличная иллюстрация того, что сложный механизм — это не более чем совокупность простых узлов самого разного происхождения, организованных неким новым образом для решения той или иной

насушной задачи. Если бы можно было содрать с семейного авто металлическую шкуру и рассечь его, как живой организм, то внутри обнаружилось бы множество устройств и агрегатов, взаимодействующих, как органы и ткани в человеческом организме.

Каковы же главные принципы работы автомобиля и как собрать машину с нуля?

В главе 8 мы разобрали принцип работы двигателя внешнего сгорания: паровая машина движется за счет нагнетания в цилиндры пара из котла, который нагревается сжиганием топлива. Гораздо более эффективный способ высвобождения химической энергии, заключенной в топливе, — это исключить посредника и заставить толкать части машины сам горячий газ, образующийся при сжигании. Если малое количество топлива перед воспламенением поместить в замкнутый объем цилиндра, взрывным расширением высвободившегося горячего газа можно будет вытолкнуть поршень и совершить полезную работу. Повторяя такой цикл по нескольку раз в секунду, получаем надежный и точный процесс развития мощности. Чтобы подготовить цилиндр к следующему взрыву, открывается клапан, и цилиндр вдавливается обратно, вытесняя, как шприц, отработанный газ, а затем вновь оттягивается, чтобы в цилиндр через другой клапан всосалась новая порция топлива. Перед воспламенением ее еще нужно немного сжать, чтобы она стала плотнее и нагрелась. Этот четырехтактный цикл и есть быстро пульсирующее сердце абсолютного большинства двигателей внутреннего сгорания.

Есть два способа поджечь топливо, поданное в цилиндр, и в этом состоит разница между современным бензиновым и дизельным двигателями. Летучие жидкости типа этанола (или бензина) можно превратить в газ, перед впрыском смешав их с воздухом в карбюраторе, а затем воспламенить электрической искрой пусковой свечи. Смеси более тяжелых углеводородных молекул, например дизельное топливо, можно вдвухать в цилиндр в состоянии тонкой капельной взвеси в конце такта сжатия, чтобы испарить и воспламенить одновременно путем резкого подъема температуры в цилиндре за счет резкого сжатия воздуха. (Всякий, кто трогал патрубков ножного насоса после накачки колеса, замечал, как он нагревается от нагнетаемого воздуха.) Или же, как мы видели в начале этой главы, можно питать двигатель непосредственно газом, нагнетаемым в цилиндры.

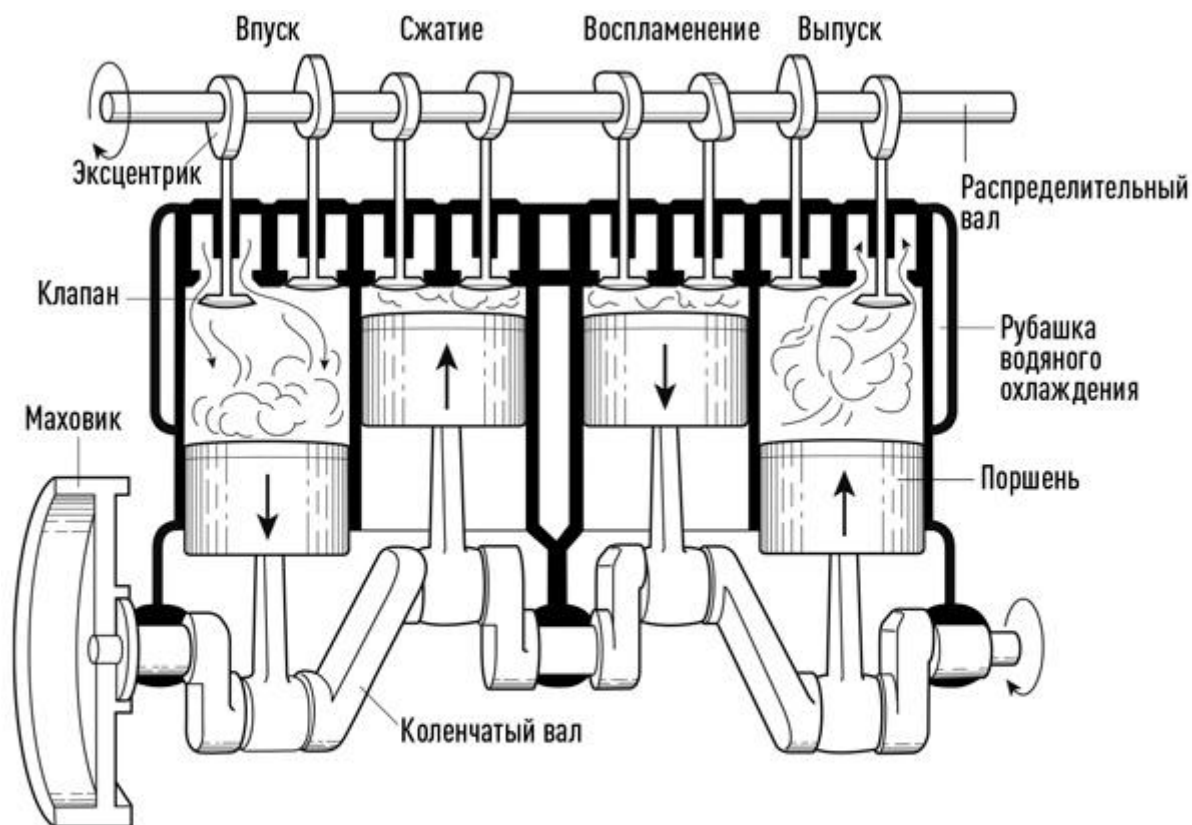
Но чтобы машина двигалась вперед, нужно преобразовать возвратно-поступательное движение поршней в равномерное вращение, которое можно передать на колеса или пропеллер. Осуществляет это необходимое преобразование кривошип, как и в велосипеде. Кривошип в механизмах часто используется в паре с поворотным шатуном, соединяя элемент, совершающий возвратно-поступательное движение, с вращающимся валом (у велосипеда роль шатуна, соединенного с кривошипом педалей, исполняют ноги седока). Самое раннее известное нам применение этого полезнейшего механизма — римское водяное колесо (III в.), где кривошип преобразовывал вращение толкаемого рекой колеса в возвратно-поступательный ход пил на пилораме.

В современных моторах, объединяющих работу множества поршней, этот механизм слегка модифицирован — там есть коленчатый вал, состоящий из нескольких гнутых звеньев, составленных так, чтобы ход поршней вращал вал. Но несколько цилиндров, даже если они выполняют рабочий цикл в заданной последовательности, вращают вал не равномерно, а толчками, и поэтому нужно как-то стабилизировать его вращение. Здесь техническое решение заимствовано из античной гончарной технологии. На конце коленчатого вала крепится маховик, выполняющий точно ту же функцию, что и тяжелый каменный диск гончарного колеса, — он должен сохранять импульс и сглаживать рывки при вращении.

Другой древний механизм применяется для упорядоченного открывания и закрывания клапанов, чтобы впускать топливную смесь и выбрасывать отработанный газ в течение рабочего цикла. Кулачок имеет вытянутую, смещенную от центра форму, чтобы,



вращаясь на распределительном валу, он в установленном ритме поднимал рычажок-коромысло или отбрасывал стержень-толкатель. В прошлом кулачковый механизм использовался в свайных молотах: энергия водяного колеса раз за разом поднимает молот, а падает он, нанося удар, спущенный вертящимся кулачком. Кулачковый механизм был известен древним грекам и появляется вновь в средневековых машинах XIV в. В современном двигателе внутреннего сгорания набор кулачков, вращаемых распределительным валом, обеспечивает точную синхронизацию работы впускных и выпускных клапанов с рабочим циклом цилиндров.



**Четырехтактный двигатель внутреннего сгорания, состоящий из цилиндров и поршней, коленчатого вала, передающего вращение на маховик, и распределительного вала, координирующего открытие и закрытие клапанов**

Если вы намерены установить двигатель на сухопутное транспортное средство, а не просто вращать им гребной винт судна, придется решить еще несколько технических задач. Разобравшись с устройством двигателя, придется перейти к следующему этапу — передаче вращения на колеса. Трансмиссия — одна из самых простых для понимания частей автомобиля; в сущности, это не более чем коробка, позволяющая выбрать, какие шестерни сцепить между собой, и работающая по тому же принципу, что и зубчатые передачи, восходящие к III в. до н.э. Двигатель внутреннего сгорания вращается с огромной частотой, и поэтому низкие передачи, когда вал трансмиссии сцепляется с шестерней, меньшей, чем на валу двигателя, используются, чтобы «обменять» частоту вращения на вращающее усилие. Оно нужно для ускорения или движения на подъем.

Смену шестерен облегчает еще один сопутствующий агрегат — диск сцепления. Во многих машинах вращение двигателя передается через диск с рельефной поверхностью, сцепленный с маховиком, — как ни странно, именно трение обеспечивает равномерность вращения. Специальный механизм позволяет разъединить маховик и диск сцепления, отцепив двигатель от карданного вала. Подобная система применялась в ранних деревообрабатывающих станках, например токарных, — так механизм станка отсоединялся от источника энергии.



Первые автомобили заимствовали трансмиссию у велосипедов и передавали вращение на заднюю ось посредством цепи и звезд. Более эффективный способ — карданный вал, но, чтобы он не сломался от сотрясений и толчков при езде, ему необходима некоторая степень гибкости. Как же придать жесткому стержню способность сгибаться в любом направлении, при этом передавая усилие? Решение в том, чтобы разместить в двух местах на валу универсальные шарниры. Такой шарнир состоит из пары соединенных муфт, его принцип был описан еще в 1545 г.

После того как ваша моторная колесница покатила, нужно изобрести средство для управления поворотными колесами прямо с водительского места. На первых автомобилях применялся румпель — тяж, посредством которого на судах управляли положением рулевого пера. Однако позже было найдено более удобное решение — тут пригодилась технология, восходящая к античным водяным часам, появившимся около 270 г. до н.э. Реечная передача — механизм, состоящий из зубчатого колеса и длинной планки с такими же зубцами. Рулевое колесо в кабине связано валом с зубчатым колесом, которое двигает рейку вправо и влево, поворачивая передние колеса.

Наконец, последняя техническая проблема возникает, если два колеса держатся на одной оси. Когда машина поворачивает, внешнее колесо должно вращаться чуть быстрее внутреннего, если же оба вращаются одной осью, они могут скользить и буксовать, снижая управляемость машины и изнашивая покрышки. Механизм, называемый дифференциалом и представляющий собой систему не более чем из четырех шестерен, позволяет передавать мощность на оба колеса, но вращать их с разной скоростью. Эта изящная конструкция в европейских механизмах появляется с 1720 г., но не исключено, что возникла еще в 1000 г. до н.э. в Китае.

Одним словом, заглянув в нутро новенького спортивного авто, соединяющего в себе новейшие технические достижения, вы обнаружите винегрет компонентов, заимствованных из механизмов, восходящих к далеким этапам человеческой истории: гончарного круга, римских лесопилок, свайного молота, токарного станка и водяных часов.

Двигатель внутреннего сгорания — чудесный аппарат, умеющий превращать химическую энергию топлива в равномерное движение и применяющийся сегодня на абсолютном большинстве транспортных машин (наряду с реактивным двигателем скоростных самолетов и паровой турбиной больших кораблей). Мы рассмотрели способы производства жидкого или газообразного топлива для таких двигателей, а полный топливный бак — это восхитительно емкий резервуар энергии, позволяющий покрывать без дозаправки большие расстояния, так что внутреннее сгорание непременно сыграет свою роль в организации наземного и водного транспорта в постапокалиптическом обществе, вышедшем на продвинутый этап восстановления. Есть, впрочем, своя трудность: без легкодоступных источников сырой нефти цивилизации, последующие за нашей, столкнутся с дефицитом топлива. Активный рост моторного транспорта, наблюдаемый с 1920-х гг. и поныне, обеспечен наличием дешевого бензина, подвозимого с нефтеперерабатывающих заводов. Каким же может быть альтернативный путь восстановления транспортной структуры в обществе, поднимающемся из пепла?

Возможно, вместо того чтобы пускать на отжим для дизельного биотоплива или в ферментацию на этанол лишь часть выращенного растения, проще будет сжечь весь урожай целиком. Вскипятить котлы под паровыми турбинами и произвести электричество — гораздо более рациональное использование солнечной энергии, запасенной вырубленным лесом или быстрорастущими энергетическими культурами типа проса или мисканта. Электричество, произведенное на возобновляемом биотопливе, а также энергией воды и ветра, потечет по проводам, чтобы оживить поезда и трамваи на рельсовых путях и зарядить батареи небольших автомобилей. Электромобиль на биомассе, полученной с гектара земли, пройдет больше, чем авто с двигателем внутреннего сгорания на топливе, выжатом из той же биомассы, и что

важнее, котел, вертящий паротурбину, можно топить разными и грубыми растительными материалами, а для производства биотоплива их нужно отбирать. Если же электричество вы производите на теплоэлектростанции (ТЭС), то попутным теплом можно отапливать ближайшие здания. Обществу, стесненному в энергетических ресурсах, лучше решать проблемы комплексно, извлекая максимум пользы из потребляемого топлива, поэтому есть вероятность, что городской транспорт постапокалиптической цивилизации будет преимущественно электрическим.

Строго говоря, в свое время электромобили были довольно обычным делом. В начале XX в. на равных конкурировали три фундаментально различных направления в автомобилестроении, и электрокары успешно соперничали с паровыми и бензиновыми машинами, поскольку механически они значительно проще, не шумят и не дымят. В Чикаго они даже преобладали. В 1912 г., на который пришелся пик производства электромобилей, по дорогам Америки катались 30 000 бесшумных экипажей и еще 4000 ездили по Европе; в 1918 г. пятая часть берлинских такси была оснащена электромоторами.

Недостаток электромобиля, несущего собственный аккумулятор (не в пример трамваям и поездам, имеющим постоянный источник питания в виде контактного провода, протянутого над рельсами), в том, что даже объемная и массивная батарея хранит не так уж много энергии, а перезарядка отнимает много времени. Максимальный запас хода тех первых электромобилей составлял около 150 км<sup>[37]</sup>, это больше, чем у конного экипажа, и вполне достаточно для внутригородских сообщений. А вместо того чтобы дожидаться восстановления заряда в батарее, можно просто заменить на специальной станции разряженный аккумулятор на полный: еще в 1900 г. на Манхэттене успешно работал парк электрических такси, располагавший центральной станцией, где севшие батареи моментально меняли на свежие.

Таким образом, сочетая двигатели внутреннего сгорания на биотопливе и электромобили, восстанавливающееся постапокалиптическое общество сможет удовлетворить свои транспортные нужды даже при дефиците нефти, которого не знала в свое время наша цивилизация. Теперь настало время перейти от транспортировки людей и грузов к трансляции идей: в следующей главе мы рассмотрим технологии связи.

## Глава 10

# Коммуникации

Я встретил путника; он шел из стран далеких  
И мне сказал: вдали, где вечность сторожит  
Пустыни тишину, среди песков глубоких  
Обломок статуи распавшейся лежит.  
Из полустертых черт сквозит надменный пламень,  
Желанье заставлять весь мир себе служить;  
Ваятель опытный вложил в бездушный камень  
Те страсти, что могли столетья пережить.  
И сохранил слова обломок изваянья: —  
«Я — Озимандия, я — мощный царь царей!  
Взгляните на мои великие деянья,  
Владыки всех времен, всех стран и всех морей!»  
Кругом нет ничего... Глубокое молчанье...  
Пустыня мертвая... И небеса над ней...

П. Б. Шелли. *Озимандия* <sup>[38]</sup>

Сегодня интернет, повсеместные беспроводные сети и смартфоны, которые мы не выпускаем из рук, позволяют связаться с любой точкой мира моментально и без труда.

Мы обмениваемся электронной почтой, беседуем в Skype, переписываемся в Twitter, веб-сайты распространяют новости и иную информацию, сокровищница человеческого знания открывается прямо у нас на ладони. Но в постапокалиптическом мире придется вернуться к более ранним технологиям коммуникации.

## Письмо

До изобретения письменности знания хранились в головах живущих и распространялись только устно. Но устная традиция вмещает лишь небольшой объем данных, и со смертью людей многие идеи могут исчезнуть навсегда. Если же мысли записываются на физическом носителе, они могут надежно храниться; к ним можно возвращаться через годы, накапливать знания и пр. Цивилизация, которая изобрела письменность, способна собрать гораздо больший объем знаний, чем когда-либо сможет удержать коллективная память населения.

Письменность — одна из важнейших технологий прогресса, это концептуальный скачок, трансформация звучащей речи в последовательность графических символов: либо произвольных знаков-букв, передающих звуки языка (фонемы английского, например), либо иероглифов, изображающих предметы и идеи (как в китайском). На первичном уровне это дает возможность навечно зафиксировать оговоренные условия сделки, границы земельных участков и своды законов. Но именно накопление знаний дает человечеству возможность прогрессировать в науке, культуре и технике.

Мы привыкли, что в современном мире такие орудия цивилизации, как бумага и перо, всегда под рукой. Насколько они важны, мы понимаем, лишь когда не находим старого конверта, чтобы наклеить на обороте список покупок, или когда горестно недоумеваем, куда исчезла ручка, две минуты назад положенная на стол. Хотя бумаги после гибели нашей цивилизации, должно быть, останется море, материал этот весьма тленный: бумага погибает в огне пожаров, которые заполыхают в обезлюдивших городах, она плесневеет от воды и сырости. Можно ли наладить массовое производство бумаги, пропустив исторические предшествующие этапы и не тратя времени на освоение материалов типа папируса и пергамента?

Бумагу изобрели в Китае около 100 г. н.э., но до Европы она добиралась более 1000 лет.

Вместе с тем бумага из древесной пульпы — это удивительно недавнее усовершенствование. До конца XIX в. бумагу делали в основном из льняной ветоши. Лен — это ткань, выделанная из волокон одноименного растения (см. главу 4), и, в сущности, бумагу можно сделать из любого волокнистого растения — конопли, крапивы, тростника или иной грубой травы. Но с ростом спроса, который, как мы увидим, стимулируется изобилием книг и газет, извергаемых печатным станком, человек все старательнее искал другие подходящие волокна. Дерево — замечательный источник добротного бумажного волокна, но как превратить плотный и твердый древесный ствол в жидкую кашу из коротких мягких волокон и при этом не надорваться?

Волокна, благодаря которым бумага так легка, но притом прочна, — это целлюлоза. С точки зрения химии это длинная сложная цепь, которая у всех растений служит главной строительной молекулой, связывающей воедино клетки организма, особенно в стволе и ветках, — именно жилистые волокна целлюлозы застревают в зубах, когда вы жуete сельдерей. В прочных древесных стволах, однако, волокна целлюлозы усилены другим структурным компонентом — молекулой лигнина, которая, скрепляя целлюлозные пучки, образует древесину. Лигнин обеспечивает дерево идеальным материалом для строительства крепкой несущей центральной «колонны» и широко расходящихся сучьев и ветвей, на которых листья «вывешиваются» на солнце, но из-за него волокно целлюлозы остается досадно недоступным для человека.

Традиционно для получения растительного волокна стебли разминали, замачивали на несколько недель в стоячей воде, чтобы микроорганизмы принялись разрушать

структуру материала, а затем интенсивно толкли, высвобождая целлюлозу грубой силой. Но не все так плохо: можно сберечь много времени и сил и перейти сразу к более эффективной схеме.

Связи, удерживающие вместе в ткани дерева целлюлозу и лигнин, легко разрушает химический процесс под названием гидролиз. При нем происходят те же самые молекулярные превращения, что и при сапонификации мыльного сырья, и добиваемся мы этого ровно теми же мерами: призываем на помощь щелочь. Лучшая для наших целей часть дерева или иного растения — ствол или стебель и ветви, поскольку корни и листья не богаты целлюлозным волокном. Растительную ткань крошат на мелкие кусочки, чтобы максимально увеличить площадь поверхности, контактирующей с агентом, и опускают на несколько часов в чан с кипящим щелочным раствором. Это разрушает химические связи, скрепляющие молекулы полимеров, так что растительная ткань размягчается и распадается. Щелочной раствор действует и на лигнин, и на целлюлозу, но гидролиз лигнина происходит быстрее, так что у нас остается возможность, пока лигнин разрушается и растворяется, собрать драгоценные бумажные целлюлозные волокна. Мягкие белые волокна всплывут на поверхность мутно-бурого окрашенного лигнином варева.

Подходит любая из щелочей, которые мы описали в главе 5, — поташ, едкий натр, известь, — но исторически чаще всего применялась гашеная известь (гидроксид кальция), поскольку ее легко получать в больших объемах, обжигая известняк, тогда как поташ производится вымачиванием древесной золы, что весьма трудозатратно. Однако, если вы наладили искусственный синтез едкого натра (об этом пойдет речь в главе 11), он подойдет для варки целлюлозы гораздо лучше любого другого агента, способствуя интенсивному гидролизу. И вы получаете его прямо в варочном чане, смешивая гашеную известь и соду.

Собрав на сите отделившиеся волокна целлюлозы, их несколько раз промывают, пока не отмоют от грязноватого лигнинового налета. Затем, если нужно, чтобы готовая бумага вышла чисто-белой, пульпу замачивают в отбеливателе. Хорошими отбеливателями служат хлорная известь и хлорноватистый натр: их получают, соединяя газообразный хлор (добываемый путем электролиза соленой воды) с гашеной известью или едким натром соответственно. Химическая природа такого отбеливания — окисление: распадаются молекулярные связи в окрашенных веществах, и молекулы распадаются или преобразуются, так что вещество утрачивает цвет. Отбеливание необходимо не только при производстве бумаги, но и в текстильной промышленности, так что в дни перезагрузки потребность в нем, вероятно, станет главным стимулом развития химической индустрии.

Вылейте добрую порцию этого густого целлюлозного супа на частое сито или полотняный экран с деревянной рамой-бортиком, чтобы, когда вода стечет, волокна улеглись в виде как попало сплетенного коврика. Отпрессуйте его, чтобы выжать оставшуюся воду и получить ровные гладкие листы, и оставьте сушить.

Небольшое бумажное производство будет значительно легче организовать, если вам удастся кое-что найти в руинах погибшей цивилизации. Щеподробилка или даже большой кухонный блендер, подключенный к генератору, облегчит «разжевывание» растительной массы в густой целлюлозный суп; но можно применить ветряк или водяное колесо, которые создадут усилие, необходимое для подъема свайных молотов, измельчающих массу.

Впрочем, получение чистой гладкой бумаги — только половина дороги к организации письменной коммуникации и постоянных запасов знания. Когда высохнут или затеряются все оставшиеся от доапокалиптических времен авторучки, понадобится изготовить яркие и долговечные чернила, которыми можно писать по бумаге.

В принципе, в качестве чернил на первый случай можно использовать все, что оставляет досадные пятна, если капнет вам на рубашку. Можно взять, к примеру, горсть спелых

ягод насыщенного цвета, растолочь, чтобы дали сок, процедить его и растворить в нем немного соли для консервации. Но с растительными экстрактами чаще всего связана проблема недолговечности. Чтобы сохранить собственную речь и заново собранный возрождающимся человечеством запас знаний навсегда, нужны чернила, которые плохо смываются со страницы и не выцветают на солнце. Средневековая Европа пришла к такому решению, как железистые (железо-галловые) чернила. Можно сказать, что ими написана сама история западной цивилизации. Ими делал записи Леонардо да Винчи. Записывал свои концерты и сюиты Бах. Делали наброски Ван Гог и Рембрандт. Не без участия железистых чернил дошла до потомков Конституция Соединенных Штатов. Состав, весьма похожий на оригинальные железистые чернила, поныне широко употребляется в Великобритании: канцелярские чернила, которыми должны заполняться такие документы, как свидетельства о рождении, смерти и браке, готовят по той же средневековой формуле.

Как явствует из названия, главных компонентов у этих чернил два: соединение железа и экстракт галла — чернильного орешка. Галлы образуются на листьях и ветках деревьев, например дубов, когда оса-паразит откладывает яйца в почки и, раздражая дерево, заставляет его образовать вокруг кладки нарост. Эти орешки богаты галловой и дубильной кислотами, они обе реагируют с сульфатом железа, полученным растворением железа в серной кислоте. Железистые чернила в чистом виде практически бесцветны, и трудно видеть, что ты ими выводишь, если не добавить в смесь еще какой-то растительный краситель. Но на воздухе железная составляющая чернил окисляется, и линия приобретает густую и устойчивую черную окраску.

Простейшее перо также можно изготовить по освященному веками патенту. Подержите птичье перо (использовались в основном гусиные и утиные) в горячей воде и удалите материал, заполняющий его стержень. Обрежьте кончик стержня, подрезав с двух сторон, чтобы получилось острое жало, а затем придайте острiu плавный округлый изгиб, классическую форму стального пера. Если острое надсечь вдоль посередине, перо будет удерживать в себе небольшой запас чернил, и макать его в чернильницу придется не так часто.

## Печать

Появление письменности было историческим шагом, обеспечившим сохранение и накопление идей, изобретение же книгопечатания подарило нам машину для их размножения и быстрого распространения. Сегодня развитые страны могут похвастать практически поголовной грамотностью населения, и ежегодно в них отпечатывают приблизительно 45 млрд страниц текста: книги, газеты, журналы, брошюры.

Если бы не было печати, копирование текста требовало бы нескольких недель кропотливого труда целой группы переписчиков. Заказывать такие работы могли бы лишь влиятельные и богатые люди, а значит, в обращение выходили бы только отобранные и одобренные ими тексты. Изобретение печатного прессы демократизировало знание. Печать дает каждому возможность не только учиться, но и распространять собственные идеи: от новых научных теорий до радикальных политических воззрений, стимулируя широкое обсуждение и перемены в общественном устройстве.

Главный принцип печати — замена рукописной страницы набором литер: рядами уложенных в деревянную раму небольших кубиков, у каждого из которых на верхней грани выточена рельефная буква. Набор смазывается чернилами и прижимается к странице. После того как рамка наполнена литерами, одну страницу текста можно быстро напечатать еще, и еще, и еще раз, а когда нужное число копий отпечатано, из тех же литер составляется следующая страница. Даже на примитивном печатном прессе текст репродуцируется в сотни раз быстрее, чем от руки.

Есть три главные проблемы, которые вам предстоит решить, чтобы возродить печатный станок с подвижными литерами, изобретенный в XV в. в Германии Иоганном Гутенбергом [39]. Во-первых, нужно придумать способ массово изготавливать литеры точного размера. Затем понадобится механизм, равномерно и плотно прижимающий набор к странице. Наконец, придется изобрести новый вид чернил — не таких, что свободно стекают с кончика пера, а таких, которые хорошо держатся на металлических деталях сложной конфигурации.

Первый вопрос: из какого материала делать литеры? Дерево легко резать, но потребуется долгая кропотливая работа искусного резчика, который должен будет вырезать вручную каждую отдельную букву: около 80 букв (считая прописные и строчные), цифры, знаки препинания и другие употребительные символы — и впоследствии множество точных копий каждой из них. И это лишь для одного шрифта в одном размере и одном начертании.

Выходит, чтобы массово печатать книги, вам нужно сначала научиться массово производить орудия для этого. Здесь может помочь литье — отлив одинаковых блоков-литер из расплавленного металла. Гутенберг понял: чтобы блоки-литеры имели ровные и гладкие грани и абсолютно прямые углы и плотно укладывались в ряды-строки, их нужно отливать в форму в виде пустого куба. Четкое очертание буквы можно без лишних усилий получить на нижнем торце блока, если на дно формы установить сменную матрицу. Матрицы можно делать из мягкого металла вроде меди, а точный оттиск буквы на них легко получить, впечатав его так называемым пуансоном из твердой стали. Остается один раз вырезать каждую букву, цифру и знак на пуансоне, и можно спокойно отливать без счета литеры одного шрифта.

Здесь есть еще одна трудность, возникающая из природы европейских букв: они сильно разнятся по ширине, от изящной *i* или стройной *l* до круглобокой *O* или плечистой *W*. Чтобы текст легко читался, буквы должны стоять рядом тесно, и вокруг узких символов не должна зиять пустота. Таким образом, нужно научиться отливать кубики-литеры одинаковой высоты, чтобы они составлялись в строку, но разной ширины.

Это тоже предусмотрел Гутенберг, озаренный идеей массового и удобного изготовления кирпичиков печатного текста. Форму нужно сделать из двух зеркальных половинок — L-образных створок, которые, складываясь, образуют внутри кубическую полость. Стенки такой камеры легко сдвигаются и раздвигаются, плавно регулируя ширину литеры, но не меняя ни глубины, ни высоты (сложите рамку, растопырив большие и указательные пальцы, и вы наглядно увидите остроумный принцип этого изобретения). Чтобы отлить идеально подогнанную букву, остается положить на дно формы нужную матрицу, задать ширину камеры, залить расплав, а когда он застынет, извлечь готовую букву, просто разняв L-образные половинки.

Когда страница текста набрана, набор смазывают чернилами и получают тонко детализированный оттиск на чистом листе. Есть целый ряд механических устройств, позволяющих приложить интенсивное давление, в том числе простой рычаг или система блоков: и то и другое в истории бумагоделания применяли для удаления избытков жидкости. Но Гутенберг вырос в немецком винодельческом краю и для своего революционного изобретения применил другой старинный патент. Винтовой пресс — это древнеримская технология, восходящая к I в.: такими прессами повсеместно отжимали оливковое масло и виноградный сок. Пресс оказался идеальным механизмом для жесткого, но равномерного давления на две пластины, прижимающие смоченный краской набор к книжной странице. Память об этом важнейшем инструменте печатного процесса дожила до наших дней в коллективном названии всех печатных изданий, да и работающих там журналистов — «пресса» [40].



**Форма для отливки литеры.** На дне полости в центре лежит матрица с оттиском буквы. Для печати вовсе не обязательно налаживать производство бумаги: станок Гутенберга отлично печатает на пергаменте, выделанном из телячьей кожи (но не на ломком папирусе). Однако без ее массового производства невозможно сделать книги доступными широкому покупателю, так что их революционный в аспекте социального развития потенциал останется под спудом. Если бы книга, которую вы сейчас держите в руках, была напечатана на пергаменте и в том же формате, что и первая Гутенбергова Библия, на каждый экземпляр ушло бы около 48 телячьих шкур.

Но успех печати зависит еще от качества чернил. Разработанные для письма от руки текучие составы на водной основе, вроде железистых чернил, здесь совершенно не годятся. Чтобы четко оттиснуть тонкие буквы, нужны вязкие чернила, они должны крепко пристать к металлическим поверхностям сложной формы, а потом оставить четкий оттиск на бумаге, не размазываясь, не растекаясь и не расплываясь. Гутенберг эту задачу решил, обратившись к новинке, которая тогда только входила в обиход художников Возрождения, — масляным краскам.

Черную краску на основе сажи древние египтяне и китайцы придумали примерно в одно время, около 4500 лет назад. Углеродные крупинки сажи служат идеально черным пигментом, если смешать ее с водой и специальным загустителем типа древесной смолы или желатина (костный клей: см. главу 5). Так готовят китайскую тушь, изобретенную в Китае, распространившуюся тогда же в Индии и поныне широко применяемую художниками. В сущности, суспензия частичек угольно-черного красителя представляет собой тонер для ксерокса и лазерного принтера. Сажу можно собрать из дымного



пламени горящих масел (так называемая ламповая копоть) или сжигая различные органические материалы — древесину, кость или деготь.

Хотя угольные черные пигменты имеют почтенную историю, для печатного прессы загущенная смолой или клеем тушь не годится, здесь нужен состав совсем иной вязкости и с иным порядком высыхания. И Гутенберг нашел решение в только-только зарождавшейся ренессансной живописи. Ламповая копоть в смеси с льняным или ореховым маслом быстро сохнет и держится на металлических литерях значительно лучше, чем жидкая тушь на водной основе (хотя льняное масло перед применением нужно обработать: вскипятить и снять поднявшийся слой густой слизи). Нужную вязкость чернилам можно сообщить с помощью двух дополнительных ингредиентов — скипидара и камеди. Скипидар — это растворитель, им разводят масляные краски, а получают его перегонкой смолы хвойных деревьев, в частности сосновой. А вот твердая густая смола, остающаяся при перегонке после отделения летучих компонентов, напротив, сгущает краску. Добившись нужного баланса двух ингредиентов-антагонистов, вы придадите чернилам оптимальную вязкость, а скорость высыхания можете варьировать, изменяя пропорцию льняного и орехового масел.

Итак, книгопечатание позволит быстро распространять знание среди возрождающегося человечества, а письменные сообщения дадут возможность поддерживать связь между людьми, живущими в разных местах. Но ведь, наверное, можно не затрудняться доставкой бумажных писем и на большом расстоянии вести общение с помощью электрических сигналов?

## Электрическая связь

Электричество — удивительная материя: ток летит по проводу практически моментально и производит заметную нам работу вдаль от места, где его включили, например зажигает свет в другой комнате. Но чтобы передать сигнал между зданиями, городами и даже странами, мало просто размотать провода с лампочками и мигать друг другу. Вам будет мешать электрическое сопротивление, гасящее энергию сигнала, и, для того чтобы зажечь лампочку на сколько-нибудь значительном удалении, просто не хватит напряжения. Однако подходящий электромагнит, снаряженный, как описано в главе 8, создаст заметное магнитное поле даже от слабого тока. Расположите над его концом неустойчиво сбалансированный металлический рычажок, и он послужит исключительно чувствительным переключателем, который при возникновении тока в магните будет замыкать цепь и активировать звонок. Релейный зуммер по разные концы длинной телеграфной линии помогает телеграфисту услышать электрический сигнал, посланный издалека.

Сообщения можно передавать побуквенно, обозначая каждую букву последовательностью длинных и коротких электрических сигналов — тире и точек. Вам только остается условиться с человеком на другом конце линии, как обозначается каждая буква, после этого можно обмениваться первыми постапокалиптическими телеграфными письмами. Как вы построите систему кодирования, в сущности, неважно, но если вы заранее задумаетесь над тем, чтобы процесс был и быстрым, и надежным, то, вероятно, заново изобретете азбуку, весьма похожую на код Сэмюэля Морзе. У него наиболее употребительным буквам английского алфавита соответствуют самые простые комбинации: E — одна точка, T — тире, A — точка-тире, I — точка-точка.

Распределенные на равном расстоянии релейные радиостанции помогут передавать сигнал дальше по линии, так что вы сможете наладить глобальную сеть телеграфной связи. Но прокладка и содержание проводов через континенты и по океанскому дну — предприятие непростое. Не поискать ли более удобный способ? Нельзя ли наладить передачу электрических сигналов без хлопот с проводами, по которым бежит ток?

Рассмотрим поближе инь-яновскую взаимозависимость электричества и магнетизма. Если от колебаний электрического поля возникает магнитное поле, а колебания магнитного, в свою очередь, создают электрическое, значит, человеку под силу управлять колебаниями взаимно индуцирующихся энергий. Вообще-то такие электромагнитные волны (в отличие от волны на воде или звуковой волны) распространяются даже в полном вакууме, где нет материи, которая передавала бы возмущение: электричество и магнетизм вместе путешествуют по Вселенной, как призраки.

Золотой солнечный свет, льющийся в ваше окно, тоже не более чем сплетение электрического и магнитного полей. От рентгеновского аппарата, солярия, инфракрасных приборов ночного видения и микроволновых печей до радиолокации, телевидения и этой квинтэссенции современной жизни, бесплатного Wi-Fi, к которому я сейчас подключил свой ноутбук, — все это основано на разных формах света. Электромагнитный спектр — это широкая полоса частот, в которых колеблются соединенные электрическое и магнитное поля — от опасного интенсивного гамма-излучения до длинноволнового радио, и все эти волны распространяются со скоростью света.

Нас с вами интересуют именно радиоволны. Кроме того, что их относительно легко произвести и уловить, они могут переносить на большие расстояния информацию. Радиопередатчик и радиоприемник — вот технология, восстановление которой поможет вам наладить систему дальних коммуникаций.

Начнем с того, что попроще, — с приемника. Закиньте на дерево длинный кусок провода, нижний конец зачистите и воткните в землю для заземления. Это антенна, и быстрое колебание электромагнитного поля в проходящей радиоволне заставит электроны в металлическом проводе бегать вверх и вниз — создаст индуцированный переменный ток. Но для того чтобы присоединить сюда наушники и хоть что-то услышать, нужно найти способ отделить положительную или отрицательную половину волны, отбросив вторую.

Разрешить эту задачу поможет любой материал, пропускающий ток в одном направлении и блокирующий в противоположном: он «выпрямляет» переменный ток в серию импульсов постоянного. К счастью, таким волшебным и ценным свойством обладают многие кристаллы. Железный колчедан, прозванный за свою обманчивую наружность «самоварным золотом», прекрасно справляется с задачей, и его легко отыскать. Широко применяется в радиоприемниках с кристаллическими детекторами и другой минерал — галенит (сульфид свинца). Это основная руда свинца, ее богатые залежи есть по всему миру, в разные века человек добывал из нее свинец для изготовления водопроводных труб, церковных кровель, мушкетных пуль и свинцово-кислотных перезаряжаемых аккумуляторов.

Включите кристалл в цепь с антенной и наушниками, поместив его в металлическую капсулу и приделав к ней еще один контакт в виде тонкого провода, так называемый «кошачий ус». Выпрямление происходит в месте соединения кристалла и тонкого контакта, но этот эффект неустойчив, и требуется терпение, чтобы методом проб и ошибок определить оптимальное расположение этих двух частей. Однако даже в отсутствие радиопередачи это примитивное устройство может улавливать радиоизлучение, порождаемое природными явлениями, например грозами. По сути, примитивный радиопередатчик работает по принципу искрового генератора, создавая быстрые последовательности искусственных грозных разрядов.

В искровых генераторах искра проскакивает между двумя контактами под высоким напряжением. Каждая такая искра вызывает в антенне движение электронов и испускание краткой серии радиоволн. Если передатчик каждую секунду производит тысячи искр, испуская быструю череду радиоволн, в наушниках приемника будет раздаваться жужжание. Смонтируйте выключатель на стороне низкого напряжения

трансформатора, питающего разрядник, чтобы управлять разрядами и испусканием радиоволн и кодировать сообщение в тире и точках.

В идеале вам нужно передавать по радиоволнам звуки, чтобы радиооператоры могли переговариваться друг с другом или вести передачи на широкую аудиторию. Морзянка основана на полном прерывании и возобновлении сигнала, но, чтобы передавать звук, требуется более тонкое воздействие, так называемая модуляция несущего сигнала. Простейший алгоритм называется «амплитудная модуляция» (АМ): интенсивность несущего сигнала плавно меняется в пределах двух крайних значений, изящный график звуковых колебаний как бы пропечатывается поверх размашистой амплитуды радиоволны. К счастью, кристаллический детектор отлично справляется с «демодуляцией» сигнала в приемнике. Односторонняя проводимость кристаллического перехода в соединении с выравнивающим действием конденсатора убирают высокочастотный несущий импульс, оставляя только голос оператора и музыку.

Но если в округе не единственный мощный передатчик, а хотя бы несколько, через такой примитивный приемник вы будете слышать нераспознаваемую мешанину разных сигналов: антенна улавливает все передачи на различных частотах и все это транслирует вам в наушники. Для точной настройки в систему нужно добавить некоторые компоненты. Настройка передатчика повышает эффективность передачи, раскладывая ее энергию по узким полосам радиочастотного спектра, а приемник выбирает из многоголосой какофонии всего радиоэфира ту полосу, которая вам нужна.

Как мы видели, радиоволна — это, в сущности, колебание, и составляющие ее электрическое и магнитное поля чередуются в некотором ритме, качаясь, будто маятник часов. Чтобы настроить радиоприемник или передатчик, нужно добавить устройство, которое электрически колеблется в определенной частоте и не реагирует на другие, близко расположенные частоты. Для этого используется явление резонанса.

Его можно представить следующим образом. Ребенок на качелях качается туда-сюда с определенной частотой, как любой маятник. Если в нужный момент вы слегка подталкиваете его, ребенок взлетает все выше и выше. Но если толкать не в ритме качания, все ваши усилия пропадут втуне.

Сконструировать простейший колебательный контур, поддерживающий заданную частоту, поможет восхитительно изящная комбинация конденсатора и индукционной катушки-дросселя. Конденсатор изготавливается из двух металлических пластин, разделенных слоем изоляции. Любая подача напряжения гонит электроны в одну из пластин, пока там не образуется негативный заряд такой емкости, что дальнейшее наполнение невозможно. Конденсатор служит хранилищем электрического заряда и испускает его одним резким мощным импульсом, как, например, во вспышке фотоаппарата. Катушка-дроссель — это, в сущности, электромагнит, но она делает кое-что поинтереснее, чем просто притягивает металлические предметы. Если сопротивление препятствует прохождению тока вообще, то индуктивность препятствует флуктуациям в потоке электронов. Таким образом, пара «конденсатор–дроссель» служит надежным запасом электрической энергии: конденсатор в форме поля между его пластинами, а дроссель — в виде магнитного поля, окружающего катушку. Соедините эти два устройства в цепь, и эта простая кольцевая электрическая цепь как по волшебству оживет.

Когда насыщенная электронами пластина конденсатора отдает свой заряд, ток идет по цепи и через индукционную катушку, где создается магнитное поле, пока заряд на пластинах не сравняется. Тогда магнитное поле на катушке исчезает, но до тех пор линии убывающего поля, проходя сквозь катушку, вызывают в ней ток (эффект генератора) и, значит, закачивают электроны в другую пластину конденсатора — удивительно, схлопывающееся магнитное поле способно какое-то время поддержать тот же самый ток, которым оно и создано. К тому времени, когда поле в

дросселе исчезнет совсем, вторая пластина конденсатора полностью зарядится и запустит ток в противоположном направлении, и он опять пройдет через катушку.

И так энергия течет то туда, то сюда между конденсатором и дросселем, то и дело переходя из электрического поля в магнитное и обратно, как маятник, совершающий тысячи колебаний в секунду — на частоте радиоволны.

Прелесть этого очаровательно несложного колебательного контура именно в том, что работает он исключительно на своей природной частоте, не сбиваясь ни на какие другие. Вы можете изменить эту частоту, то есть перенастроить свой передатчик или приемник, изменив характеристики одного из двух компонентов. Легче это проделать с конденсатором: вращая полукруглые металлические пластины относительно друг друга, можно регулировать площадь их пересечения, а значит, максимум собираемого заряда. Ручка настройки на старых приемниках чаще всего и была соединена с переменным конденсатором в колебательном контуре. Современные передатчики и приемники настраиваются с такой точностью, что радиоэфир в наши дни нарезан на тончайшие ломтики, будто окорок на гастрономическом прилавке, и поделен под тысячи разных нужд: коммерческое радио- и телевидение, GPS-навигация, переговоры экстренных служб, управление воздушным движением, сотовая связь, беспроводной интернет и Bluetooth, радиоуправляемые игрушки и т.д. Искровые передатчики сейчас и вовсе запрещены: их радиоизлучение плохо сфокусировано и рассеивается по широкому диапазону, так что они серьезно засоряют области соседних частот.

Конечно, для передачи звуковых сообщений необходимы еще такие компоненты, как микрофон, преобразующий звуковые колебания в кривые напряжения электроцепи передатчика, и наушники, транслирующие полученные электрические импульсы обратно в звук. Фактически микрофон и наушники — это одно и то же устройство. И там, и там есть мембрана, которая, вибрируя, создает звук или улавливает его, присоединенная к катушке, внутри которой находится магнит, так что в обоих устройствах наблюдаются те же явления электромагнетизма, которые лежат в основе электромотора и электрогенератора.

Более чувствительный вариант радиостанции можно собрать, применив пьезокристалл, обладающий занятным свойством создавать при деформации электрическое напряжение. Кристаллические наушники с такой чувствительностью нужны, чтобы слышать исчезающе слабый сигнал с «кошачьего уса». В качестве пьезокристалла отлично подойдет виннокислый калий-натрий, он же сегнетова соль — по имени французского аптекаря, впервые получившего это вещество в XVII в. Приготовить эту соль можно, смешав горячие растворы кальцинированной соды и кислой винно-калиевой соли (известной под названием «винный камень»), кристаллы которой оседают на стенках бочек, где выдерживается вино.

Можно не сомневаться, что постапокалиптическое человечество быстро возродит радиосвязь с нуля — даже без сложных волновых уравнений и без производственной базы для выпуска тонких радиоприборов. Это уже было в недавней истории.

Во Вторую мировую войну солдаты в траншеях на переднем крае и военнопленные в лагерях, чтобы слушать сводки с фронтов и музыку, собирали приемники из подручных средств. В этих остроумных конструкциях использовался широкий набор материалов, приспособленных под радиодетали. Антенны забрасывали на деревья или маскировали под бельевые веревки, а иногда использовали в этой роли даже провололочные заграждения. Для заземления хорошо служили холодные водопроводные трубы в лагерных бараках. Дроссели изготавливали, наматывая проволоку на картонную трубку, а раздобытый где-то голый провод изолировали свечным воском или, как в японских лагерях, жидким тестом из муки и пальмового масла. Переменные конденсаторы для настройки сооружали из фольги, например от сигаретных пачек, прокладывая ее изолирующими слоями газеты; получившийся широкий и плоский колебательный контур для компактности сворачивали в трубку.

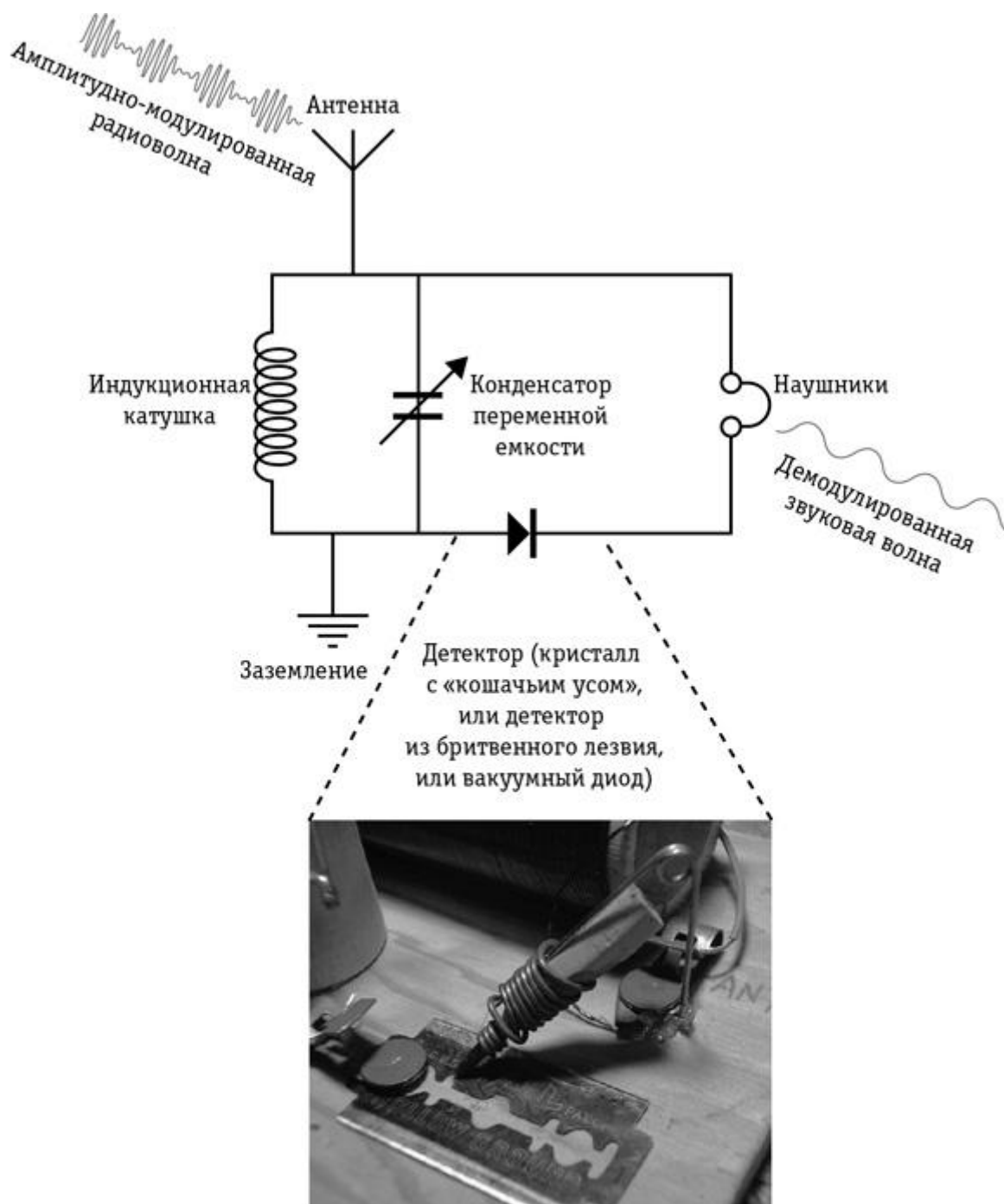
Наушники смастерить значительно труднее, поэтому их чаще просто снимали с разбитых машин. Прimitивную замену собирали, наматывая проволоку на стальные гвозди, на конце приспособливая магнит, а на проволоку сверху пристраивая крышку от консервной жестянки, чтобы она слегка вибрировала под действием принятого сигнала.

Но, пожалуй, самого остроумного подхода потребовало создание такого необходимого устройства, как выпрямитель, снимающий звуковые частоты с несущего сигнала.

Кристаллов вроде железного колчедана или галенита на фронте было не достать, но оказалось, что заржавленные бритвенные лезвия и окисленные медные монетки тоже годятся. Лезвие втыкали в кусок дерева рядом с разогнутой английской булавкой. К острию булавки прочно крепили (например, туго приматывали проволокой) заточенный грифель, и за счет своей упругости булавка отлично служила «кошачьим усом», позволяя точно настроить примыкание грифеля к поверхности окисленного металла, чтобы чисто демодулировать сигнал.

Кристаллические радиоприемники (как и «ржавчинно-грифельные» детекторы) прекрасны своей простотой и не нуждаются в источнике электропитания, поскольку получают необходимую для работы энергию прямо из уловленных радиоволн. Но кристаллический детектор ненадежен, и звук такой приемник производит негромкий. Решает эту проблему и дает начало новой революционной технологии, имеющей самый широкий спектр применений, вакуумная трубка — близкий родственник другого убикиста современной цивилизации, электрической лампочки.

Как и лампочка Эдисона, вакуумная трубка состоит из металлической нити накаливания, помещенной в стеклянную капсулу, но есть важное отличие в том, что вокруг нити выставлен металлический экран, а внутри капсулы почти абсолютный вакуум. С нити, раскаленной добела, электроны отрываются и образуют вокруг нее облако-заряд. Это явление называется «термоэлектронная эмиссия» и используется в рентгеновских аппаратах, люминесцентных лампах, старых телевизорах и компьютерных мониторах. Если экран заряжен более положительно, чем нить, высвободившиеся электроны притягиваются к нему, и в нем возникает ток. В обратную сторону ток пойти не может, потому что металлический экран не нагревается и не испускает электронов, следовательно, такого рода диод (прибор с двумя металлическими контактами или электродами) действует подобно клапану, пропуская ток лишь в одну сторону. Основанный на совсем иных физических процессах, этот термоэлектронный клапан выполняет те же функции, что и кристаллические детекторы, и его можно сразу использовать как демодулятор в радиоприемниках. А одно простое дополнение к конструкции дает нам важнейшую инновацию и целый спектр небывалых возможностей.



### Монтажная схема простого радиоприемника (сверху) и детектора из бритвенного лезвия, широко применявшегося в лагерных приемниках (внизу)

Если взять обычный вакуумный диод и поместить между нитью накаливания и экраном проволочную спираль или сетку, можно наблюдать кое-что фантастическое. Такое трехконтактное устройство называется триодом, и, варьируя напряжение, подаваемое на сетку, можно влиять на ток, возникающий между нитью и экраном. Подавая на сетку небольшое отрицательное напряжение, мы отклоняем траектории электронов, испущенных нитью и летящих к экрану. Усилив напряжение, мы еще больше разрежим их поток — это как пережимать коктейльную соломинку, дозируя прохождение напитка. Но главное — триод дает возможность, варьируя напряжение на одном из контактов, управлять напряжением на другом. Гениальное применение этого свойства заключается в том, что микроскопическими колебаниями малого напряжения на контрольной сетке

можно вызвать значительные вариации напряжения на выходе. Вы усилили входящий сигнал.

Триод делает то, чего не могут кристаллы: усиливает полученный сигнал так, что через динамики его слышно во всей комнате. Также триод позволяет получать электрические колебания строго заданной частоты, что идеально для узкополосного несущего сигнала, и без труда накладывать на этот сигнал звуковую модуляцию. Все это важнейшие функции для радиовещания, но не менее полезны вакуумные радиолампы и в роли переключателей, регулирующих направление тока много быстрее механических рубильников. Монтируя множество таких ламп в одну сеть, где они управляют друг другом, можно выполнять математические вычисления и даже собирать полностью программируемые электронно-вычислительные машины [41].

## Глава 11

# Сложная химия

...Лично я не против, если культура общества потребления вдруг возьмет и — фьюить! — сгинет в одночасье, ведь все мы окажемся в одной лодке, ну и будем жить, ничего страшного, за курами ходить, феодалов чтить и все такое прочее. Но... если бы мы все копошились тут на земле в грязных обносках, разводя свиней в заброшенных кафешках «Баскин-Роббинс», и я вдруг взглянул бы на небо и увидел самолет — пусть там был бы всего только один-единственный человек — вот тут я бы точно свихнулся! Или все откатываются назад в дремучее средневековье — или никто!

Дуглас Коупленд. *Планета шампуня* [42]

В этой книге мы немало говорили о том, как без особых сложностей превращать одни вещества в другие. Хотя эти яркие метаморфозы могут сначала показаться волшебством, при некотором старании вы сможете разобраться в свойствах разных химических элементов, вывести закономерности их взаимодействия, научиться предвидеть ход и итог реакции и наконец обратить знания в силу и управлять сложными цепочками химических реакций, чтобы добиться нужного вам результата.

Далее в этой главе мы увидим, как относительно развитая цивилизация, потратившая на возрождение жизнь нескольких поколений и крепко утвердившаяся, сможет освоить более сложные промышленные процессы, необходимые для ее движения вперед, ведь примитивных методов, о которых мы говорили, обсуждая получение соды, на все не хватает. Но сначала поговорим о том, как можно с помощью электричества получить важнейшие для возрождения цивилизации сырьевые продукты и постичь поразительные законы, действующие в мире химических превращений.

## Периодическая таблица и электролиз

Мы уже видели, как технологии генерации и распределения электроэнергии открывают широчайшее поле для решения множества задач, связанных с восстановлением цивилизации, и помогают наладить коммуникацию с далекими странами. Но первым практическим применением электричества в истории — и на первых порах перезагрузки оно также окажется бесценным — было расщепление веществ на простые составляющие, то есть электролиз.

Например, если пропустить ток через рассол (раствор хлорида натрия), то у отрицательного электрода жидкость закипит пузырями водорода от расщепившихся молекул воды, а у положительного — пузырями газообразного хлора. Водород можно использовать для наполнения летательных аппаратов и как сырье для процесса Габера–Боша (о котором мы поговорим дальше), хлор же входит в состав отбеливателей, применяемых в производстве бумаги и текстиля, о чем шла речь в главе 4. А если вы немного усовершенствуете схему, то сможете получить еще и гидроксид натрия



(каустическую соду), образующуюся в электролите, которая, как мы видели, представляет собой удивительно полезную щелочь. Электролиз чистой воды (с небольшим добавлением каустической соды для усиления электропроводимости) даст вам водород и кислород.

Даже алюминий из скальной руды можно извлечь с помощью электролиза — из-за высокой химической активности его нельзя выплавить на угле или коксе. Алюминий — самый распространенный металл в земной коре и главная составляющая глины, материала, освоенного человеком в числе первых. И при этом до появления в конце 1880-х гг. метода плавки и электролиза его руды алюминий был слишком дорог для широкого применения [43].

К счастью, возрождающемуся человечеству не нужно будет сразу добывать алюминий из руды. Этот металл настолько устойчив к коррозии, что столетиями не подвергается порче, и температура плавления у него относительно невелика ( $660\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), что позволяет его переплавлять в примитивной печи, которая описана на с. 140–141.

Применение электролиза позволит синтезировать ряд важных для существования цивилизации веществ, пропустив применявшиеся на протяжении столетий менее эффективные методы их получения. К тому же электролиз поможет вам и в научном познании мира: он разлагает вещества на чистые строительные блоки — химические элементы. Например, в 1800 г. ученые с помощью электролиза убедительно доказали, что вода вовсе не элемент, а соединение водорода и кислорода. А за восемь последующих лет методом электролиза выделили в чистом виде еще семь элементов: калий, натрий, кальций, бор, барий, стронций и магний. Первые три из этого списка были открыты при электролизе распространенных химических соединений, не раз упомянутых в этой книге, — поташа, каустической соды и негашеной извести. Но электролиз не только прекрасный способ изолировать ранее неизвестные химические элементы: этот процесс показывает, что самые связи, удерживающие вместе атомы в химических веществах, имеют электромагнитную природу.

Если изучать взаимоотношения разных химических элементов, то, как они ведут себя в тех или иных соединениях, каковы их «характеры», то обнаруживается одна глубокая и поразительная истина: элементы — не одиночки, они объединяются в естественные группы, отличающиеся общими свойствами, своего рода семьи. Открытие этой структуры упорядочило химический космос так же, как осознание морфологических сходств и, соответственно, родственных связей в царстве живых организмов упорядочило космос биологический. Например, калий и натрий — металлы с высочайшей химической активностью, образующие щелочные соединения, такие как едкий натр и поташ, из которых путем электролиза и выделяют чистые элементы, а хлор, бром и йод реагируют с металлами, образуя соли. Если вы возьметесь раскладывать элементы в каком-то порядке, формируя столбцы по сходству свойств, обнаружится один и тот же повторяющийся рисунок и у вас получится периодическая таблица элементов.

Нынешняя периодическая таблица элементов — великий памятник научным достижениям человека, не менее впечатляющий, чем египетские пирамиды или любое из чудес света. Это не просто полный список элементов, когда-либо открытых химиками, это способ организации знаний, позволяющий предсказать многое о тех веществах, которые еще не открыты.

Так, в 1869 г., когда русский химик Дмитрий Менделеев составил свою периодическую таблицу из 60 с небольшим известных на тот момент элементов, он обнаружил в ее матрице пустые клетки — места, куда могли бы встать несуществующие вещества. Но замечательна система Менделеева тем, что она позволила ученому точно предсказать свойства этих гипотетических веществ, например экаалюминия, пропущенной клетки сразу под алюминием. Хотя в материальном виде его никто никогда не видел и не осязал, только на основании его положения в таблице можно было описать

экалюминий как блестящий пластичный металл с определенной плотностью, твердый при комнатной температуре, но плавящийся при необычно низком для металлов градусе. Несколько лет спустя французский химик обнаружил в природе новое вещество и назвал его галлием, в честь старинного названия Франции. Вскоре стало очевидно, что это и есть отсутствующий в таблице экалюминий, предсказанный Менделеевым, и что прогноз о температуре плавления был точным: галлий переходит из твердого состояния в жидкое при 30 °С — этот металл буквально плавится в руках[44].

Эта простая истина — о скрытых закономерностях в мире элементов —поможет вам более систематически разбираться в строении материи и искать возможности лучшего применения свойств природных материалов. А теперь давайте попробуем расширить полученные в главах 5 и 6 знания и рассмотрим технологию, требующую чуть более сложного химического производства, — фотографию.

## Фотография

Фотография — удивительная технология, она позволяет использовать свет для записи образов, выхватить момент жизни и сохранить его навечно. Сделанный во время отпуска фотоснимок вызывает живые воспоминания даже спустя десятилетия и описывает мир с несравнимо большей точностью, чем наша память. Но помимо снимков с дружеских пирушек, семейных портретов и головокружительных пейзажей последние два века фотография дарит нам бесценную возможность увидеть то, чего не видит человеческий глаз. Она обеспечила важнейшей технологией многие области знания и во многом поможет ускорить постапокалиптическое возрождение. Фотография позволяет документировать события и процессы, неясные для нас, слишком быстро или слишком медленно разворачивающиеся или протекающие в недоступном нашему зрению волновом диапазоне. Например, фотография с долгой выдержкой запечатлевает слабые мерцания света с намного более протяженным периодом, чем может уловить человеческий глаз, что позволяет астрономам изучать многочисленные тусклые звезды и распознавать в бледных кляксах на снимках космоса галактики и туманности со сложной структурой[45]. Фотографические эмульсии также чувствительны к рентгеновским лучам, и это дает возможность делать медицинские снимки для диагностики внутренних повреждений.

Химическая основа фотографии довольно проста: определенные соединения серебра темнеют на солнце, так что с их помощью можно создавать черно-белые изображения. Фокус в том, чтобы найти такую растворимую форму серебра, которую можно нанести ровной тонкой пленкой, а потом превратить ее в нерастворимую соль, плотно пристающую к поверхности носителя и несмываемую.

Для начала смочите лист бумаги яичным белком (альбумином), содержащим растворы солей, и дайте высохнуть. Затем растворите в азотной кислоте, которая окислит металл до растворимого нитрата, немного серебра[46] и нанесите раствор на подготовленный лист. В реакцию вступит хлорид натрия, и продуктом будет хлорид серебра, вещество одновременно светочувствительное и нерастворимое, а яичный альбумин не даст фотоэмульсии впитаться в волокна бумаги. Одна серебряная чайная ложечка содержит количество чистого серебра, которого хватит более чем на 1500 фотографий.

Когда лучи света попадают на чувствительный слой фотопластинки, они сообщают ему энергию, достаточную для того, чтобы высвободить электроны в зернах этого слоя и тем самым восстановить из хлорида металлическое серебро. Массивное серебро, например в виде отполированного блюда, ярко блестит, но точки крошечных металлических кристаллов, наоборот, рассеивают свет и потому выглядят темными. В то же время те области фотобумаги, на которые свет не упал, сохраняют белый цвет бумажной основы. После экспозиции на фотобумагу главное— остановить фотохимическую реакцию и закрепить пойманные тени. Тиосульфат натрия — вещество, поныне применяемое в фотографии для фиксации изображения и легкоготавливаемое. Пропустите через

раствор соды или каустической соды сернистый газ (с. 129), затем вскипятите раствор с порошком серы, и после высыхания вы получите кристаллический закрепитель.

Проецируя изображение через линзу на фотобумагу на задней стенке светонепроницаемой камеры, мы получаем фотоаппарат, но, если не усовершенствовать первичный химический процесс, фотография, даже сделанная при ярком солнце, будет проявляться несколько часов. К счастью, мы можем несравнимо повысить чувствительность матрицы с помощью проявителя — химического состава, ускоряющего трансформацию частично засвеченных зерен и окончательно восстанавливающего их до металлического серебра. Для этого хорошо подходит железный купорос, который нетрудно получить, растворив железо в серной кислоте. Когда возрождающееся человечество продвинется в химии, можно будет заменить хлористую соль ее атомарной родней — йодом или бромом, с ними фотоэмульсия получается гораздо более чувствительной.

Но если зерна фотоэмульсии темнеют на свету, а участки, на которые он не упал, остаются белыми, выходит, что на готовом фотоснимке свет и тень поменяются местами: это будет негатив. Не существует такой быстрой химической реакции, которая бы давала устойчивое позитивное изображение, нет такого черного вещества, которое моментально светлело бы под воздействием света, — так что нужно что-то решать с негативом. Концептуальный прорыв состоялся, когда пришла догадка: если негатив создавать в камере на прозрачном носителе, тогда потом останется только посветить сквозь него на фоточувствительную бумагу, чтобы получить изображение, на котором света и тени вернутся на свои места. При мокром коллодионном процессе пироксилин растворяют в смеси эфира и спирта (все эти вещества уже встречались нам на страницах этой книги) и получают вязкую прозрачную жидкость. Лучше всего покрыть фотоэмульсией стеклянную пластину, спроецировать на нее изображение и проявить, пока жидкость не застыла в твердую водоотталкивающую пленку. Если же вместо пироксилинового раствора использовать желатин (вываренный из костей, как о том рассказывается в главе 5), то можно сделать еще более светочувствительную пластину, притом сухую и позволяющую существенно увеличить время выдержки.

Фотография — удивительный пример новой технологии, возникшей из соединения нескольких уже существовавших методов и весьма незамысловатых материалов и веществ. Сложите горн, вымазанный огнеупорной глиной, и выплавите из песка или кварца с добавлением натриевого флюса стекло. Из одного слитка выточите фокусирующую линзу, другой расплющите в прямоугольную пластину для негатива, а затем, используя ваши навыки в изготовлении бумаги, изготовьте листы фотобумаги. В фотопроцессах используются те же кислоты и растворители, к которым мы в этой книге обращаемся раз за разом, — примитивный снимок можно сделать, располагая серебряной ложкой, навозной кучей и поваренной солью. И если бы вы перенеслись в XVI в., вы легко нашли бы там все необходимые химикаты и оптические элементы для сооружения примитивной фотокамеры и могли бы показать Гольбейну, как, не ломая голову над изобретением масляных красок, запечатлеть короля Генриха VIII на фотоснимке.

Заполнение периодической таблицы элементов, применение фотографии для исследования мира — все это важные занятия для цивилизации, возрождающейся из пепла. Но когда общество встанет на ноги и жизнь в той или иной степени наладится, людям с каждым днем будет требоваться все больше базовых веществ, о которых мы здесь все время пишем. Чтобы удовлетворить растущий спрос, обществу придется освоить кое-какие сложные технологии химической промышленности.

## Химическая промышленность

Мы часто слышим о промышленной революции, о новых умных механизмах, значительно облегчивших труд человека, существенно ускоривших прогресс и преобразивших жизнь общества в XVIII столетии. Однако не меньше, чем

автоматические прядильные и ткацкие станки или рокочущие паровые машины, переход к развитой цивилизации обеспечило изобретение химических процессов для производства кислот, щелочей, растворителей и других веществ, необходимых людям.

Для удовлетворения многих важных потребностей, упоминаемых в этой книге, нужны химические агенты, помогающие превратить добытое в природе сырье в необходимые материалы или продукты. Сменяются несколько поколений возрождающегося человечества, и возросшее население уже не сможет обеспечивать спрос на жизненно необходимые вещества примитивными методами, о которых мы писали выше, так что дальнейший прогресс цивилизации окажется под вопросом.

Сосредоточимся на производстве двух веществ, становившихся в свое время причиной кризисов развития западного мира: в конце XVIII в. это была сода, в конце XIX в. нитраты. Постапокалиптическая цивилизация также неизбежно столкнется с необходимостью поддерживать достаточный запас и того и другого. Что же избавит возрождающееся человечество от необходимости добывать соду из древесной золы, а нитраты — из навоза? Начнем с промышленного синтеза соды, поскольку с него начинается история мировой химической индустрии.

Как мы видели, кальцинированная сода (карбонат натрия) — это насущно необходимое соединение, применяемое в самых разных областях хозяйства. Он незаменим в роли флюса при плавке песка для выделки стекла (сегодня больше половины производимого в мире карбоната натрия потребляет стекольная промышленность), а преобразованный в каустическую соду (гидроксид натрия), лучше любых других агентов способствует осуществлению химических реакций при изготовлении мыла и бумаги. Стекло, мыло и бумага — три главных устоя цивилизации, и начиная со Средних веков человеку для их поддержания нужен постоянный приток недорогой щелочи.

Традиционно для получения щелочей брали поташ, продукт сжигания древесины. К XVIII столетию леса на большей части Европы были вырублены, и поташ начали ввозить из Северной Америки, России и Скандинавии. Однако в ряде случаев предпочтительнее углекислая сода (карбонат натрия), ведь полученная из него каустическая сода — гораздо более мощный гидролизующий агент, чем едкое кали. Ее производили в Испании, пережигая местное растение солерос, и на побережьях Ирландии и Шотландии — из выброшенных волнами бурых водорослей. Еще углекислую соду добывали в природных залежах рудного оксида натрия на дне высохшего озера в Египте. Но во второй половине XVIII в. население и экономика Запада настолько выросли, что спрос на соду превысил ее добычу из природных источников. Возрождающееся постапокалиптическое человечество также неизбежно столкнется с такой ситуацией. Химическая углекислая сода — близкая родственница обычной морской соли [47], запасы которой практически бесконечны. Можно ли переработать ее в жизненно важный хозяйственный ресурс?

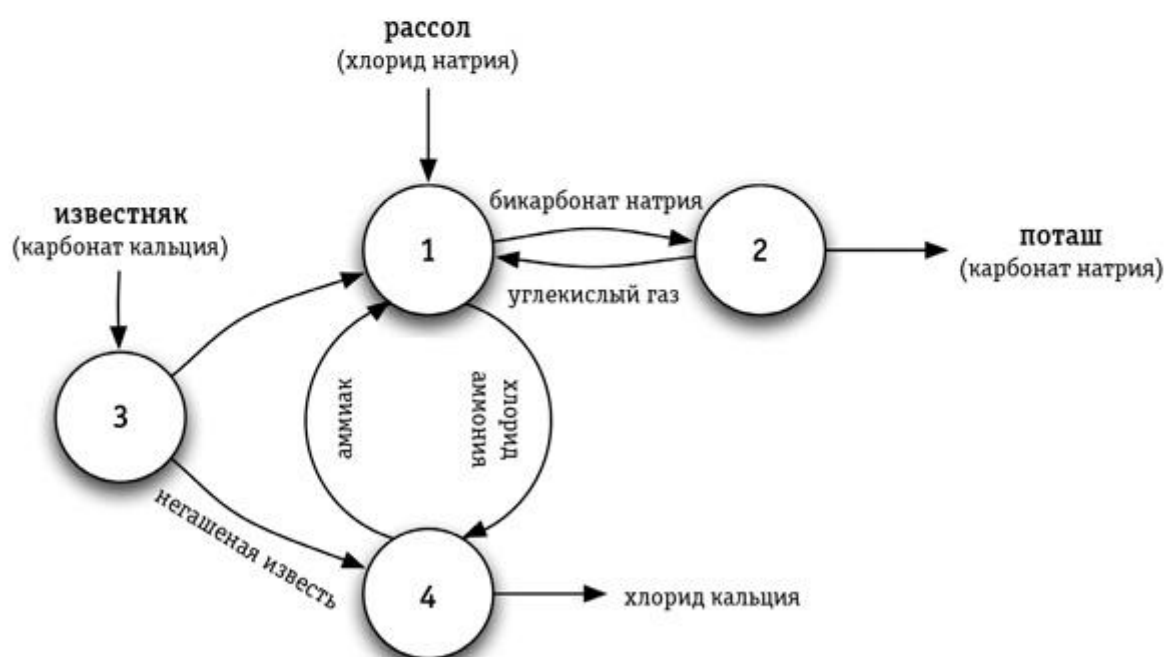
В XVIII в. французский химик Николя Леблан открыл простой двухступенчатый алгоритм решения: сначала нужно соединить морскую соль с серной кислотой, а затем прокалить продукт реакции в печи с толченой известью и углем или древесным углем при температуре около 1000 °C, пока не образуется черная, похожая на пепел масса. Карбонат натрия, который вам нужен, растворяется в воде, поэтому его можно извлечь по той же технологии, которая применялась при сжигании водорослей. Однако, хотя процесс Леблана позволяет без труда превратить морскую соль в соду и не зависит от запасов растений и минералов, он чудовищно неэффективен и сопряжен с образованием ядовитых отходов [48]. В идеале возрождающемуся человечеству лучше будет пропустить простой, но нерациональный процесс Леблана и сразу перейти к более эффективному варианту.

Метод, разработанный бельгийским инженером-химиком Эрнестом Сольве, чуть более сложный, но он ловко замыкает цикл добавлением аммиака: используемые реагенты восстанавливаются, и отходы, а значит, и загрязнение среды сведены к минимуму.

Процесс Сольве основан на следующей химической реакции: бикарбонат аммония соединяют с крепким рассолом, чтобы ионы бикарбоната «пересели» на натрий и образовался бикарбонат натрия (идентичный применяемому в хлебопечении разрыхлителю), который затем простым нагреванием преобразуется в кальцинированную соду. Чтобы это осуществить, рассол пропускают через две колонны, где он насыщается сначала аммиаком, а затем двуокисью углерода. Растворяясь в соленой воде, они соединяются и образуют тот самый бикарбонат аммония. Соль вступает в обменную реакцию, образуя нерастворимый бикарбонат натрия, который выпадает в осадок. На этом этапе процесса Сольве главный ингредиент — аммиак: он поддерживает в рассоле щелочную среду, достаточную для того, чтобы бикарбонат натрия не растворился, и тем самым аккуратно разделяет две соли.

Диоксид углерода, необходимый для первого этапа процесса, получают, прокаливая известь (точно таким же способом, какой описан в главе 5 для обжига извести при производстве цемента и бетона). После того как из рассола экстрагируют соду, получившуюся при прокаливании негашеную известь добавляют в рассол. Она восстанавливает закачанный туда на первом этапе аммиак, который можно использовать вновь. Таким образом, производство соды методом Сольве расходует только поваренную соль и известь, а на выходе, кроме собственно соды, мы получаем попутный продукт — чистый хлористый кальций, который применяется как антиобледенитель на зимних дорогах. Эта изящная замкнутая система, где главный реагент, аммиак, раз за разом восстанавливается для повторного использования, строится на довольно простых химических операциях и до сих пор остается основной технологией производства соды во всем мире (кроме США, где в 1930-х гг. на территории штата Вайоминг открыли богатое месторождение троны — минерала, содержащего карбонат натрия). Для возрождающегося человечества метод Сольве открывает прекрасную возможность перескочить через неэффективные и экологически грязные методы производства насущно необходимой соды.

Метод Сольве превращает легкодоступный элемент натрия (поваренную соль) в повседневно необходимое щелочное соединение — соду. Но развивающаяся цивилизация довольно скоро столкнется с нехваткой другого важнейшего материала. Один из самых нужных современному человеку химических процессов связан с азотом, и тут мы видим еще одно чудесное превращение бросового вещества в ценный сырьевой ресурс.



Содовый завод в Нью-Йорке, принадлежащий Solvay Process Co., конец XIX в. (вверху). Четыре этапа искусственного синтеза соды по методу Сольве (внизу).

Можно видеть, что стержнем этого процесса служит кругооборот аммиака. Если учесть, скольких людей она касается ежедневно, самой существенной технической новацией XX в. следует признать не воздушное сообщение, не антибиотики, не компьютеры и не атомную энергетику, а технологию получения простого и довольно неприятно пахнущего вещества — аммиака. Как мы не раз видели в этой книге, аммиак и родственные ему (и значит, химически взаимопревращаемые с ним) азотсодержащие соединения — азотная кислота и нитраты — это краеугольные камни химии,



подпирающей цивилизацию. Без нитратов не обойтись в производстве удобрений и взрывчатки, но к концу XIX в. развитые страны стали испытывать дефицит этого ценного сырья. Спрос превысил предложение, и тогда американцам и европейцам пришлось крепко задуматься о том, чем вооружать армии и, хуже того, как обеспечить достаточно продовольствия, чтобы люди не страдали от голода.

Тысячелетиями у человечества был только один рецепт: если население росло, раскорчевывали больше земли под пахоту. Однако, когда доступный запас земли уже освоен, прокормить растущее число едоков можно только за счет повышения урожайности культивируемых земель, и, как мы видели в главе 3, этому способствует внесение в почву навоза и выращивание бобовых культур. А если численность населения достигает определенной пороговой величины — когда, условно говоря, все стулья заняты, — цивилизация неизбежно заходит в тупик. Нет возможности получить больше навоза от скота, поскольку для этого нужны новые пастбища, сеять больше бобовых тоже нельзя, так как тогда сократятся поля под злаки. Потенциал органического земледелия исчерпан.

Единственный выход — вносить в почву азот откуда-то извне, из-за пределов замкнутого сельскохозяйственного круга. На протяжении всего XIX в. сельское хозяйство Запада сильно зависело от привозного птичьего помета и селитры, добываемой в Чилийской пустыне. Но эти источники быстро истощились, и в 1898 г. председатель британской Ассоциации содействия наукам сэр Уильям Крукс предостерегал: «Мы одалживаемся из капитала Земли, но наши векселя не вечно будут принимать» (и нам сегодня стоило бы прислушаться к его словам, пока безудержный аппетит человечества к сырой нефти и другим природным ресурсам не истощил планету). В мире, остающемся после нас, уже не будет былых запасов природных нитратов, и взрослеющее постапокалиптическое общество упрется в эту стену довольно скоро.

В земной атмосфере много азота — в каждом вашем вдохе этот газ составляет 80% но при этом он упорно хранит химическую пассивность. Два атома азота плотно скреплены в пару тройной связью; вообще азот — самое инертное из всех двухатомных веществ, какие мы только знаем. Поэтому его совсем не просто преобразовать в удобную форму, «связать». К концу XIX в. стало ясно, что дальнейший прогресс цивилизации зависит от того, сумеет ли человек связать азот. Выручить человечество из беды предстояло химикам.

Решение, найденное в 1909 г. и применяемое поныне, носит название процесса Габера–Боша. На первый неискушенный взгляд он кажется простым. Азот — самый распространенный газ в земной атмосфере, водород — самый распространенный химический элемент во Вселенной: два этих компонента смешивают в соотношении один к трем в реакторе, и они, соединяясь, образуют  $\text{NH}_3$  — аммиак. Азот можно просто закачивать из воздуха, а водород сегодня получают из метана, также его легко добыть электролизом воды. Чтобы побудить азот вступить в реакцию, нужно разорвать прочные связи, сцепляющие два атома в одно целое, а для этого требуется катализатор. Пористое железо с добавлением гидроксида калия (едкого кали, о котором мы рассказывали на с. 123, 127, хорошо помогает стимулировать реакцию. Эта реакция не доходит до завершения, поэтому газы охлаждают, чтобы нужный продукт конденсировался и выпал аммиачным дождем, который сливается в емкости, а еще не прореагировавшие газы снова запускаются в реактор, пока успешно не преобразуется почти весь объем. Но, как всегда, дьявол в деталях, и на самом деле процесс Габера–Боша осуществить довольно непросто.

Многие химические реакции принципиально необратимы: поездка в один конец, во время которой реагенты перекомбинируются в новые вещества. Например, в горящей свече молекулы углеводородов воска в процессе горения окисляются до воды и углекислого газа, но обратная трансформация сама собой не произойдет никогда. Другие же химические процессы представляют собой обратимые реакции, в ходе которых два противоположных превращения происходят одновременно. «Реагенты»



превращаются в «продукты», но в то же самое время последние вновь возвращаются в исходное состояние. Переход азотно-водородной смеси в аммиак — как раз один из таких обратимых процессов, и, чтобы склонить баланс в сторону нужного вещества, нужно тщательно задать условия в реакторе. Для получения аммиака это означает высокую температуру (около 450 °C) и мощное давление (около 200 атмосфер).

Экстремальная среда в реакторе и трубопроводах и является причиной, по которой так непросто осуществлять процесс Габера–Боша. По сравнению с другими важными процессами, упомянутыми в этой книге и требующими использования горячих печей, например с выплавкой металла или изготовлением стекла, связывание азота — высокое достижение сложной инженерии. Если постапокалипстическому человечеству не удастся сохранить подходящий реакторный сосуд, придется научиться самим изготавливать промышленные термобарокамеры.

Но вынудить азот соединиться с водородом и образовать аммиак — это лишь первый шаг. После того как азот связан, его нужно превратить в более широко употребляемую субстанцию — азотную кислоту. Аммиак окисляется в горячем конвертере — не в печи, а в сосуде, где, по сути дела, сам газообразный аммиак служит топливом и где имеется платиново-родиевый катализатор. Этот сплав содержится в каталитических нейтрализаторах, которые устанавливаются в выхлопных системах машин, чтобы уменьшить вредные выбросы, потому его сравнительно просто будет раздобыть. Получившийся диоксид азота затем абсорбируется водой, и получается азотная кислота.

Урожайность поля не повысится, если аммиак или азотную кислоту вылить на поле в чистом виде: первый слишком щелочной, вторая слишком кислая. Но если их перемешать, они нейтрализуются, образовав соль, нитрат аммония. Она представляет собой просто волшебное удобрение, поскольку содержит двойную дозу доступного азота. Как мы видели в главе 7, нитрат аммония применяется и в медицине: разлагаясь, он высвобождает обезболивающую закись азота. Словом, процесс Габера–Боша поможет постапокалипстическому обществу дорасти до индустриальной цивилизации, избавит вас от необходимости собирать ради жизненно важного азота навоз и птичий помет, разводить в воде древесный уголь или копать в пустыне селитру, а вместо этого откроет возможность брать азот из практически неисчерпаемого атмосферного запаса.

В наши дни посредством процесса Габера–Боша ежегодно получают около 100 млн т аммиака, а изготовленные из него удобрения кормят треть населения планеты — около 2,3 млрд голодных ртов насыщаются благодаря этой химической реакции. А поскольку вещества, содержащиеся в пище, ассимилируются нашими клетками, примерно половина белков в нашем теле построена из азота, искусственно связанного при помощи технологий, изобретенных людьми. В каком-то смысле мы отчасти изготовлены на заводах.

## Глава 12

# Время и место

Род проходит, и род приходит, а земля пребывает во веки.

Екклесиаст, 1:4

Мысли, которые мне внушают руины, возвышенны. Все обращается в ничто, все гибнет, все проходит, только вселенная остается, только время продолжается.

Дени Дидро

В предыдущей главе мы подошли к довольно сложным технологиям промышленной химии, которые могут удовлетворить запросы развивающегося человечества спустя несколько поколений после апокалипсиса. Теперь я хочу вернуться к самым основам. Что могут предпринять люди, пережившие планетарную катастрофу, чтобы с абсолютно чистого листа научиться определять две первоосновные вещи: где мы находимся и

какой на дворе день и час? Это ведь не праздная забава: умение проследить свое движение во времени и пространстве необычайно важно. Первое дает возможность измерять течение времени в сутках, счислять дни и определять сезоны, что необходимо для успешного земледелия. Я расскажу, какие наблюдения вы сможете произвести, чтобы с удивительной точностью восстановить календарь и, если понадобится, даже высчитать далеко в неведомом будущем, который идет год (классический вопрос, неизбежно срывающийся с уст героя в фильмах про путешествия во времени). Второе важно для того, чтобы определить свое местоположение на планете в отсутствие заметных ориентиров. Без этого не понять, как попасть туда, куда вам хочется попасть, а значит, невозможны торговые и исследовательские путешествия.

Начнем же со времени.

## Счет часов

Одно из оснований любой цивилизации — это умение отслеживать смену сезонов, чтобы понимать, когда лучше снимать урожай, и предвидеть суровые зимы или засушливые лета. А когда общественное устройство усложняется и повседневная жизнь людей все более жестко регулируется, все важнее становится знать точное время дня. Часы — незаменимый инструмент, регулирующий продолжительность различных занятий и синхронизирующий общественную жизнь. Время работы магазинов, открытие и закрытие рынков, начало собраний и молений в религиозных сообществах — все это повинуется ходу часов.

Теоретически время можно измерять, используя какие-нибудь процессы, скорость которых постоянна. Истории известно множество таких методов, и они пригодятся на первых этапах возрождения, если не уцелеет ни одного хронометра. Можно упомянуть размеренную каплю водяных часов, на которых время размечено в виде штрихов на стенке резервуара или приемника, или струйку песка либо иного сыпучего вещества, бегущую сквозь тесное отверстие, или уровень масла, оставшегося в лампе, или метки на боку высокой свечи.

Принцип работы водяных и песочных часов общий — использование силы тяготения, но, в отличие от водяных, где струя выходит под давлением столба воды, скорость пересыпания песка в песочных часах практически не зависит от того, сколько песка осталось в верхнем сосуде, и этот более удобный прибор к XIV столетию получил широкое распространение.

Но песочные часы, помогая измерить какой-то отрезок времени, не могут указать вам, который час (если нет жесткой системы постоянного переворачивания склянок, начиная с восхода солнца). Как же, обходясь лишь самыми первичными средствами, определить время дня или ночи?

Расписание нашей суматошной жизни сегодня диктуют настенные часы и рабочие ежедневники, но это всего лишь оформление предвечных ритмов, в которых живет наша планета. По сравнению с ритмами нашей обыденности природные ритмы Земли слишком медленны, так что большинство из нас замечает разве что смену дня и ночи и постепенный переход от одного времени года к другому. Представьте себе, что мы поворотом регулятора можем ускорить течение времени и цикличность астрономических событий станет заметнее. (Дальнейшие описания относятся к наблюдателю, находящемуся в Северном полушарии, но принципы остаются теми же и для Южного.)

Если солнце заскользит по небу быстрее, тени замечутся по земле, кружась вокруг предметов, которые их отбрасывают. Добежав до запада, солнце скроется из виду, и после мучительно быстротечного заката небо потускнеет до темно-синего, а затем опустится черная ночная тьма. Безбрежные россыпи звезд на ночном небе тоже будут не статичным рисунком, каким казались, а тонкими штрихами света, летящими вокруг верхней точки небосвода. Они рисуют концентрические круги, будто гнездо вокруг

центральной области неба, где незаметно никакого движения. В самом центре этого узора мы обнаружим звезду — это Полярная звезда, вокруг которой, как нам это видится, крутятся остальные звезды, пока небосвод вновь не поблекнет перед рассветом.

Затем мы заметим, что огненная полоса солнечной траектории меняется с течением недель: ее парабола как бы качается вверх-вниз. Летом солнце поднимается высоко и дни стоят долгие и теплые, а вот зимой оно как будто срезает дорогу, едва высываясь над горизонтом и тут же вновь скатываясь за него. Высшая и низшая точки этого раскачивания, где оно как бы замедляется и замирает перед возвратным ходом, называются точками солнцестояния. Зимнее солнцестояние (в Южном полушарии оно оказывается летним) — это самый короткий день в году, и он соответствует самой южной точке горизонта, в которой солнце показывается над землей. В доисторических обсерваториях типа Стоунхенджа особые сооружения отмечают положение солнца на горизонте в эти дни[49]. И как же с опорой на эти природные циклы и периоды можно считать время?

Проще говоря, солнце идет по кругу из-за вращения Земли[50], и, соответственно, по положению падающих теней можно установить время дня. Всякий, кому случалось укрываться от зноя в тени листы или пляжного зонта, прекрасно знает, как она ползет в сторону. И если вы воткнете в песок палку, движение ее тени будет сообщать смену часов. На этом принципе, разумеется, основаны солнечные часы. Короче всего тень в полдень. Для большей точности измерения палку нужно наклонить так, чтобы она смотрела точно в северный полюс небесной сферы (полюс мира), отмеченный, как сказано на с. 255, Полярной звездой.

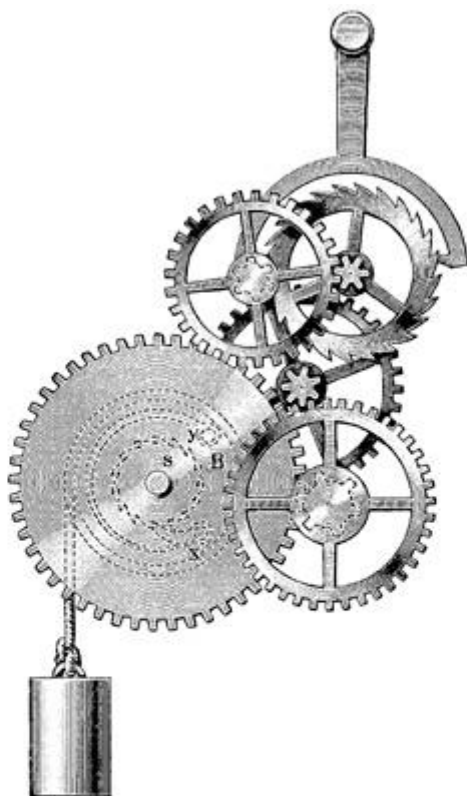
Для «полевых» солнечных часов можно приспособить в основание стержня полую полусферу или дугу с нанесенными через равные промежутки рисками часов. Небесная сфера напрямую спроецируется на эту криволинейную поверхность. Солнечные часы с плоским «циферблатом» сконструировать много проще, но тут придется поразбираться с нанесением часовых штрихов, так как около полудня тень движется медленнее, чем утром и вечером. Вы можете разделить день на любое удобное вам число часов. Нынешняя традиция делить сутки на две половины по 12 часов каждая восходит к древним вавилонянам (и может быть связана с 12 знаками зодиака, рядом созвездий, через которые в своем движении по небесному своду как бы проходят Солнце и планеты).

Однако главная революция в счислении времени за всю историю человечества и технология, которую нужно возродить в ходе перезагрузки, — это механические, «заводные» часы[51]. Это удивительное устройство отстукивает ритмичный пульс, подобно сердцу. Чтобы его создать, нужны четыре ключевых компонента: источник энергии, генератор колебаний, стопор-регулятор и система шестерен.

Главная часть любого механизма — это источник энергии, и простейший способ его обеспечить — груз, привязанный к веревке, намотанной на вал так, чтобы груз, опускаясь под действием силы тяжести, сообщал валу вращение. Главная трудность здесь — регулировать высвобождение этой связанной энергии, чтобы она превращалась в размеренный ход часов, а не в мгновенное падение груза наземь. Устройство, выполняющее эту функцию, называется анкер или регулятор хода, и мы о нем чуть ниже поговорим.

Пульсирующее сердце механических часов, узел, производящий регулярный отсчет времени, называется осциллятором. Идеальный вариант без технических сложностей — простой маятник, груз, раскачивающийся на жесткой стреле. Физический принцип его работы состоит в том, что период колебаний — время, за которое маятник успевает качнуться на небольшой угол и вернуться в исходное положение, — зависит от длины стрелы. Маятник качается строго с одной и той же периодичностью, хотя сила трения и сопротивление воздуха мало-помалу уменьшают амплитуду его колебаний: именно эта размеренность и есть главная причина его полезности для отсчета времени.

Третий элемент, анкер, выполняет важнейшую функцию: интегрирует сигналы осциллятора, чтобы управлять источником энергии. Анкер маятника — это зубчатое колесо, то сцепляющееся, то расцепляющееся с двуплечим рычагом, качающимся вслед за маятником. В верхней точке каждого качания освобожденный анкер под тяжестью груза проворачивается на шаг, и его наклонные зубья подталкивают маятник, чтобы не останавливался. Таким образом, эта изящная конструкция подхватывает периодический импульс качающегося маятника, чтобы с каждым колебанием выпускать порцию потенциальной энергии груза. Двойное условие — необходимость длинного маятника и запаса высоты для опускающегося груза — определяет конструкцию часов: старинные напольные высокие часы похожи друг на друга.



**Основные узлы механических часов. Опускаясь, гиря (внизу слева) тянет цепь, одновременно анкер (вверху), качаясь взад-вперед, с каждым качанием выпускает зубчатое колесо, давая ему провернуться на один зуб. Анкер повторяет размеренные колебания маятника (не показан)**

Дальше уже не так сложно собрать систему шестерен, которая, в сущности, выполняет математическое вычисление, преобразуя прерывистое вращение анкерного колеса в равномерный ход главной шестерни, за 12 часов описывающей полный круг часовой стрелкой по циферблату, и минутной стрелки, на которую вращение передается в отношении 60:1. Деление часа на 60 минут (название происходит от латинского термина *partes minutiae primae*, «первая малая часть»), а минуты — на 60 секунд (*partes minutiae secundae*, «вторая») — это тоже наследие древних вавилонян. Часы с маятником помогают точно хронометрировать природные процессы и научные опыты: в эпоху промышленной революции это устройство существенно обогатило набор инструментов ученых и изобретателей [52].

Продолжительность часов, отмеряемых ползущей тенью на солнечной шкале, оказывается в разные моменты года разной: зимний час короче летнего. Лишь два дня в году все деления на солнечных часах тень проходит за равное время: это дни равноденствия (даты, когда и ночь и день продолжаются ровно по 12 часов) [53]. Эти особенные дни бывают весной и осенью, и, если вы встанете в полдень на экваторе,

солнце пройдет прямо над вашей головой и тень исчезнет под вашими ногами. В любом месте земли утро равноденствия легко узнать: солнце выходит из-за горизонта точно на востоке (под прямым углом к небесному полюсу, наблюдаемому в вашей местности). Именно этот «стандартный» час равноденствия (продолжительность которого на солнечных часах можно замерить песочными для эталона) отсчитывают механические хронометры.

Солнечные часы указывают так называемое истинное солнечное время, и его расхождение со средним солнечным временем, которое отсчитывают механические часы по «равноденственному стандарту», доходит до 16 минут. С распространением механических часов, однако, возник риск путаницы — какая из систем счисления времени имеется в виду: стандартные машинные часы или солнечное время, отсчитывающее часы с момента восхода солнца? Поэтому начиная с XIV в. нужно было уточнять, что речь идет о времени «по часам» (of the clock, или сокращенно o'clock).

Строго говоря, историческая связь между циферблатом современных часов, висящих у вас на стене, и древней солнечной шкалой еще глубже. Механические часы указывают время суток при помощи часовой стрелки, оббегающей диск с цифрами: этот дизайн рассчитан на интуитивное понимание людей, привыкших следить за полоской тени на солнечных часах. Механические впервые появились в средневековых европейских городах, а в Северном полушарии тень гномона всегда движется в одном направлении: мы называем его «по часовой стрелке». Если в ходе постапокалиптической перезагрузки механические часы переизобретет технически развитая южная цивилизация, их стрелки, возможно, будут крутиться в обратную сторону, против, как мы привыкли говорить, часовой стрелки.

Таким образом, отсчитывать время дня вы научились. А сможете ли вы, начав с чистого листа, научиться счислять длинные временные отрезки — прощупать пульс смены сезонов и реконструировать календарь?

## Восстановление календаря

Вернемся к нашей воткнутой в землю палке. Мы уже рассмотрели, как, следя за меняющейся в течение дня длиной ее тени, можно определить наступление полудня. А если день за днем записывать длину полуденной тени, тем самым, по сути дела, замеряя максимальную высоту солнца над горизонтом, вы увидите периодичность времен года, повторяющуюся с каждым оборотом Земли вокруг Солнца [54].

Если же вы ложитесь за полночь и наблюдаете движение ночного неба, у вас будет широчайший выбор небесных вех, размечающих части года и помогающих проследить смену сезонов. Многие созвездия, наблюдаемые из какого-то места на поверхности земли, в течение года меняют поведение. Например, знакомое многим созвездие Ориона пересекает небесный экватор и потому в Северном полушарии видно только зимой. Некоторые звезды еще более избирательны: видны лишь в определенные даты (что позволит вам отсчитать ровно 365 дней). Такие астрономические события можно датировать относительно уже известных вам особых моментов — солнцестояний и равноденствий — и по ним отслеживать ход дней и предвидеть смену сезонов. Например, древние египтяне предсказывали разлив Нила и возрождение земли по появлению Сириуса, самой яркой звезды земного неба, которое в современном календаре приходится на дни около 28 июня.

Таким образом, произведя несколько несложных наблюдений, вы сможете реконструировать календарь на 365 дней [55] и вписать в записную книжку равноденствия и солнцестояния как равноудаленные вехи, разбивающие год на четверти, — временные межи, отмечающие смену сезонов и помогающие планировать сельскохозяйственные работы.

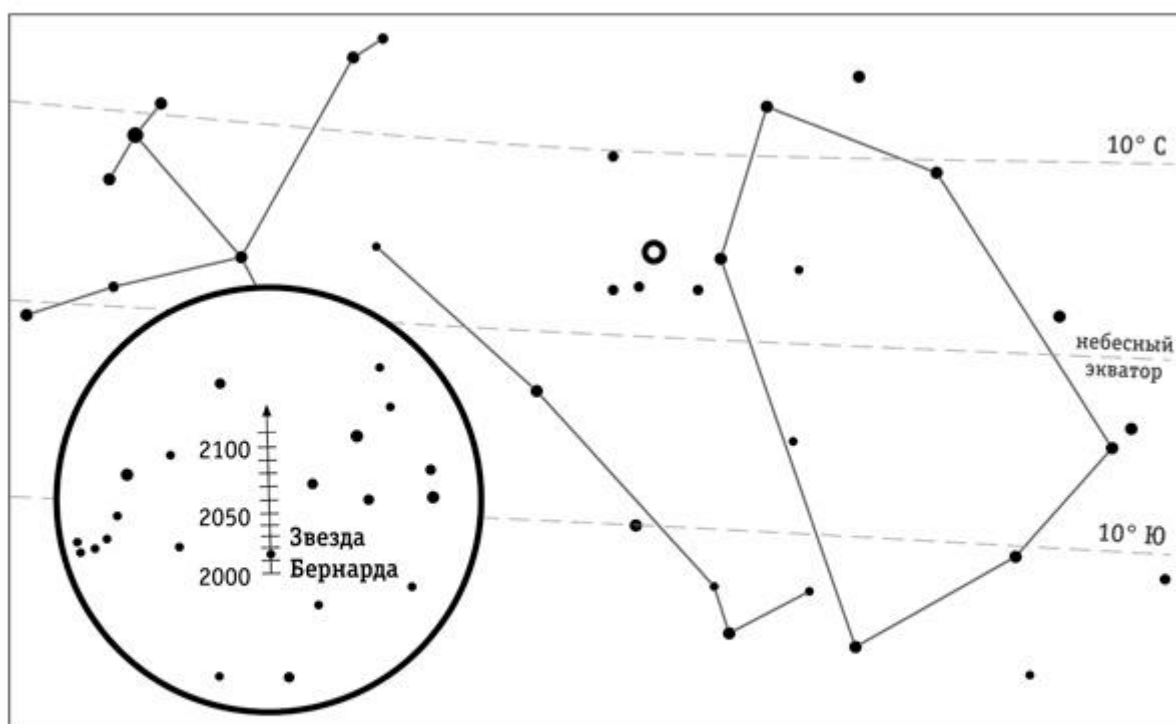
Весеннее и осеннее равноденствия — которые, как мы видели, помогают задать продолжительность часа в механических хронометрах — приходятся соответственно на

20 марта и 22 сентября (в Северном полушарии), а солнцестояния бывают около 21 декабря и 21 июня. Так что, даже если люди, пережившие апокалипсис, деградируют настолько, что нить истории после темных лет, когда не велось никаких хроник, прервется, вы все равно сможете определить, какой на дворе год и день, если немного понаблюдаете за небесной механикой. И если захотите, сможете вернуться к григорианскому календарю с его привычными и удобными 12 месяцами от января до декабря и восстановить даты до нужных вам дней.

Но возможно ли будет определить год, если отсчет дат прервется, например, на несколько поколений? Сколько тянулись Темные века после гибели нашей цивилизации? Неплохой способ это выяснить дарит нам понимание одной удивительной особенности усыпанного звездами ночного неба.

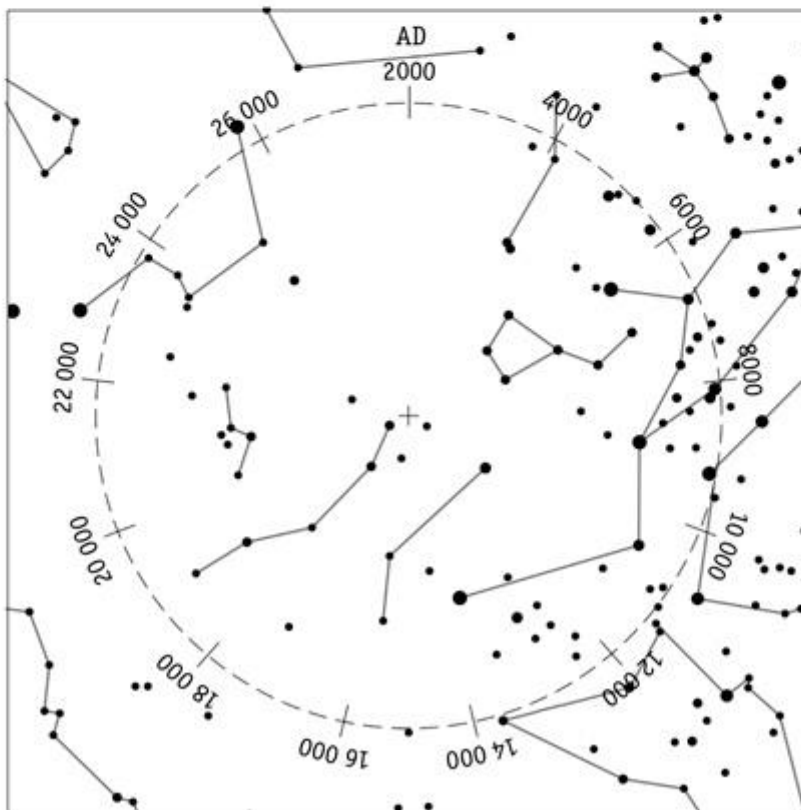
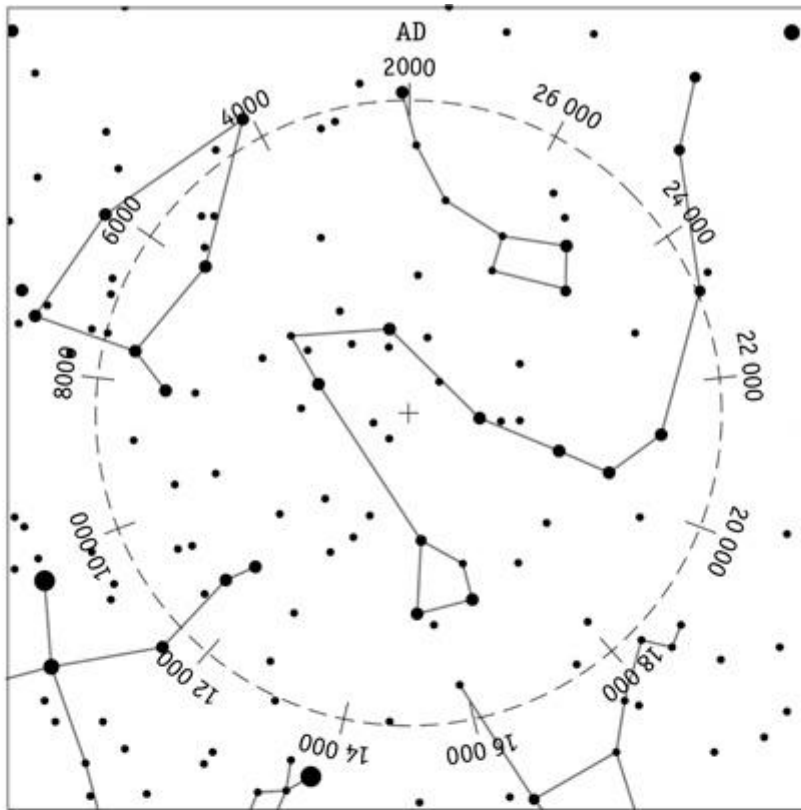
В течение ночи звезды движутся по небосклону, будто огромный зонт с тысячами дырочек вращается у вас над головой: каждая из этих светящихся точек сохраняет свое положение относительно других, то есть рисунок созвездий не меняется. Но поразительная действительность такова, что за время несравнимо более продолжительное, чем жизнь человека, звезды все-таки меняют взаимное расположение. Если мы с вами снова ускорим время (на сей раз нейтрализуя вращение Земли), то увидим, как звезды выются одна вокруг другой, вихрясь в пространстве, будто пятнышки пены в темном океане. Это называется собственным движением звезд и объясняется тем, что другие солнца вращаются по своим орбитам вокруг галактического центра.

Чтобы определить год, соответствующий некоторому моменту в ближайшем будущем, особенно полезно обратить внимание на одну звезду — звезду Барнарда. Это одна из ближайших к Земле звезд, но древняя, карликовая, со слабым, тусклым красноватым светом, так что, несмотря на относительную близость к нам, заметить ее невооруженным глазом нельзя. Вместе с тем даже довольно скромный телескоп с шириной линзы или зеркала всего в несколько сантиметров поможет ее увидеть. Несмотря на эти небольшие затруднения, звезда Барнарда может послужить идеальным небесным хронометром. Из-за близости к нам она обладает самым быстрым собственным движением из всех известных звезд. И мчится по небу со скоростью почти три тысячных доли градуса в год. Это вроде бы немного, но в сравнении со всеми окружающими звездами молниеносно, и за время человеческой жизни звезда Барнарда пролетает почти половину диаметра Луны. Таким образом, чтобы датировать день в будущем, возрождающемуся человечеству понадобится только лишь пронаблюдать — что будет легче с помощью фотографии — участок неба, изображенный на рисунке ниже, отметить настоящее положение звезды Барнарда и определить год по шкале.



У звезды Барнарда самое быстрое собственное движение, и наблюдения за ней помогут определить год по старому календарю, если летосчисление на какое-то время прервется





Круговое блуждание небесной точки севера (вверху) и точки юга (внизу) вследствие прецессии земной оси в следующие 26 000 лет

Через намного более долгий срок определить дату поможет прецессия Земли. Как у игрушки-волчка, ось вращения нашей планеты плавно кренится, описывая круг. Сейчас линия — продолжение земной оси (ось мира) проходит через Полярную звезду, которая, таким образом, остается единственной точкой на ночном небосклоне, которая не

движется. Подобной «южной Полярной звезды» сейчас не существует, поскольку в южном небе продолжение земной оси проходит через пустой участок. Через 1000 лет Северный полюс тоже уйдет в пустой участок неба и пройдет рядом с другими звездами, а к 25700 г. ось опишет полный круг и вернется в положение, которое занимала при рождении Христа. (Другое следствие этого блуждания: точки, где траектория Солнца пересекает небесный экватор, тоже смещаются, и это явление называется предварением равноденствий.) Установить, где проходит в данный момент ось мира, задача несложная, особенно если вы уже возродили какую-то зачаточную фотографию и можете запечатлеть звездные дорожки, начерченные вращением Земли (с выдержкой в четверть часа или около того). Сравните снимок со звездной картой, приведенной здесь на обороте, и найдите на ней свое тысячелетие.

Мониторинг различных движений Земли поможет вам определять время суток и реконструировать календарь, с которым легче готовиться к смене сезонов в сельском хозяйстве. Но каким способом вы будете определять, в какой точке земли находитесь, и как, соответственно, научитесь рационально прокладывать путь из одного места в другое?

## Где я нахожусь?

Передвижение по суше между знакомыми объектами или плавание вдоль побережья не составляет особой сложности. Но без удобных ориентиров — например, если пересекаешь безбрежные воды океана — как можно удостовериться в том, что движешься в верном направлении? В XI в. китайские моряки первыми стали применять удивительную способность природного магнита (в староанглийском языке он назывался «путеводным камнем») указывать направление, а позже они просто намагничивали стальные иглы. Эти примитивные компасы поворачиваются вдоль линий магнитного поля Земли, вытягиваясь между ее полюсами, поэтому можно просто пометить северный конец иглы. Компас помогает не только не потерять направление пути в отсутствие других внешних указаний: если на местности есть два (или больше) заметных ориентира, определив их азимуты, можно точно триангулировать свое местонахождение на карте или плане. Хотя север и юг в ясную погоду всегда можно определить по небу, компас становится незаменимым инструментом навигации в ненастье и туман. Помните, однако, что небесный север, проекция оси вращения Земли, и магнитный полюс, задаваемый вращением расплавленного железного ядра нашей планеты, немного не совпадают. На экваторе расхождение составляет лишь несколько градусов, но с перемещением на север или на юг отклонение стрелки от небесного севера возрастает.

Если вам пришлось обходиться самыми примитивными средствами, а магнитов под рукой нет, всегда можно создать временное магнитное поле с помощью электричества. В главе 8 мы писали, как изготовить из чередующихся пластин разного металла примитивный элемент питания, который пустит ток по проволоке, вытянутой из куска меди и смотанной в катушку, образующую электромагнит. Включив ток, этим устройством можно навечно намагнитить любой железный предмет, например пригодную для компаса тонкую иглу (если вы действительно начинаете на пустом месте, сначала почитайте в главе 6, как плавить металлы).

Компас покажет вам направление, а в сочетании с предварительно начерченным планом и ориентирами на местности также поможет установить ваше местонахождение. Но, быть может, существует более общая система определения адреса для любой точки Земли? И тут оказывается, что две основополагающие задачи, которым посвящена эта глава, — счисление времени и определение места — связаны гораздо теснее, чем вы могли подумать.

Чтобы определить свое положение на земле, первым делом нужно разработать систему, в которой любая точка на поверхности планеты получает уникальный адрес. Удобно сообщить, что озеро лежит в трех километрах к юго-востоку от города, но как описать,

например, местоположение только что открытого острова или вообще положение судна посреди безбрежного океана? Хитрость в том, чтобы найти систему координат, естественную для самой земли.

Прокладывать маршрут по городу вроде Нью-Йорка с его упорядоченной квартальной планировкой относительно легко. Все авеню идут примерно на северо-восток, а улицы пересекают их строго под прямым углом, и большинство линейных объектов пронумерованы по порядку. Добраться в любую точку Манхэттена — не проблема: двигайся по авеню, пока не дойдешь до перекрестка с нужной улицей, а затем по улице до нужного дома. В центре Манхэттена адресом дома может служить просто упоминание улиц, на пересечении которых он стоит: 23-я улица и Седьмая авеню. А если бы люди договорились для удобства всегда ставить номер улицы впереди номера авеню, то для адреса понадобилось бы лишь два элемента: (23, 7) или (4, Бродвей). Такой адрес — гораздо больше, чем просто табличка на стене: это пара координат, точно задающая положение в городе. Читая знаки на перекрестках для определения своего местонахождения в матрице, вы тут же прокладываете путь к нужному месту, двигаясь вдоль или поперек сетки.

Такая же система координат есть и у целой планеты. Земля — почти правильный шар, ось вращения которого указывает Северный и Южный полюсы, а экватор — окружность, опоясывающая этот шар посередине. С учетом этой сферической геометрии есть смысл разделить поверхность линиями, отстоящими друг от друга не на равную длину, как улицы в условно идеальном городе, а на равный угол. Представьте себе, что вы стоите на Северном полюсе и чертите прямую линию строго на юг, вокруг планеты, до самого Южного полюса, затем поворачиваетесь на месте на  $10^\circ$  и чертите так же вторую линию, потом следующую, и так пока не совершите полный оборот в  $360^\circ$  и не замкнете круг. Далее переходим на экватор, уже прочерченный как пояс планеты, делящий ее на полушария, и представляем, будто двигаемся в сторону полюса, Северного, потом Южного, и через каждые  $10^\circ$  набрасываем уменьшающиеся в диаметре кольца под углом  $90^\circ$  к земной оси.

Линии, проведенные с севера на юг между полюсами, называются меридианами, а идущие с запада на восток и кольцами опоясывающие Землю севернее и южнее экватора — параллелями, первые и вторые пересекаются под прямым углом. И тогда около «пояса» Земли сетка параллелей и меридианов будет напоминать решетку авеню и улиц на плоской равнине Манхэттена, а с приближением к полюсам квадраты сетки будут все сильнее искажаться из-за округлости Земли. Как и в Нью-Йорке, нужно установить начальную точку, от которой будут отсчитываться эти координаты. Экватор — естественное начало отсчета для параллелей, но для меридианов нет подобной естественной нулевой линии: то, что мы используем в этой роли Гринвичский меридиан, проходящий через Лондон, — это просто исторически сложившаяся конвенциональная практика.

С помощью этой универсальной сетки можно обозначить свое местонахождение, в какой бы точке земли вы ни были: нужно только сообщить, на каком градусе к югу или северу от экватора вы находитесь — широту места — и на каком градусе к востоку или западу от нулевого меридиана — долготу. Мой смартфон показывает мне, что в данный момент я пишу эти строки на  $51,56^\circ$  с. ш.,  $0,09^\circ$  з. д. (чуть севернее Лондона, неподалеку от Гринвича).

Таким образом, задача, которую мы поставили первоначально, — как найти путь из одной точки мира в другую, — аккуратно раскладывается на две половинки: как определить широту места и как определить долготу.

Широту установить довольно несложно: богато украшенное ночное небо дает более чем достаточно указаний. Полярная звезда, неподвижная ось кружащихся звездных дорожек, висит прямо над Северным полюсом Земли, и, значит, можно предположить, что угловое расстояние между наблюдателем и экватором равно углу между полюсом и

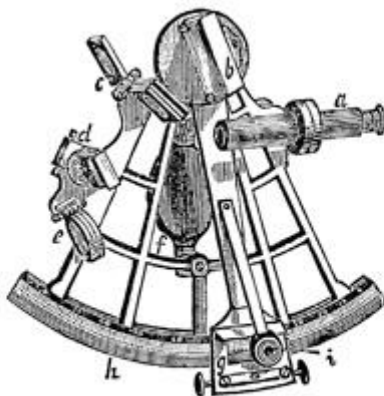
горизонтом. Задача вычислить широту места сводится, таким образом, к определению высоты звезд над горизонтом.

Проще всего сделать это с помощью квадранта, изготовленного из подручных материалов. Вырежьте из картона или тонкой фанеры четверть круга и нанесите на ее криволинейное ребро шкалу от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ . На концах одного из прямых ребер поставьте штрихи, чтобы можно было соотнести с объектом наблюдений, а к вершине сектора подвесьте груз, чтобы, свободно свисая, он указывал угол на шкале. Пусть не особенно тонкий и точный, этот простой прибор, если навести его на Полярную звезду, определит вашу широту с погрешностью в несколько градусов, то есть покажет, насколько далеко вы от экватора, плюс-минус несколько сот километров.

Много более изящный и точный инструмент создан в середине XVIII в. и поныне широко применяется как аварийный навигационный прибор в случае отказа GPS и перебоев в электропитании. В секстанте используется одна шестая полного круга, откуда и его название, он действует по тому же принципу, что и квадрант, и появившийся позже октант, то есть измеряет угол между двумя объектами. Он с высокой точностью измеряет высоту Солнца, Полярной звезды и, в сущности, любой другой звезды над горизонтом, что весьма ценно для навигации. Конструкцию этого удивительного прибора легко воссоздать, и как только ваша возрождающаяся цивилизация вновь освоит умение придавать форму металлу, обтачивать линзы и серебрить зеркала, вы будете готовы к изготовлению секстанта.

Рама секстанта — это сектор круга величиной  $60^\circ$ , вроде куса пиццы, поставленного вертикально, острием к небу. Вращающаяся стрелка, закрепленная на вершине рамы, свисая вниз, указывает угол на шкале, которая нанесена по внешнему ободу. Главный компонент секстанта — закрепленное на его переднем ребре полупрозрачное зеркало, сквозь которое наблюдатель может видеть. Другое зеркало, установленное под углом на шкиве стрелки, проецирует на полупрозрачное зеркало тот объект, на который нацелен прибор, таким образом накладывая один вид на другой.

Глядя в зрительную трубу, наклоните секстант, чтобы сравнить изображение с горизонтом в полупрозрачном зеркале. Двигайте стрелку, пока отражение Солнца или иной наблюдаемой вами звезды не «скрутится» вниз и не окажется прямо на линии горизонта (чтобы защитить глаза от яркого блеска, между зеркалами можно поместить кусочки темного стекла). Угловую высоту светила покажет стрелка на круговой шкале.



**Секстант: зрительная труба (a), полупрозрачное зеркало (d) и шкала (h)**

Составив заново карту звездного неба и таблицы расположения самых ярких звездных «маяков» в разные дни и часы, вы сможете определить свою широту по положению любого из этих светил, даже если Полярной звезды не видно. А составив таблицу полуденной высоты солнца для разных дат и широт, вы сможете в пути определять свою широту при помощи секстанта и календаря еще и днем. Для тех, кто умеет его читать, небо — удивительный многофункциональный инструмент, сообщающий и широту места, и время суток.

К сожалению, вторую координату, необходимую для описания местоположения объекта, — долготу — узнать совсем не так просто. Трудно определить по небу, насколько восточнее нулевого меридиана ты находишься, поскольку вращение Земли постоянно перемещает нас в этом направлении. Если продолжить аналгию с Нью-Йорком и выжать из нее все, моряки в XVII столетии легко сказали бы вам, на какой улице они находятся, но вот определить авеню было для них практически невозможно.

Единственным выходом для них оставалось плавание по счислению — зная начальное положение и примерную скорость и надеясь, что неведомые течения не слишком снесут с курса, идти до широты, на которой не пройдешь мимо нужного места, а затем двигаться строго на восток или на запад по этой параллели, пока не достигнешь, при должной удаче, пункта назначения.

Земля вращается на восток, отчего солнце и звезды как будто движутся по небу. По положению солнца мы узнаем время дня (мы уже рассказали об устройстве солнечных часов), и, значит, задача определения долготы — то есть насколько далеко вы продвинулись вокруг Земли от нулевого меридиана — сводится к тому, чтобы установить разницу во времени суток между нулевым меридианом и тем местом, где вы находитесь. За 24 часа Земля поворачивается на  $360^\circ$ , так что разница в один час соответствует  $15^\circ$  долготы. И определение долготы, таким образом, — это измерение времени, переведенного в расстояние. Строго говоря, вам наверняка приходилось отчетливо почувствовать долготу на себе: современные скоростные авиалайнеры доставляют нас в далекие места, где время сильно разнится с привычным нам, быстрее, чем наш организм успевает к этому адаптироваться: до появления GPS навигационные приборы эксплуатировали то же явление, которым вызывается джетлаг!

Словом, чтобы найти вторую координату, необходимую для описания вашего местоположения, можно взять секстант и установить время дня в месте, где вы находитесь, а затем соотнести его с тем временем, какое в эту же минуту на нулевом меридиане. Вся беда, однако, в том, что об эталонном времени на нулевом меридиане нужно как-то сообщить в отдаленные области планеты.

Проблема разрешилась с появлением надежных хронометров, невосприимчивых к корабельной качке в бурном море и сохраняющих точность хода на протяжении нескольких месяцев, а то и лет плавания. Очевидно, что система маятников и гирей для корабельных часов не годится и оба этих компонента заменила пружина. Для осциллятора подходит балансирующая пружина, узкая полоса металла, закрученная в спираль вокруг оси махового колеса, качающегося, как маятник. Функция этого маховика — та же, что у маятника, но возвращающее усилие в конечной точке колебания обеспечивается не гравитацией, а натяжением пружины. Туго закрученная спираль, обладающая запасом энергии, также обеспечивает усилие, нужное для вращения зубчатых колес. Этот источник энергии значительно компактнее, чем опускающаяся гиря, но применение пружины ставит новую проблему, для решения которой понадобилось особое изобретение. Беда в том, что усилие раскручивающейся пружины изменяется: мощное вначале, оно убывает по мере ослабления пружины. Лучший способ урегулировать это усилие и, значит, упорядочить ход часов — прицепить свободный конец спиральной пружины к цепи, намотанной на конический барабан, так называемую фузею. Пружина раскручивается, и цепь сползает на все более широкие ярусы барабана, за счет чего увеличивается рычаг, и это компенсирует снижение крутящего момента.

Достаточно сложные часы, оборудованные механизмами автоматической компенсации перепадов влажности и температуры (эти параметры влияют на вязкость смазки и жесткость пружин) и разных других колебаний, — это чудесная машина, поистине волшебная клетка, в которой, словно джинн в бутылке, прочно заперто само время [56]. Но в ходе перезагрузки цивилизации после апокалипсиса перескочить сразу к этой технологии не получится: здесь тот случай, когда одного знания недостаточно. Дьявол, как часто бывает, в мельчайших деталях, и в процессе возрождения развитой

цивилизации не всегда есть короткий путь или возможность перескочить через ступеньку. На то, чтобы сконструировать и изготовить корабельные часы нужной точности, одержимый этой идеей часовщик Джон Гаррисон потратил большую часть жизни, и в ходе самоотверженного труда ему пришлось изобрести множество новых механизмов, включая подшипники качения, существенно снижающие трение, и биметаллическую пластину, препятствующую расширению пружины от нагрева.

Так нет ли иного решения? Очевидно, что, если катастрофу переживут достаточно надежные механические или цифровые часы, вам останется только верно задать местное время в начальной точке пути и взять такие часы с собой, а потом вынимать их, сравнивать их показания с астрономическим временем на месте (которое придется определять по-прежнему с помощью секстанта) и так узнавать долготу своего местопребывания. Но что, если исправных часов не останется?

В начале XVIII в. главная трудность была в том, что считать время на месте было несложно, но вот узнать, находясь вдалеке, который час в этот момент на Гринвичском меридиане, возможности не было никакой. Решение Гаррисона состояло в том, чтобы брать в путешествие «копию» гринвичского времени, но не худшим выходом было бы как-то передавать сигналы точного гринвичского времени на все суда в океане. Было, например, безумное предложение организовать сеть кораблей-маяков, поставленных на якорь посреди океана, передающих друг другу звук выстрела сигнальной пушки, означающего наступление полудня в Лондоне. Но нам-то известен куда более практичный способ передачи сигналов на дальние расстояния: радио.

Возрождающееся после апокалипсиса человечество, перезагружая свой набор научных знаний и технологий, может найти иной способ транспланетарной навигации. Для него сооружение примитивных приемников (см. главу 10) может оказаться более простым выходом, чем перспектива воссоздавать тончайшую машинерию механических хронометров, да еще и со всеми ухищрениями для коррекции хода. (Конечно, все будет зависеть от того, до какой степени удастся возродить различные технологии прошлого: можно ли как-то сравнить сложность миниатюрных механизмов с их шестеренками и пружинками и электронных устройств?) Сигналы точного времени можно передавать по радио с меридиана, взятого за точку отсчета долготы, донося в самые дальние точки света с помощью наземных и корабельных ретрансляторов. В таком случае на ранних этапах перезагрузки обычной картиной будет качающийся на океанских волнах деревянный парусник, малоотличимый от средневековых судов, если бы не одна небольшая деталь: торчащий над главной мачтой металлический прут радиоантенны.

Яркое городское освещение и световое загрязнение среды в современном промышленно развитом мире многих из нас лишили близкого знакомства с небесной сферой. Но после апокалипсиса придется заново осваиваться с устройством небосвода и возвращать связь с природными ритмами Земли. Это не отвлеченная высоколобая астрономия: это знание поможет вам рассчитать время сельхозработ, чтобы не умереть с голоду, и с ним вы не заблудитесь ни в море, ни в пустыне.

## Глава 13

# Величайшее изобретение

Мы будем скитаться мыслью  
И в конце скитаний придем  
Туда, откуда мы вышли,  
И увидим свой край впервые.

Т. С. Элиот. *Четыре квартета* [57]

На страницах этой книги мы коснулись многих предметов, без которых немыслима любая цивилизация, — например, устойчивого сельского хозяйства или строительных

материалов — и некоторых сложных технологий, которые потребуются, когда возрождающееся человечество достигнет определенного уровня развития. Мы изучили короткие пути сквозь лабиринты человеческого знания, рассмотрели, какие промежуточные технологии следует возрождать в первую очередь, и узнали, как, перескочив через несколько ступенек, перейти сразу к более совершенным, но вполне доступным решениям.

Но нет никакой уверенности в том, что даже при всех тех важных знаниях, которые собраны в этой книге, новое общество достигнет высокой степени технического развития. В истории было много великих и процветающих цивилизаций, богатством знаний и совершенством технологий далеко превосходивших современные им культуры, однако большинство из них в какой-то момент останавливались в развитии и впадали в застой, в состояние равновесия без дальнейшего прогресса, либо вовсе рушились. Строго говоря, непрекращающееся развитие нашей нынешней цивилизации для истории скорее аномалия. Европа прошла Ренессанс, аграрные и научные революции, эпоху Просвещения и промышленную революцию, чтобы построить механизированную, электрифицированную и повсеместно проникшую цивилизацию, к которой мы сегодня принадлежим. Но устойчивая траектория научного развития или технического обновления еще ничего не гарантирует, и даже самые процветающие общества могут утратить импульс развития и прогресса.

Особенно интересный пример такого сценария мы находим в Китае. Много веков китайская цивилизация технически далеко превосходила остальной мир. В Китае изобрели конский хомут, ручную тачку, бумагу, клише, компас и порох; все эти изобретения, изменившие мир, упомянуты в нашей книге. Китайские текстильщики использовали прядильные машины с множеством рам, вращаемых от одного источника энергии, освоили механическую очистку хлопка и сложные ткацкие станки. В Китае добывали уголь и научились превращать его в кокс, строили огромные вертикальные водяные колеса и применяли механические молоты, на полторы тысячи лет опередили Европу в изобретении доменных печей для выплавки чугуна и его переплавки в ковкую сталь. К концу XIV в. Китай обладал технологической вооруженностью, которой европейские государства стали достигать лишь в XVIII столетии, и, казалось, стоял на пороге собственной промышленной революции.

Но, как ни удивительно, пока Европа выходила из оцепенения долгих Темных веков на свет Ренессанса, в Китае прогресс замедлился, а затем и вовсе остановился. Китайская экономика по-прежнему росла в основном за счет внутренней торговли, а множась население имело неизменно высокий жизненный уровень. Но заметных технических инноваций больше не появлялось, более того, многие имевшиеся ноу-хау были утрачены. Через три с половиной века Европа догнала Китай, и Англия вступила в эпоху промышленной революции.

Что же такого появилось в Англии XVIII в., но не появилось в Китае XIV в., да и вообще нигде в Европе в то время, отчего начался этот революционный процесс — почему именно там и тогда?

Промышленная революция включает в себя рост эффективности текстильной промышленности — механизацию прядения и ткачества и вынесение этих традиционно мелких домашних производств в огромные фабрики — прорыв в сталеварении и применение силы пара. Начавшийся процесс индустриализации подпитывал сам себя, и перемены ускорялись: питающиеся углем паровые машины откачивали воду из шахт, что позволяло добывать еще больше угля, которым топили домны, выплавляя все больше чугуна и стали, а уж из них строили еще больше паровых машин и других механизмов. Но ситуация, в которой все это стало возможно, была довольно своеобразной. Конечно, для того чтобы делать машины, облегчающие труд человека, нужна была определенная компетентность и в металлургии, и в инженерном деле, но не знание стало главной пружиной промышленной революции. Ею стали определенные социально-экономические условия.



Нужно, чтобы в строительстве сложных, а значит, дорогих машин и фабрик, выполняющих работу, которую могут выполнить люди старыми привычными способами, была какая-то выгода. В Британии XVIII в. сложилось особенное сочетание многих факторов, обеспечивших нужный импульс и необходимые возможности для индустриализации. Это не только обилие энергетических запасов (уголь), но и экономика, где дорог труд (высокая заработная плата) и дешев капитал (есть возможность занимать деньги для воплощения крупных замыслов). Подобные обстоятельства стимулируют замену труда энергией и капиталом: рабочих заменяли машины, такие как автоматические прядильные и ткацкие станки. Экономическая ситуация в Англии обещала первым промышленникам огромные прибыли: именно в этом был стимул изымать из оборота огромные капиталы и вкладывать их в заводы и станки. А вот в Китае в XIV в., несмотря на добычу угля, коксовые домы и механизированные текстильные мануфактуры, не было экономических условий, располагающих к промышленной революции. Труд здесь был дешев, и потенциальные капиталисты-промышленники не могли рассчитывать на крупные прибыли от инноваций, повышающих его производительность.

Одним словом, хотя научное знание и техническое развитие составляют необходимые предпосылки для прогресса цивилизации, этих условий не всегда бывает достаточно. Если апокалипсис отбросит человечество к примитивному пасторальному существованию, никто не поручится, что когда-то придет час «промышленной революции 2.0», даже при всех важных знаниях, что собраны в этой книге: в итоге именно общественные и экономические факторы определяют, будет ли развиваться научный поиск и внедряться инновации. Эта книга построена на предположении, что люди, пережившие конец света, захотят пройти дорогой прежней цивилизации к индустриальной культуре. Я не хотел бы возобновлять извечный спор о том, становится ли человечество счастливее от технических достижений и изобретений, но, на мой взгляд, несомненно, что сообщество, стоящее на грани выживания, ведущее трудную и полную неудобств и лишений жизнь, не располагающее никакой медициной, кроме самой первичной, охотно согласится применить научные принципы, повышающие уровень жизни. В какой же момент развивающаяся технологическая цивилизация достигает пика, за которым дальнейший технический прогресс приносит все меньше выгод? Вероятно, цивилизация достигает равновесия на определенной ступени технической сложности и прекращает развиваться, но не деградирует, при наличии устойчивой экономики, приемлемой численности населения и постоянной возможности пользоваться природными ресурсами.

## Научный метод

Разумеется, эта книга не содержит всего массива данных, которые потребуются, чтобы восстановить из пепла целый мир. Многое неизбежно осталось за кадром. Мы сосредоточились в основном на неорганической химии, обеспечивающей человека удобрениями и реагентами для промышленных процессов, не коснувшись синтеза и трансформации органических молекул. Органическая химия стала важнейшей областью знания в прошлом веке: переработка сырой нефти, рафинирование и трансформация природных лекарственных веществ для повышения их действенности, синтез пестицидов и гербицидов для более стабильного производства продовольствия и создание целого класса новых материалов, по свойствам не имеющих никакого подобия в природе, — пластмасс.

О биологии мы говорили лишь в аспекте того, как проще выращивать животных и растения или управлять микроорганизмами ради собственного пропитания и сохранения здоровья. Но мы не касались того, как устроена жизнь на молекулярном уровне, — почему, например, нам необходимо вдыхать кислород и выдыхать углекислый газ и почему в растениях при свете солнца происходит обратный процесс.

Мы обошли стороной науку о материалах и принципы инженерного дела и едва коснулись темы строения материи — структуры атома и четырех основных природных стихий. Не все атомы стабильны, и радиоактивность открывает нам возможности создания ужасающего разрушительного оружия, равно как и источники мирной энергии, но она же позволяет установить возраст нашей планеты, бросить взгляд в головокружительную бездну времен. Касаясь геологии, мы совсем не говорили, например, о теории тектонических плит — поразительной гипотезе, согласно которой колоссальные массивы суши скользят по поверхности планеты, как палые листья по воде пруда в ветреный день, то и дело сталкиваясь, отчего собираются складками горных хребтов. Глубокое понимание того, что мир не всегда был таким, каков он сейчас, и что он невообразимо стар, необходимо для понимания теории эволюции, мелких усовершенствований от поколения к поколению. Все это — зерна знания, которое возрождающемуся человечеству придется заново собирать и восстанавливать путем исследования, заполняя пробелы между собранными в этой книге основами, чтобы в конце концов восстановить все обилие знаний, которыми мы сегодня коллективно обладаем [58]. Так как же человек собирает знания? Какие инструменты понадобятся, чтобы заново изучить окружающий мир? Не будем отбрасывать примененный в прошлой главе принцип возвращения к основам и рассмотрим самую эффективную стратегию самостоятельного производства нового знания — научный поиск.

Основа любого научного исследования — признание того, что мир — это, в сущности, механизм, его составные части взаимодействуют каким-то упорядоченным образом по неким универсальным законам природы, а не по воле капризных богов. Эти управляющие всем законы могут быть выявлены путем рассуждения на основе наблюдений и собранных данных. Наука прежде всего и всегда эмпирична, и все в ней по определению должно проверяться и подтверждаться в любой момент. Выводы не могут базироваться только на рассуждении; нельзя также принимать на веру утверждения прошлых и нынешних авторитетов (или, например, содержащиеся в этой книге). И если вы хотите к собственной пользе взаимодействовать с окружающим миром и создавать приборы и технологии для достижения каких-то практических целей, нужно сначала составить основательное представление о законах природы. Их понимание может возникнуть только из наблюдения за окружающим миром и выявления повторяющихся схем в его поведении. Одновременно важно замечать и отклонения от ожидаемой закономерности: аномалии указывают на неведомые пока природные явления — например, стрелка компаса, поворачивающаяся от близости электропровода, или область, свободная от бактерий, вокруг пятнышка плесени в чашке Петри. И значит, необходимо умение точно измерять явления, исчислять или оценивать разные аспекты природных феноменов, чтобы сравнивать и видеть динамику их изменения во времени.

Таким образом, первейшая основа науки — это тщательное конструирование и аккуратное изготовление орудий для выполнения замеров, а также продумывание единиц, в которых эти замеры вести. Так, простейшим измерительным снарядом служит прямая палка с нанесенными через равное расстояние штрихами: это линейка для измерения длины. Но сообщать кому-нибудь, что измеренный предмет насчитывает в длину шесть делений, имеет смысл, лишь если адресат знает, в каких единицах мерить — точное расстояние между делениями. Таким образом, для возрождения науки с чистого листа решающее значение имеет система единиц измерения. Система мер понадобится постапокалиптическому обществу в любом случае. В основные функции цивилизации входит отсчет расстояний при строительстве или путешествиях, измерение объемов жидкости и веса товара для торговли, распределение и налогообложение сельскохозяйственных земель и назначение времени тех или иных общественных занятий в течение дня. Эти первоосновные свойства — длину, объем, вес, продолжительность — мы воспринимаем непосредственно органами чувств и довольно легко исчисляем. Другие, например холод или покалывание от электрического тока, мы также воспринимаем в ощущениях, но для замера нужны сложные приборы.

## Орудия науки

Обычно каждая культура изобретает свою систему мер для расстояний, объема или массы. Большинство известных единиц измерения сомасштабны человеку и его быту: фунт — это полная ладонь мяса или зерна, а секунда — отрезок времени, примерно соотносимый с ударом сердца. В сущности, многим традиционным мерам послужили эталоном части человеческого тела: фут (стопа), дюйм (большой палец руки), локоть, миля (1000 «римских шагов»). Но с такими эталонами есть одна неувязка: они не только разные у всех людей, у них еще обычно невероятно неудобные коэффициенты соотношения: например, в миле 1760 ярдов, 5280 футов и 63 360 дюймов. Лучше всего иметь стандартизированный набор взаимосвязанных единиц измерения, составляющих удобную иерархию масштабов.

Система, применяемая сегодня в научном мире всей планеты и почти повсеместно в торговле и административной сфере, — метрическая, изобретенная в 1790-х гг. в разгар реформаторской лихорадки Великой французской революции [59].

Международная система СИ (SI, сокращение французских слов *Système International*) определяет всего семь основных мер, включая меры длины, массы, времени и температуры, и каждая из прочих мер естественно выводится из сочетания этих основных. Величины большего и меньшего, чем основной эталон, порядка создаются в рамках удобной десятичной системы и обозначаются конвенциональными префиксами. Например, метр — это стандартная мера длины, и меньшие предметы описываются через доли метра: в сантиметрах, то есть сотых долях, или миллиметрах, то есть в тысячных.

После метра вторая основная единица — это мера времени, секунда. Отталкиваясь от этих двух основных характеристик и по-разному их комбинируя и соотнося, вы сможете задать множество других мер. Умножение двух линейных размеров (например, длины и ширины прямоугольного участка) дает способ измерения площади, и, соответственно, размерность поверхностей всегда будет квадратом линейной меры. Перемножение трех длин дает объем и кубические меры. Разделив количественный параметр на время, устанавливаем, насколько быстро он меняется, — получаем скорость изменения. Так, разделив расстояние на время, получаем единицу измерения скорости, например километры в час, а еще одно деление на время покажет, ускоряется или замедляется данное движение: мы измерим ускорение или торможение. Для описания других физических свойств материи применяются сочетания более сложных производных единиц. Килограмм — основная единица массы, а плотность вещества — показывающая, будет ли оно плавать или тонуть, — определяется делением массы на объем. Сочетание массы и скорости дает меру для инерции и энергии движущегося тела.

И как же можно реконструировать систему измерений и единиц, располагая теорией, но не имея ни градуированных сосудов, ни весов с гирями, ни исправных часов и термометров?

Начав с метра как первого эталона, можно вывести многие другие единицы. Соорудите коробку с ребром точно 10 см длиной (1/10 эталонного метра). Ее внутренний объем составит 1000 куб. см, то есть 1 л. Наполните эту емкость ледяной дистиллированной водой, и эта вода будет весить ровно килограмм. Воспользовавшись хорошо отрегулированными рычажными весами (при необходимости они изготавливаются из прямого жесткого стержня, подвешенного за середину), вы сможете при помощи этого литра отмерить серию больших и меньших единиц, передвигая груз от крайней точки плеча весов к месту подвеса. Чтобы добавить в систему время, придется применить маятник, с которым мы познакомились в предыдущей главе. Длина маятника, совершающего полный путь в одну сторону (полупериод колебания) ровно за секунду, составит ровно 99,4 см, и даже если вы возьмете метровый маятник, погрешность не превысит 3 мс — это в сто раз меньше, чем мгновение, то есть время, за которое мы

непроизвольно моргаем [60]. Таким образом, отталкиваясь от метра, вы можете восстановить метрические меры объема (литр), массы (килограмм) и времени (секунда).

Но чтобы пережившие апокалипсис смогли извлечь из метра остальные меры, нужно как-то определить его длину. Что ж, линия внизу этой страницы имеет длину ровно 10 см, и с ее помощью можно реконструировать другие единицы.

Все упомянутые выше величины довольно легко измерять самыми простыми снарядами — линейкой с делениями, рычажными весами, но как, начав на пустом месте, приступить к сооружению точных измерителей, индикаторов или счетчиков для менее осязаемых физических параметров, таких как давление или температура? Без точных принципов разработки новых инструментов невозможно тщательное научное исследование внутренних механизмов Вселенной, особенно когда исследователь вдруг натывается на странное и непредвиденное и хочет понять, что это.

Один из первых научных инструментов, которые вам нужно будет переизобрести, тесно связан с тем загадочным явлением, что вакуумный насос, как мы говорили в главе 8, не может качать воду из скважины глубиной более десяти с небольшим метров. Возьмите длинную трубу, наполните ее водой и, заглушив оба конца, подвесьте на высокую башню. Опустите трубу нижним концом в резервуар с водой и снимите нижнюю заглушку. Под действием силы тяжести вода из трубы устремится вниз, но вытечет не вся, и вы обнаружите, что, как бы ни модулировали условия опыта, высота оставшегося в трубе столба воды всегда составит 10,5 м (примечательно, что такова же максимальная высота, на которую может поднять воду из скважины вакуумный насос). Вверху трубы вместо воды, вытекшей наружу, образуется полость, куда не может попасть воздух, — это вакуум. Масса остаточного водяного столба уравнивается силой, прилагаемой к нему снизу воздушным океаном, — атмосферой. Колебания этой силы сказываются в виде подъемов и падений столба жидкости в трубе: у вас получился действующий индикатор давления. Если взять жидкость плотнее воды, можно построить барометр покомпактнее: давление атмосферыравнивается всего 76 см ртутного столба (против более чем 10 м водяного).



Для ртутного барометра можно взять любую стеклянную трубку — изящество этого прибора в том, что диаметр трубки не имеет значения, главное, чтобы постоянной оставалась ее длина. Чем толще столбик ртути, тем больше его масса, стремящаяся вниз, но ее точно компенсирует атмосферное давление, толкающее обратно вверх: все ртутные барометры любой конструкции покажут вам одно и то же значение.

Когда у вас появляется новый инструмент, он открывает недоступные прежде возможности исследования мира, и это часто ведет к мощной волне новых открытий. Попробуйте, например, отнести ваш новенький барометр на вершину горы и проследите, как с высотой местности меняется атмосферное давление, или постройте таблицу соответствий незначительных колебаний атмосферного давления и смены погоды в вашей округе. Врачи поныне считают кровяное давление в соответствующих единицах ртутного столба: нормой считается значение около 80 мм ртутного столба между ударами сердца.

Для измерения температуры понадобится устройство похитрее. Температуру предметов мы определяем посредством органов чувств: прикоснувшись, понимаем, теплый предмет или холодный. Но как сделать прибор, который точно измерит чувственное восприятие, выразит теплоту в цифрах? Фокус в том, чтобы найти физические эффекты, коррелирующие с тем, что вы ощущаете: так вы можете заметить, что при нагревании вещества, бывает, расширяются. Тогда следующим шагом будет конструирование такого прибора, который, опираясь на это явление, объективно измерит температуру. Простой индикатор можно сделать из тонкой стеклянной трубки, запаянной с обоих концов и наполовину заполненной какой-нибудь жидкостью, — так эффект ее расширения при нагреве особенно нагляден. Прицепите эту трубку к линейке с делениями, и уровень

жидкости покажет вам температуру нужного объекта. Теперь можно, не полагаясь на субъективное восприятие, сравнивать нагрев разных предметов.

Но уровень жидкости, соответствующий той или иной температуре, а значит, и значение, которое вы получаете, целиком зависит от шкалы и других особенностей конструкции прибора (в отличие от рассмотренного выше простейшего барометра): вы не сможете сопоставить свои измерения с данными других термометров. Нужна стандартная температурная шкала, которую всякий может перенять и нанести на свой термометр. А для этого надо найти способ задать фиксированные значения — события или состояния вещества, которые наблюдаются всегда при одной и той же температуре и потому могут служить точкой отсчета для термометра. Представляется естественным взять за эталонное вещество воду, потому что в быту мы сталкиваемся со всем диапазоном ее состояний — от наледи на утренних дорогах до кипящей кастрюли. При наличии верхней и нижней точек шкалы остается простая задача разбить ее на удобное ровное число делений, чтобы можно было делать информативные замеры. Шкала Цельсия основана на точках замерзания и кипения воды, в которых он, соответственно, разместил отметки в  $0^{\circ}$  и  $100^{\circ}$  [61]. Но вы не станете заливать воду в термометр, обнаружив, что ртуть расширяется более равномерно и, значит, дает более высокую точность измерения. Чтобы изобрести прибор, показывающий температуру выше точки кипения ртути, например чтобы измерять жар горна или домны, придется обратиться к другим физическим явлениям. Например, изучение электричества покажет вам, что сопротивление проводника часто возрастает при его нагревании.

## Научный метод: продолжение

Вот это и есть основополагающий процесс создания надежных приборов для измерения каких угодно физических величин. Открывая новые причудливые явления природы, возрождающееся человечество будет создавать новые области научного познания. Чтобы понять новые явления и изучить возможность их практического применения, нужно сначала создать инструменты для оценки параметров этих явлений и отображения их в каком-то измеримом виде. Например, когда ученые впервые столкнулись с электричеством и пытались как-то измерить это новое явление, они могли только субъективно оценивать силу получаемого удара. Но при дальнейшем изучении обозначились некоторые повторяющиеся эффекты, которые затем использовались для измерения, — моторный эффект, например, отклоняет стрелку на шкале амперметра. Научные инструменты — не просто примочки для лабораторных опытов: это и градусник, измеряющий жар у ребенка, и счетчик, записывающий расход электричества в вашей квартире, и сейсмометр, будто страж, замечающий слабые толчки, предвестие большого землетрясения, и спектрометр, с помощью которого в больничной лаборатории анализируют вашу кровь.

Эти орудия измерения мира и стандартизированные единицы, в которых считаются их показания, — основные инструменты науки. Мир познается путем внимательнейшего наблюдения, а еще лучше — путем тщательной организации некоторых предзаданных условий для детального изучения того или иного аспекта явления. То есть путем эксперимента.

Эксперимент — это способ искусственно сузить ситуацию, попытаться устранить помехи и осложняющие факторы, чтобы яснее увидеть некоторые особенности изучаемого предмета. Суть эксперимента в том, чтобы задать Вселенной четко сформулированный вопрос и пристально наблюдать ее ответ. Экспериментирование — это ответ человека, не удовлетворенного тем, что показывает ему природа, и его способ путем разнообразных воздействий вытащить на свет тончайшие детали устройства мира. Если вам удалось отодвинуть в сторону все помехи и рассмотреть со всех сторон какой-то аспект явления, можете перейти к следующему, и т.д., систематически проверяя систему, пока не поймете, как сцепляются все ее части.



Кроме инструментов, расширяющих человеческое восприятие и измеряющих различные параметры — термометра, микроскопа, магнитометра и пр., — строгий и детальный сценарий какого-то из экспериментов может потребовать особых приборов: оборудования, сконструированного специально для создания определенных явлений, подлежащих изучению. Важно при этом, чтобы ваши наблюдения и результаты опытов записывались в численном выражении — чтобы качественное описание опыта было дополнено точной количественной оценкой. Ведь математика — это далеко не только числовая оценка и точное сравнение, ее язык служит отличным инструментом для описания структуры и поведения Вселенной и взаимоотношений ее составных элементов. Формула — это краткий смысл какого-то сложного отрезка реальности, его сущность. Она дает вам способность спрогнозировать и вычислить исход каких-то новых, ранее не наблюдавшихся ситуаций, иначе говоря, точно предсказывать события[62].

Наука — это тщательные наблюдения, хитроумные эксперименты и лаконичные формулы, но ее абсолютная квинтэссенция в том, что она предлагает механизм, позволяющий установить, какое объяснение вещей наиболее правдоподобно. Любой, кто обладает воображением, может нарисовать картину, непротиворечиво объясняющую явления природы: отчего идет дождь, что такое огонь и почему у леопарда пятнистая шкура. Но все это не более чем байки для развлечения — как «Просто сказки» Киплинга, — пока у вас нет надежного способа проверить, какая гипотеза ближе всего к действительности.

Ученые конструируют максимально вероятное объяснение, опирающееся на уже имеющееся знание и доказанные факты, называют его гипотезой и придумывают эксперименты для верификации тех или иных аспектов этой гипотезы, педантично проверяя, насколько она прочна, или выбирая одну из нескольких возможных версий. И если гипотеза раз за разом выдерживает проверку опытом, подтверждается наблюдениями и не обнаруживает изъянов, она становится признанной теорией, и мы можем уверенно опираться на нее в поиске объяснений других непонятных явлений. Но даже и тогда никакая теория не считается незыблемой: в дальнейшем ее могут пересмотреть, если, например, появятся факты, которых она не может объяснить, и предложат вместо нее другую, лучше соответствующую наблюдаемой картине. Суть науки в том, чтобы раз за разом признавать, что заблуждался, и принимать новые, глубже проработанные модели, так что, в отличие от любых вероучений, научная практика гарантирует, что наши объяснения мира с течением времени становятся все полнее и точнее.

Таким образом, наука — это не инвентаризация знаний, это способ их приобретения. Это не продукт, а процесс, бесконечный диалог, перепасовка между теорией и наблюдением, самый верный способ понять, какое объяснение истинно, а какое ложно. Именно поэтому наука оказалась столь полезной системой для познания мира — мощной машиной производства знания. Именно поэтому сам научный метод и есть величайшее из всех изобретений.

Однако в суровой реальности постапокалиптического мира приобретение знаний ради знаний не будет вашей первой заботой — вам нужно будет применять знания для улучшения условий жизни.

## Наука и технологии

Практическое применение научного знания — это основа технологии. Главный принцип любой технологии опирается на какое-то явление природы. В механических часах, например, применено свойство маятника качаться в строго определенном ритме, зависящем от длины самого маятника, — эту неколебимую размеренность можно использовать для отсчета времени. Лампа накаливания использует эффект нагревания проводника, обладающего высоким электрическим сопротивлением, и способность объектов при очень высокой температуре испускать свет. В сущности, любая технология,

кроме самых примитивных, использует широкий диапазон различных явлений, сочетая и координируя разные эффекты, чтобы добиться нужных целей. Новые технологии неизменно строятся на предшествующих, используют найденные прежде решения, применяя их для новых задач, как готовые блоки. Зачастую новым в изобретении бывает только сочетание этих стандартных блоков, и два таких примера мы рассмотрели подробно: печатный станок и двигатель внутреннего сгорания. Каждая новая технология несет в себе новую функцию или преимущество, которые, в свою очередь, могут быть инкорпорированы в последующие инновации, — техника порождает технику.

Как мы видели в этой книге, в истории человечества наука и техника тесно взаимодействуют. Ученые обнаруживают до того неизвестное явление, замечая, что новые наблюдения не объясняются ни одним из известных природных законов, а затем изучают различные его стороны и пробуют их регулировать и направлять. Использование новых закономерностей позволяет создавать новые орудия и иные приспособления, облегчающие труд человека или улучшающие его быт, — идет процесс превращения странного в полезное. Развитие технологий позволяет строить новые научные инструменты и проводить опыты, чтобы под новым углом рассматривать и по-новому измерять природу, что приносит новые фундаментальные открытия и открывает новые аспекты Вселенной. Наука и технология живут в тесном симбиозе — научные открытия двигают техническое развитие, которое, в свою очередь, способствует дальнейшей генерации знаний о мире.

Конечно, не все новации основаны непосредственно на недавних открытиях: колесная прялка, например, — это просто практическое решение технической задачи, и даже паровой двигатель, эмблема и знамя промышленной революции, родился главным образом из эмпирических ноу-хау и интуитивных решений инженеров, а не в результате теоретических построений. Мало того, в истории довольно много примеров, когда изобретатели не понимали или неправильно понимали природу своего изобретения, но это не мешало ему прекрасно служить людям. Например, практика консервирования продуктов в запаянных жестянках возникла задолго до признания микробной теории, когда люди еще не понимали, что порча продовольствия вызывают микроорганизмы.

Даже если используемые явления вполне и верно понимаются, для полезного и практически применимого изобретения нужно много больше, чем просто творческое озарение или усилие воображения. Любая успешная инновация требует долгого вызревания, доводки и отладки конструкции, прежде чем покажет себя достаточно надежной в работе и найдет широкое применение, — это те самые 99% пота, которые, по определению Эдисона, следуют за 1% вдохновения. Здесь применяется тот же самый процесс скрупулезного методичного исследования, что составляет основу научного познания, только в этом случае изучается не природа, а творения человеческих рук: новорожденная технология становится предметом экспериментов, цель которых — выявить ее недостатки и повысить эффективность.

Люди, пережившие апокалипсис, сохраняют понимание того, насколько важны научное познание и критический анализ, без которых не получится долго поддерживать сохранившиеся технологии, но в последующих поколениях обществу придется защищаться от сползания во тьму суеверия и магии, и для скорого возвращения собственной технической мощи ему нужно будет воспитывать любовь к познанию, культуру анализа и доказательства. Этот огонь человечество должно поддерживать. Именно благодаря рациональному мышлению человек смог многократно повысить производительность сельского хозяйства, научился использовать разные материалы кроме палок и камней, нашел и применил новые источники энергии кроме собственных мускулов и построил машины, перемещающие нас куда быстрее самых быстрых ног. Наш нынешний мир создан наукой, и наука понадобится, чтобы поднять его из руин.



## Послесловие

В этой книге мы можем предложить только беглый взгляд на колоссальное здание современной науки и техники. Однако области, которых мы коснулись, жизненно важны для становления нового человечества и ускоренной перезагрузки цивилизации — они помогут восстановить весь корпус бывшего знания. Я надеюсь, что, увидев, каким образом цивилизация собирает и создает свой оплот, вы научитесь, как научился и я, собирая материал для этой книги, больше ценить то, что мы сегодня воспринимаем как данность: обилие и разнообразие пищи, потрясающие успехи медицины, удобство и простоту путешествий, доступность энергии.

Впервые заметное воздействие на жизнь планеты *Homo sapiens* оказал около 10 000 лет назад. Это было внезапное исчезновение почти половины видов крупных млекопитающих, и в этом вымирании, скорее всего, виноват человек, придумавший охотиться коллективно и обзаведшийся новыми технологиями охоты с применением каменных топоров и копий с кремневыми наконечниками. В последующие десять тысячелетий произошло постепенное обезлесение Средиземноморья и севера Европы: люди перешли к оседлому образу жизни и стали расчищать земли. Три тысячи лет назад человеческая популяция стала быстро расти в числе, и спустя некоторое время каждый клочок земли, пригодный для земледелия, оказался распахан и засеян. Заметные перемены происходили не только в облике нашей планеты, но и в химии: углерод, копившийся в недрах Земли сотни миллионов лет, все более жадно выкапывали и закачивали в атмосферу. Возросшее содержание двуокиси углерода в атмосфере изменило климат Земли: началось глобальное потепление, подъем уровня морей и закисление океанов. Рассыпавшиеся по Земле города и поселки разрастались и сливались, будто колонии бактерий; дороги, извиваясь, как ленты, по горам и долам, сплетались в кольца вокруг городских агломераций и громоздились восхитительно сложными многоуровневыми развязками. Множащиеся рои металлических транспортных судов носились во все концы по суше и морю, сновали по небу, а иные даже взмывали за пределы атмосферы. Ночью эта бессонная ярмарка жизни была видна из космоса как паутина искусственных огней, опутывающая континенты, как пылающее переплетение нитей и узлов.

И вдруг тишина.

Внезапно останавливается движение на дорогах, паутина огней меркнет и гаснет, города пустеют и рассыпаются в прах.

Сколько продлится возрождение? Как быстро сможет восстановиться после глобального катаклизма техническая цивилизация? Может быть, ключ к ее возрождению хранится в этой книге.

## Благодарности

На обложке этой книги стоит мое имя, но ясно без слов, что она не появилась бы без кропотливого труда и знаний множества людей, помогавших мне в работе. Итак, начнем с начала — с моего потрясающего литературного агента Уилла Фрэнсиса. Спасибо тебе, Уилл, что в 2008 г., прочитав «Жизнь во Вселенной», ты написал мне и с тех пор направляешь и ободряешь меня и, скажем прямо, не давал мне покоя, пока я не перешел от смутных размышлений о замысле этой книги к активному сбору материала и работе над текстом... Спасибо также Кристи Гордон, Ребекке Фолланд и Джесси Боттерилл из лондонского офиса агентства Janklow & Nesbit за неоценимую помощь, как и Пи-Джею Марку и Майклу Стегеру из нью-йоркского офиса.

Спасибо вам, Стюарт Уильямс из The Bodley Head и Колин Дикерман из Penguin US, вы встретили мою идею с громадным энтузиазмом и верили, что я справлюсь с этим масштабным проектом. Я бесконечно признателен Колину и особенно Йоргу Хенсену (из The Bodley Head) за невероятное мастерство и чуткость, с которыми они

редактировали мой текст: любыми красотами готовый текст книги обязан высокому искусству, с которым эти двое высекли и отшлифовали скульптуру, скрытую в грубо отесанной каменной глыбе, которую представлял собой мой первый черновик. Горячо благодарю за помощь Акифа Саифи и Мэлли Андерсон, а также Скотта Моерса из Penguin, который на ходу виртуозно заменил Колина Дикермана. Моя глубокая признательность Кэтрин Эйлз (The Bodley Head), в первую очередь за труд, приложенный к созданию восхитительного набора иллюстраций, украсивших эти страницы и ожививших текст. Благодарю Марию Гэрбат-Лусиро и Уилла Смита (The Bodley Head), Саманту Хой Парк, Сару Хатсон и Трейси Лок (Penguin) за помощь в публикации и продвижении моей книги.

Тема этой книги весьма многогранна, она простирается далеко за пределы моей области знания. Подготовка материала для нее свела меня с самыми разными людьми, и меня неизменно трогало то, сколько времени и сил они готовы были тратить, чтобы помочь совершенно чужому человеку. Их вклад невозможно переоценить: на мои нахальные электронные послания они давали содержательные ответы, сопровождая их указаниями на дальнейшие полезные источники, безропотно терпели, пока я изводил их бесконечными сериями детских «почему», «что» и «как», помогали найти иллюстрации, вычитывали черновики глав на предмет ляпов и не жалея времени сидели со мной часами, медленно (и не по разу!) объясняя тонкости и историю своих областей науки. Моя глубокая сердечная благодарность: Полу Абелю, Йону Агару, Ричарду Олстону, Стивену Бакстеру, Элис Белл, Джону Бингэму, Джону Блеру, Киту Брэнигану, Алену Брауну, Майку Булливенту, Донэлу Кейси, Эндрю Чепплу, Джонатану Коуи, Томасу Крампу, Сэму Дэйви, Джону Девису, Оливеру де Пейеру, Клаусу Доддсу, Джулиану Эвансу, Бену Филдсу, Стиву Финчу, Крейгу Гершейтеру, Винсу Джинджеру, Винаю Гупте, Рику Хэмилтону, Винсенту Хэмлину, Колину Хардингу, Энди Харту, Ребеке Хиггит, Тиу Ханкину, Алексу Каралису Айзеку, Ричарду Джонсу, Джейсону Киму, Джеймсу Нилу, Роджеру Нибону, Монике Коперской, Нэнси Корман, Полу Ламберту, Саймону Лэнгу, Марко Лэнгброку, Питу Лоренсу, Эндрю Мейсону, Гордону Мастертону, Рику Мейнард, Стиву Миллеру, Марку Мидовнику, Джону Митчеллу, Джинни Мур, Терри Муру, Франсиско Морчилло, Джеймсу Марселлу, Джени Аусман, Сэму Пинни, Дэвиду Прайору, Энтони Куаррелу, Ною Рэфорду, Питеру Рэнсому, Кэроул Ривз, Элби Риду, Александру Роузу, Стивену Роузу, Эндрю Расселу, Тиму Сэммонсу, Андреа Селле, Аните Сейяни, Джеймсу Шервин-Смиту, Тони Сайзеру, Уильяму Слейтону, Саймону Смоллвуду, Фрэнку Суэйну, Стефану Шчелкуну, Ену Торнтону, Томасу Туэйтсу, Фирозе Васуне, Алексу Уэйкфорду, Майку Вза, Саймону Уотсону, Эндрю Уиру, Кэти Вэлен Мосс, Софи Уиллет, Эмме Уильямс, Эндрю Уилсону, Питеру Уилсону, Лофти Уайсмену и Мареку Зиберту.

Если наша цивилизация когда-нибудь отдаст концы, я почту великой удачей получить любого из вас в свою команду постапокалиптических уцеленцев!

Спасибо Максиму Рихтеру, Арво Пярту, группе Godspeed You Black Emperor и группе M83, Тому Уэйтсу, Кейт Рашби и Йону Бодену (его «Песни из затонувшей земли» — вероятно, лучший альбом в жанре постапокалиптического фолка) за саундтрек для моего писательского кокона, а кафе Nor and Fat Cat cafés за то, что мирились с моими многочасовыми мокко-запоями и закусыванием губы над рукописью. Ваши сэндвичи с беконом — венец человеческой цивилизации.

Еще спасибо моей семье и друзьям, которые снисходительно терпели мои телеги о конце света за обеденным столом или в пабе и содействовали моим исследованиям предмета. Наконец, самая важная благодарность — конечно же, моей чудесной жене. Вики стойко поддерживала меня в моем долгом труде, не ропща на множество пропавших выходных с ворчуном-мужем, сгорбившимся над ноутбуком, и без труда поднимая настроение мне, весь вечер просидевшему за «полевыми исследованиями», с головой погрузившись в мрачные постапокалиптические кинофильмы или романы.

## Библиография

Abdel-Aal, H. K., K. M. Zohdy and M. Abdel Kareem, 'Hydrogen Production Using Sea Water Electrolysis', *The Open Fuel Cells Journal*, 3:1–7, 2010.

Adams, John Joseph (ed.), *Wastelands: Stories of the Apocalypse*, Night Shade Books, 2008.

Agromisa Foundation Human Nutrition and Food Processing Group, *Preservation of Foods* (ATL 07–289), Agromisa Foundation, 1990.

Ahuja, Rajeev, Andreas Blomqvist, Peter Lorrson et al., 'Relativity and the lead-acid battery', *Physical Review Letters*, 106(1), 2011.

Allen, Robert C., *The British Industrial Revolution in Global Perspective*, Cambridge University Press, 2009.

Ambrosoli, Mauro, *The Wild and the Sown: Botany and Agriculture in Western Europe, 1350–1850*, Cambridge University Press, 2009.

Arthur, W. Brian, *The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves*, Penguin, 2009.

Ashton, Kevin, 'What Coke Contains', 2013, from <https://medium.com/the-ingredients-2/221d449929ef>.

Aspin, B. Terry, *Foundrywork for the Amateur* (ATL 04–94), Model and Allied Publications, 1975.

Avery, Mike, 'What is sourdough?', 2001a, from <http://www.sourdoughhome.com/index.php?content=whatissourdough>.

—, 'Starting a Starter', 2001b, from <http://www.sourdoughhome.com/index.php?content=startermyway2>.

Ball, Philip, *Curiosity: How Science Became Interested in Everything*, The Bodley Head, 2012.

Basalla, George, *The Evolution of Technology*, Cambridge University Press, 1988.

Bell, Alice, 'How the Refrigerator Got its Hum', 2011, from <http://alicerosebell.wordpress.com/2011/09/19/how-the-refrigerator-got-its-hum/>.

Blandford, Percy, *Old Farm Tools and Machinery: An Illustrated History*, David & Charles, 1976.

Bloomfield, Sally F. and Kumar Jyoti Nath, 'Use of ash and mud for handwashing in low income communities', *International Scientific Forum on Home Hygiene*, 2009.

Bostrom, Nick and Milan M. Ćirković (eds), *Global Catastrophic Risks*, Oxford University Press, 2011.

Bowler, Peter J. and Iwan Rhys Morus, *Making Modern Science: A Historical Survey*, The University of Chicago Press, 2005.

Boyle, Godfrey and Peter Harper, *Radical Technology: Food, Shelter, Tools, Materials, Energy, Communication, Autonomy, Community* (ATL 01–13), Undercurrent Books, 1976.

British Nutrition Foundation, *Nutrition and Food Processing*, 1999.

Broers, Alec, *The Triumph of Technology* (The BBC Reith Lectures 2005), Cambridge University Press, 2005.

Brooks, Michael, 'Electric cars: Juiced up and ready to go', *New Scientist*, 2717, 20 July 2009.

Brown, Henry T., *507 Mechanical Movements: Mechanisms and Devices*, 18th edn, BN Publishing, 2008. First published 1868.

Bruton, Eric, *The History of Clocks & Watches*, Little, Brown, 2000.

- Bureau of Naval Personnel, *Basic Machines and How They Work* (ATL 04–81), Dover Publications, 1971.
- Carr, Marilyn (ed.), *AT Reader: Theory and Practice in Appropriate Technology* (ATL 01–20), ITDG Publishing, 1985.
- Carusella, Brian, 'Foxhole and POW built radios: history and construction', 2008, from <http://bizarrelabs.com/foxhole.htm>.
- Casselman, Anne, 'Microscope, DIY, 3 Minutes', 2011, from <http://www.lastwordonnothing.com/2011/09/05/guest-post-microscope-diy/>.
- Chang, Hasok, *Inventing Temperature: Measurement and Scientific Progress*, Oxford University Press, 2004.
- Clark, David P., *Germs, Genes & Civilization*, FT Press, 2010.
- Clayton, Bruce D., *Life After Doomsday: Survivalist Guide to Nuclear War and Other Major Disasters*, Paladin Press, 1980.
- Clews, Henry, *Electric Power from the Wind* (ATL 21–466), Enertech Corporation, 1973.
- Cohen, Laurie P., 'Many Medicines Are Potent Years Past Expiration Dates', *Wall Street Journal*, 28 March 2000.
- Collins, H. M., 'The TEA Set: Tacit Knowledge and Scientific Networks', *Science Studies*, 4(2):165–186, 1974.
- Conant, Jeff, *Sanitation and Cleanliness for a Healthy Environment*, Hesperian Foundation, 2005.
- Connolly, Kate, 'Human flesh on sale in land the Cold War left behind', *Observer*, 8 April 2001.
- Cook, John, Balu Sankaran and Ambrose E. O. Wasunna (eds), *General Surgery at the District Hospital* (ATL 27–721), World Health Organization, 1988.
- Coupland, Douglas, *Shampoo Planet*, Simon & Schuster, 1992.
- , *Girlfriend in a Coma*, Flamingo, 1998.
- Cowan, Ruth Schwartz, 'How the Refrigerator Got its Hum', in *The Social Shaping of Technology*, MacKenzie, Donald and Judy Wajcman (eds), Open University Press, 1985.
- Cowie, Jonathan, *Climate Change: Biological and Human Aspects*, Cambridge University Press, 2013.
- Crump, Thomas, *A Brief History of Science: As seen through the development of scientific instruments*, Constable & Robinson, 2001.
- Dalton, Alan P., *Chemicals from Biological Resources*, Intermediate Technology Development Group, 1973.
- Dalzell, Howard W., Kenneth R. Gray and A. J. Biddlestone, *Composting in Tropical Agriculture* (ATL 05–165), International Institute of Biological Husbandry, 1981.
- David, Saul, 'How Germany lost the WWI arms race', 2012, from <http://www.bbc.co.uk/news/magazine-17011607>.
- Davidson, J. P., *Planet Word*, Penguin, 2011.
- Davison, Robert, Doug Vogel, Roger Harris and Noel Jones 'Technology Leapfrogging in Developing Countries — An Inevitable Luxury?', *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 1(5):1–10, 2000.
- Decker, Kris De, 'Wind powered factories: history (and future) of industrial windmills', 2009, from <http://www.lowtechmagazine.com/2009/10/history-of-industrial-windmills.html>.

—, 'Recycling animal and human dung is the key to sustainable farming', 2010a, from <http://www.lowtechmagazine.com/2010/09/recycling-animal-and-human-dung-is-the-key-to-sustainable-farming.html>.

Decker, Kris De, 'Wood gas vehicles: firewood in the fuel tank', 2010b, from <http://www.lowtechmagazine.com/2010/01/wood-gas-cars.html>.

—, 'The status quo of electric cars: better batteries, same range', 2010c, from <http://www.lowtechmagazine.com/2010/05/the-status-quo-of-electric-cars-better-batteries-same-range.html>.

—, 'Medieval smokestacks: fossil fuels in pre-industrial times', 2011a, from <http://www.lowtechmagazine.com/2011/09/peat-and-coal-fossil-fuels-in-pre-industrial-times.html>.

—, 'Gas Bag Vehicles', 2011b, from <http://www.lowtechmagazine.com/2011/11/gas-bag-vehicles.html>.

DEFRA, UK Food Security Assessment: Detailed Analysis, Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2010.

—, Food Statistics Pocketbook, Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2012.

Deighton, T. Howard, *The Struggle for Supremacy: Being a Series of Chapters in the History of the Leblanc Alkali Industry in Great Britain*, Gilbert G. Walmsley, 1907.

Department for Transport, Vehicle Licensing Statistics, 2013.

Diamond, Jared, *Collapse: How Societies Chose to Fail or Survive*, Penguin, 2005.

Dick, William B., *Dick's Encyclopedia of Practical Receipts and Processes* (ATL 02–26), Dick & Fitzgerald, 1872.

Dickson, Murray, *Where There Is No Dentist*, Hesperian Health Guides, 2011.

Dobson, Michael B., *Anaesthesia at the District Hospital* (ATL 27–720), World Health Organisation, 1988.

Dumesny, P. and J. Noyer, *Wood Products: Distillates and Extracts*, Scott Greenwood & Son, 1908.

Dunn, Kevin M., *Caveman Chemistry: 28 Projects, from the Creation of Fire to the Production of Plastics*, Universal Publishers, 2003.

Economist, 'Behind the bleeding edge: Skipping over old technologies to adopt new ones offers opportunities — and a lesson', *The Economist*, 21 September 2006.

Economist, 'Of internet cafés and power cuts: Emerging economies are better at adopting new technologies than at putting them into widespread use', *The Economist*, 7 February 2008.

Economist, 'The limits of leapfrogging: The spread of new technologies often depends on the availability of older ones', *The Economist*, 7 February 2008.

Economist, 'Doomsdays: Predicting the End of the World', *The Economist*, 20 December 2012.

Edgerton, David, *The Shock Of The Old: Technology and Global History since 1900*, Profile Books, 2006.

—, 'Creole technologies and global histories: rethinking how things travel in space and time', *Journal of History of Science and Technology*, 1:75–112, 2007.

Edwards, Aton, *Preparedness Now! (An Emergency Survival Guide)*, Process Media, 2009.

Ehrlich, Paul R. and Anne H. Ehrlich, 'Can a collapse of global civilisation be avoided?', *Proceedings of the Royal Society: B*, 280:1–9, 2013.

Eisenring, Markus, *Micro Pelton Turbines* (ATL 22–543), SKAT, Swiss Center for Appropriate Technology, 1991.

- FAO, Farming with Animal Power (ATL05–150), Better Farming Series 14, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1976.
- , Cereals (ATL 05–151), Better Farming Series 15, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1977.
- , Forestry Department, Wood Gas as Engine Fuel, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, 1986.
- Fara, Patricia, *Science: A Four Thousand Year History*, Oxford University Press, 2009.
- Farndon, John, *The World's Greatest Idea: The Fifty Greatest Ideas That Have Changed Humanity*, Icon Books, 2010.
- Ferguson, Niall, *Civilization: The West and the Rest*, Penguin, 2011.
- Fernández-Armesto, Felipe, *Food: A History*, Macmillan, 2001.
- Field, Simon Quellen, 'Building a crystal radio out of household items', *Gonzo Gizmos: Projects and Devices to Channel Your Inner Geek*, Chicago Review Press, 2002.
- Finlay, Victoria, *Colour: Travels Through the Paintbox*, Hodder and Stoughton, 2002.
- Forest Service Forest Products Laboratory, *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material* (ATL 25–662), US Department of Agriculture, 1974.
- Fraenkel, Peter, *Water-Pumping Devices: A Handbook for Users and Choosers* (ATL 14–370), Intermediate Technology Publications, 1997.
- Frank, Adam, *About Time: Cosmology and Culture at the Twilight of the Big Bang*, OneWorld, 2011.
- Fruen, Lois, 'The Real World of Chemistry: Iron Gall Ink', 2002, from <http://www.realscience.breckschool.org/upper/fruen/files/Enrichmentarticles/files/IronGallInk/IronGallInk.html>.
- Gentry, George and Edgar T. Westbury, *Hardening and Tempering Engineers' Tools* (ATL 04–98), Model and Allied Publications, 1980.
- Gillies, Midge, *The Barbed-wire University: The Real Lives of Prisoners of War in the Second World War*, Aurum, 2011.
- Gingery, David J., *The Charcoal Foundry*, David J. Gingery Publishing LLC, 2000a.
- , *The Drill Press*, David J. Gingery Publishing LLC, 2000b.
- , *The Metal Lathe*, David J. Gingery Publishing LLC, 2000c.
- , *The Metal Shaper*, David J. Gingery Publishing LLC, 2000d.
- , *The Milling Machine*, David J. Gingery Publishing LLC, 2000e.
- Goodall, Chris, *Ten Technologies To Fix Energy and Climate*, Profile Books, 2009.
- Goodman, John (ed.), *Diderot on Art*, Yale University Press, 1995.
- Gotaas, Harold B., *Composting: Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes* (ATL 05–166), World Health Organization, 1976. First published 1956.
- Greer, John Michael, 'How Not To Save Science', 2006, from <http://thearchdruiddreport.blogspot.co.uk/2006/07/how-not-to-save-science.html>.
- , *The Long Descent: A User's Guide to the End of the Industrial Age*, New Society Publishers, 2008.
- Gribbin, John, *Science: A History 1543–2001*, Penguin, 2002.
- Hamilton, James, *Faraday: The Life*, HarperCollins, 2003.

- Henry, John, *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science*, 3rd edn, Palgrave Macmillan, 2008.
- Hey, Jody, 'On the Number of New World Founders: A Population Genetic Portrait of the Peopling of the Americas', *PLoS Biology*, 3(6): e193, 2005.
- Hillier, V. A. W. and F. Pittuck, *Fundamentals of Motor Vehicle Technology*, 3rd edn, Hutchinson, 1981.
- Hills, Richard L., *Power from Wind: A History of Windmill Technology*, Cambridge University Press, 1996.
- Hiscox, Gardner Dexter, *1800 Mechanical Movements, Devices and Appliances*, Dover Publications, 2007.
- Holland, Ray, *Micro Hydro Electric Power (ATL 22–531)*, Intermediate Technology Publications, 1986.
- Holmes, Bob, 'Starting over: Rebuilding Civilisation from Scratch', *New Scientist*, 2805, 28 March 2011.
- Holmes, Richard, *The Age of Wonder: How the Romantic Generation discovered the beauty and terror of science*, HarperPress, 2008.
- House, David, *The Biogas Handbook (ATL 24–568)*, Peace Press, 1978. Revised edition published by House Press in 2006.
- HowToons, 'Pen Pal', *Craft*, 5, November 2007, <http://www.arvindguptatoys.com/arvindgupta/penpal.pdf>.
- Huisman, L. and W. E. Wood, *Slow Sand Filtration (ATL 16–376)*, World Health Organisation, 1974.
- Hurt, R. Douglas, *American Farm Tools: From Hand-Power to Steam-Power (ATL 06–262)*, Sunflower University Press, 1982.
- Jackson, Albert and David Day, *Tools and How to Use Them: An Illustrated Encyclopedia (ATL 04–122)*, Alfred A. Knopf, 1978.
- Jha, Alok, 'Einstein fridge design can help global cooling', *Observer*, 21 September 2008.
- Johnson, Carl G. and William R. Weeks, *Metallurgy (ATL 04–106)*, 5th edn, American Technical Publishers, 1977.
- Johnson, Steven, *Where Good Ideas Come From: The Natural History of Innovation*, Allen Lane, 2010.
- Karpenko, Vladimir and John A. Norris, 'Vitriol in the History of Chemistry', *Chemické Listy*, 96:997–1005, 2002.
- Kato, M., D. M. DeMarini, A. B. Carvalho et al., 'World at work: Charcoal Producing Industries in Northeastern Brazil', *Occupational and Environmental Medicine*, 62(2):128–132, 2005.
- Kean, Sam, *The Disappearing Spoon: and other true tales from the Periodic Table*, Black Swan, 2010.
- Kelly, Kevin, 'The Forever Book', 2006, from [http://www.kk.org/thetechnium/archives/2006/02/the\\_forever\\_book.php](http://www.kk.org/thetechnium/archives/2006/02/the_forever_book.php).
- , *What Technology Wants*, Viking, 2010.
- , 'The Library of Utility', 2011, from <http://blog.longnow.org/02011/04/25/the-library-of-utility/>.
- Kirby, Richard Shelton, Sidney Withington, Arthur Burr Darling and Frederick Gridley Kilgour, *Engineering in History*, Dover Publications, 1990.



- Koster, Joan, *Handloom Construction: A Practical Guide for the Non-Expert* (ATL33–778), Volunteers in Technical Assistance, 1979.
- Krammer, Arnold, 'Fueling the Third Reich', *Technology and Culture*, 19(3):394–422, 1978.
- Krouse, Peter, 'Charles Brush used wind power in house 120 years ago: Cleveland Innovations', 2011, from [http://blog.cleveland.com/metro/2011/08/charles\\_brush\\_used\\_wind\\_power.html](http://blog.cleveland.com/metro/2011/08/charles_brush_used_wind_power.html).
- Kuhn, Thomas S., *The Structure of Scientific Revolutions*, 3rd edn, University of Chicago Press, 1996.
- LaFontaine, H. and F. P. Zimmerman, *Construction of a Simplified Wood Gas Generator for Fueling Internal Combustion Engines in a Petroleum Emergency*, Federal Emergency Management Agency, 1989.
- Lang, Jack, 'Sourdough Bread', 2003, from <http://forums.egullet.org/topic/27634-sourdough-bread/>.
- Lax, Eric, *The Mould In Dr Florey's Coat: The Remarkable True Story of the Penicillin Miracle*, Abacus, 2005.
- Leckie, Jim, Gil Masters, Harry Whitehouse and Lily Young, *More Other Homes and Garbage: Designs for Self-sufficient Living* (ATL 02–47), Sierra Club Books, 1981.
- Lengen, Johan van, *The Barefoot Architect: A Handbook for Green Building, Shelter*, 2008.
- Lewis, M. J. T., 'The Origins of the Wheelbarrow', *Technology and Culture*, 35(3):453–475, July 1994.
- Lincoln Electric Company, *The Procedure Handbook of Arc Welding* (ATL 04–115), Lincoln Electric Company, 1973.
- Lisboa, Maria Manuel, *The End of the World: Apocalypse and its Aftermath in Western Culture*, OpenBook Publishers, 2011.
- Löfström, Johan, 'Zeer pot refrigerator', 2011, from [http://www.appropedia.org/Zeer\\_pot\\_refrigerator](http://www.appropedia.org/Zeer_pot_refrigerator).
- Lovelock, James, 'A Book for All Seasons', *Science*, 280(5365):832–833, 1998.
- Macfarlane, Alan and Gerry Martin, *The Glass Bathyscaphe: How Glass Changed the World*, Profile Books, 2002.
- MacGregor, Neil, *A History of the World in 100 Objects*, Penguin, 2011.
- MacKenzie, Debora, 'Why the demise of civilisation may be inevitable', *New Scientist*, 2650, 2 April 2008.
- MacLeod, Christine, 'Accident or Design? George Ravenscroft's Patent and the Invention of Lead-Crystal Glass', *Technology and Culture*, 28(4):776–803, 1987.
- Madrigal, Alexis, *Powering the Dream: The History and Promise of Green Technology*, Da Capo Press, 2011.
- Mann, Henry Thomas and David Williamson, *Water Treatment and Sanitation: Simple Methods for Rural Areas* (ATL 16–381) (revised edition), Intermediate Technology Publications, 1982.
- Margaine, Sylvain, *Forbidden Places: Exploring our abandoned heritage*, Jonglez, 2009.
- Martin, Dan, *Apocalypse: How to Survive a Global Crisis*, Ecko House Publishing, 2011.
- Martin, Felix, *Money: The Unauthorised Biography*, The Bodley Head, 2013.
- Martin, Sean, *The Black Death*, Chartwell Books, 2007.
- Mason, Richard and John Caiger, *A History of Japan* (revised edition), Tuttle Publishing, 1997.

- McClure, David Courtney, 'Kilkerran Pyroligneous Acid Works 1845 to 1945', 2000, from <http://www.ayrshirehistory.org.uk/AcidWorks/acidworks.htm>.
- McDermott, Matthew, 'Techo-Leapfrogging At Its Best: 2,000 Indian Villages Skip Fossil Fuels, Get First Electricity From Solar', 2010, from <http://www.treehugger.com/natural-sciences/techo-leapfrogging-at-its-best-2000-indian-villages-skip-fossil-fuels-get-first-electricity-from-solar.html>.
- McGuigan, Dermot, *Small Scale Wind Power*, Prism Press, 1978a.
- , *Harnessing Water Power for Home Energy* (ATL 22–507), Garden Way Publishing Co., 1978b.
- McKee, Ralph H. and Carroll M. Salk, 'Sulfuryl Chloride: Principles of Manufacture from Sulfur Burner Gas', *Industrial and Engineering Chemistry*, 16(4):351–353, 1924.
- Miller, Walter M., Jr, *A Canticle for Leibowitz*, Bantam Books, 2007. First published 1959.
- Mokyr, Joel, *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*, Oxford University Press, 1990.
- Moore, Andrew, *Detroit Disassembled*, Damiani, 2010.
- Mortimer, Ian, *The Time Traveller's Guide to Medieval England*, The Bodley Head, 2008.
- Murray-McIntosh, Rosalind P., Brian J. Scrimshaw, Peter J. Hatfield and David Penny, 'Testing migration patterns and estimating founding population size in Polynesia by using human mtDNA sequences', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(15):9047–9052, 1998.
- National Academy of Sciences, *Guayule: An Alternative Source of Natural Rubber* (ATL 05–183), 1977.
- Nekola, Jeffrey C., Craig D. Allen, James H. Brown et al., 'The Malthusian Darwinian dynamic and the trajectory of civilization', *Trends in Ecology & Evolution*, 28(3):127–130, 2013.
- Office of Global Analysis, *Cuba's Food & Agriculture Situation Report*, Foreign Agricultural Service, United States Department of Agriculture, 2008.
- Oleson, John Peter (ed.), *The Oxford Handbook of Engineering and Technology in the Classical World*, Oxford University Press, 2008.
- Osman, Jheni, *100 Ideas That Changed the World*, BBC Books, 2011.
- Pappas, Stephanie, 'Is It Time to Overhaul the Calendar?', *Scientific American*, 29 December 2011.
- Parker, Bev, 'Early Transmitters and Receivers', 2006, from <http://www.historywebsite.co.uk/Museum/Engineering/Electronics/history/earlytxrx.htm>.
- Parkin, N. and C. R. Flood, *Welding Craft Practices: Part 1, Volume 1 Oxy-acetylene Gas Welding and Related Studies* (ATL 04–126), Pergamon Press, 1969.
- Pearce, Fred, 'Flushed with success: Human manure's fertile future', *New Scientist*, 2904, 21 February 2013.
- Perkins, Dwight, *Rural Small-Scale Industry in the People's Republic of China* (ATL 03–75), University of California Press, 1977.
- Pollan, Michael, *Cooked: A Natural History of Transformation*, Penguin, 2013.
- Pollard, Justin, *Boffinology: The Real Stories Behind Our Greatest Scientific Discoveries*, John Murray, 2010.
- Pomerantz, Jay M., 'Recycling Expensive Medication: Why Not?', *MedGenMed*, 6(2):4, 2004.
- Porter, Roy, *Blood and Guts: A Short History of Medicine*, Penguin, 2002.

Raford, Noah and Jason Bradford, 'Reality Report: Interview with Noah Raford', July 17 2009, from <http://www.resilience.org/stories/2009-07-17/reality-report-interview-noah-raford>.

Rawles, James Wesley, *How To Survive The End Of The World As We Know It: Tactics, Techniques And Technologies For Uncertain Times*, Penguin, 2009.

Read, Leonard E., *I, Pencil: My Family Tree as told to Leonard E. Read*, The Foundation for Economic Education, 1958. Reprinted 1999.

Reilly, Desmond, 'Salts, Acids & Alkalis in the 19th Century: A Comparison between Advances in France, England & Germany', *Isis*, 42(4):287–296, 1951.

RomanyWG, *Beauty in Decay: Urbex: The Art of Urban Exploration*, CarpetBombingCulture, 2010.

Rooney, Anne, *The Story of Medicine: From Early Healing to the Miracles of Modern Medicine*, Arcturus, 2009.

Rose, Alexander, 'Manual for Civilization', 2010, from <http://blog.longnow.org/02010/04/06/manual-for-civilization/>.

Rosen, Nick, *How to Live Off-grid: Journeys Outside the System*, Bantam Books, 2007.

Ross, Bill, 'Building a Radio in a P.O.W. Camp', 2005, from <http://www.bbc.co.uk/history/ww2peopleswar/stories/70/a4127870.shtml>.

Rybczynski, Witold, *Paper Heroes: A Review of Appropriate Technology (ATL 01–11)*, Anchor Press, 1980.

Sacco, Joe, *Safe Area Goražde: The War in Eastern Bosnia 1992–95*, Fantagraphics, 2000.

Schaefer, Bradley E., 'The heliacal rise of Sirius and ancient Egyptian chronology', *Journal for the History of Astronomy*, 31(2):149–155, 2000.

Schlesinger, Henry, *The Battery: How portable power sparked a technological revolution*, Smithsonian Books, 2010.

Schrock, Richard, 'MIT Technology Review: Nitrogen Fix', 2006, from <http://www.technologyreview.com/notebook/405750/nitrogen-fix/>.

Schwartz, Glenn M. and John J. Nichols (eds), *After Collapse: The Regeneration of Complex Societies*, The University of Arizona Press, 2010.

Sella, Andrea, 'Classic Kit — Kenneth Charles Devereux Hickman's Molecular Alembic', 2012, from <http://solarsaddle.wordpress.com/2012/01/06/classic-kit-kenneth-charles-devereux-hickman-s-molecular-alembic/>.

Seymour, John, *The New Complete Book of Self-sufficiency*, Dorling Kindersley, 2009.

Shapin, Steven, *The Scientific Revolution*, The University of Chicago Press, 1996.

Sherman, Irwin W., *The Power of Plagues*, ASM Press, 2006.

Shirky, Clay, *Cognitive Surplus: Creativity and Generosity in a Connected Age*, Penguin, 2010.

Shuval, Hillel I., Charles G. Gunnerson and DeAnne S. Julius, *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation: Night-soil Composting (ATL 17–389)*, The World Bank, 1981.

Silverman, Steve, *Einstein's Refrigerator: And Other Stories from the Flip Side of History*, Andrews McMeel Publishing, 2001.

Smith, Gerald, 'The Chemistry of Historically Important Black Inks, Paints and Dyes', *Chemistry Education in New Zealand*, 2009.

Sobel, Dava, *Longitude: The True Story of a Lone Genius Who Solved the Greatest Scientific Problem of His Time*, Fourth Estate, 1996.

- Solar Energy Research Institute, *Fuel from Farms: A Guide to Small-scale Ethanol Production* (ATL 19–417), United States Department of Energy, 1980.
- Solomon, Steven, *Water: The epic struggle for wealth, power and civilization*, Harper Perennial, 2011.
- Solomon, Susan, Gian-Kasper Plattner et al., 'Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(6):1704–1709, 2009.
- Spinney, Laura, 'Return to paradise — If the people flee, what will happen to the seemingly indestructible?', *New Scientist*, 2039, 20 July 1996.
- Standage, Tom, *An Edible History of Humanity*, Atlantic Books, 2010. First published 2009.
- Stanford, Geoffrey, *Short Rotation Forestry: As a Solar Energy Transducer and Storage System* (ATL 08–301), Greenhills Foundation, 1976.
- Starkey, Paul, *Harnessing and Implements for Animal Traction: An Animal Traction Resource Book for Africa* (ATL 06–294), German Appropriate Technology Exchange (GATE) and Friedrich Vieweg & Sohn, 1985.
- Stassen, Hubert E., *Small-Scale Biomass Gasifiers for Heat and Power: A Global Review*, Energy Series, World Bank Technical Paper Number 296, 1995.
- Stein, Matthew R., *When Technology Fails: A Manual for Self-Reliance, Sustainability and Surviving the Long Emergency*, Chelsea Green Publishing, 2008.
- Stern, Nicholas, *The Stern Review on the Economics of Climate Change*, HM Treasury, 2006.
- Stern, Peter, *Small Scale Irrigation* (ATL 05–217), Intermediate Technology Publications, 1979.
- , (ed.) *Field Engineering* (ATL 02–71), Practical Action, 1983.
- Stoner, Carol Hopping, *Stocking Up: How to Preserve the Foods you Grow, Naturally* (ATL 07–292), Rodale Press, 1973.
- Strauss, Neil, *Emergency: One Man's Story of a Dangerous World and How to Stay Alive in it*, Canongate Books, 2009.
- Strawbridge, Dick and James Strawbridge, *Practical Self Sufficiency: The Complete Guide to Sustainable Living*, Dorling Kindersley, 2010.
- Sutton, Christine, 'The impossibility of photography', *New Scientist*, 25 December 1986.
- Tainter, Joseph A., *The Collapse of Complex Societies*, Cambridge University Press, 1988.
- Thwaites, Thomas, *The Toaster Project: Or a Heroic Attempt to Build a Simple Electric Appliance from Scratch*, Princeton Architectural Press, 2011.
- UNIFEM, *Cereal Processing* (ATL 06–299), United Nations Development Fund for Women, 1988.
- United States Army, *Survival (Field Manual 3–05.70)*, US Army Publishing Directorate, 2002.
- Usher, Abbott Payson, *A History of Mechanical Inventions* (revised edition), Dover Publications, 1982. First published 1929.
- Vigneault, François, 'Papermaking 101', *Craft*, 5, November 2007.
- VITA, *Using Water Resources* (ATL 12–327), Volunteers in Technical Assistance, 1977.
- Vogler, Jon, *Work from Waste: Recycling Wastes to Create Employment* (ATL 33–804), ITDG Publishing, 1981.
- , *Small-Scale Recycling of Plastics* (ATL 33–799), Intermediate Technology Publications, 1984.

- Vuuren, D. P. van, M. Meinshausen et al., 'Temperature increase of 21st century mitigation scenarios', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(40):15258–15262, 2008.
- Ware, Mike, 'On Proto-photography and the Shroud of Turin', *History of Photography*, 21(4):261–269, 1997.
- , 'Luminescence and the Invention of Photography', *History of Photography: "A Vibration in The Phosphorous"*, 26(1):4–15, 2002.
- , 'Alternative Photography', 2004, from <http://www.mikeware.co.uk>.
- Watson, Simon and Murray Thomson, *Feasibility Study: Generating Electricity from Traditional Windmills*, Loughborough University, 2005.
- Weisman, Alan, *The World Without Us*, Virgin Books, 2008.
- Wells, Lieutenant Colonel R. G., 'Construction of Radio Equipment in a Japanese POW Camp', from <http://www.zerobeat.net/qrp/powradio.html>.
- Werner, David, *Where There Is No Doctor: A Village Healthcare Handbook*, Hesperian Health Guides, 2011.
- Westh, H., J. O. Jarløv et al., 'The Disappearance of Multiresistant *Staphylococcus aureus* in Denmark: Changes in Strains of the 83A Complex between 1969 and 1989', *Clinical Infectious Diseases*, 14(6):1186–1194, 1992.
- Weygers, Alexander G., *The Making of Tools (ATL 04–103)*, Van Nostrand Reinhold Company, 1973.
- , *The Modern Blacksmith (ATL 04–108)*, Van Nostrand Reinhold Company, 1974.
- Whitby, Garry, *Glassware Manufacture for Developing Countries (ATL 33–792)*, Intermediate Technology Publications, 1983.
- Wigginton, Eliot (ed.), *Foxfire 2: Ghost Stories, Spring Wild Plant Foods, Spinning and Weaving, Midwifing, Burial Customs, Corn Shuckin's, Wagon Making and More Affairs of Plain Living (ATL 02–33)*, Anchor, 1973.
- Winden, John van, *General Metal Work, Sheet Metal Work and Hand Pump Maintenance (ATL 04–134)*, TOOL Foundation, 1990.
- Wingate, Michael, *Small-scale Lime-burning: A practical introduction (ATL 25–675)*, Practical Action, 1985.
- Winston, Robert, *Bad Ideas? An arresting history of our inventions*, Bantam Books, 2010.
- Wiseman, John 'Lofty', *SAS Survival Handbook: The ultimate guide to surviving anywhere (revised edition)*, Collins, 2009.
- Wood, T. S., *Simple Assessment Techniques for Soil and Water (ATL 05–213)*, CODEL, Environment and Development Program, 1981.
- Yeo, Richard, *Encyclopaedic Visions: Scientific Dictionaries and Enlightenment Culture*, Cambridge University Press, 2001.
- Zalasiewicz, Jan, *The Earth After Us: What Legacy Will Humans Leave in the Rocks?*, Oxford University Press, 2008.

## Список иллюстраций

Legion-media.ru (Припять).

Legion-media.ru (плавучие гидроэлектростанции).

Shutterstock.com (Всемирное семеновохранилище); Darren Bennett, dkb creative (карта).

Иллюстрация Bill Donohoe (земледельческие орудия).

Lexikon der gesamten Technik by Herausgegeben von Otto Lueger (плуг); Meyers Konversationslexikon (1905–1909) by Joseph Meyer (бороны, сеялка и работа плуга). All reproduced courtesy of [www.zeno.org](http://www.zeno.org).

Meyers Konversationslexikon by Joseph Meyer, reproduced courtesy of [www.zeno.org](http://www.zeno.org) (злаковые культуры); дизайн Bill Donohoe.

Meyers Konversationslexikon by Joseph Meyer, reproduced courtesy of [www.zeno.org](http://www.zeno.org) (механическая жатка).

Legion-media.ru (колесная прялка).

Legion-media.ru (ткацкий станок).

From p. 12 of Wood products: distillates and extracts by Dumesny and Noyer (1908) (устройство для пиролиза); диаграмма автора.

Photographs reproduced by kind permission of David J. Gingery Publishing, LLC (примитивная литейная).

Shutterstock.com (токарный станок).

Иллюстрация Bill Donohoe (доменная печь).

Reproduced courtesy of Historical Collections & Services, Claude Moore Health Sciences Library, University of Virginia (акушерские щипцы).

'Wind powered factories: history (and future) of industrial windmills' in Low-Tech magazine, article © Kris De Decker (edited by Vincent Grosjean) (самоориентирующаяся башенная ветряная мельница).

Иллюстрация Bill Donohoe (кулачок и кривошип).

Reproduced courtesy of the A P Godber Collection, Alexander Turnbull Library (турбина Пелтона).

Legion-media.ru (автобус с газовым мешком).

© Mike LaRosa (автомобиль с дровяным газогенератором).

Иллюстрация Bill Donohoe (четырехтактный двигатель).

Фотография автора (форма для отливки литеры).

Иллюстрация Bill Donohoe (схема радиоприемника); photograph reproduced courtesy of Tim Sammons.

Solvay Process Co.'s works, Syracuse, N. Y., from the Library of Congress (фотография завода); диаграмма автора.

Meyers Konversationslexikon by Joseph Meyer, reproduced courtesy of [www.zeno.org](http://www.zeno.org) (механические часы).

Диаграмма автора (звезда Барнарда).

Диаграмма автора (круговое блуждание небесной точки).

From p.1932 of Webster's New International Dictionary of the English Language (1911 edn), reproduced courtesy of Oxford Union Library (секстант).

[1] Перевод С. Степанова.

[2] Маккарти К. Дорога. — М.: Азбука-Аттикус, 2014.

[3] Подобные события, но в меньшем масштабе, случались в недавней истории: после распада Советского Союза в 1991 г. небольшая республика Молдова пережила паралич

экономики, заставивший людей перейти к натуральному хозяйству и вернуться к технологиям из исторических музеев вроде ножной прялки, ручного ткацкого станка и маслобойки. — Здесь и далее, кроме особо оговоренных случаев, прим. авт.

[4] Если по условиям задачи устранить вообще любые материальные фрагменты погибшей цивилизации, то эксперимент с возрождением человечества мог бы подарить нам руководство по развитию технической цивилизации на пустом месте — после провала сквозь пространственно-временную кротовую нору в палеолит, на 10 000 лет в прошлое, или после аварийной посадки на необитаемую, но дружелюбную подобную Земле планету. Идеальная робинзоада — оказаться не на пустынном острове посреди океана, а в пустом мире.

[5] Может быть, наиболее ярко общество характеризуют великие памятники, искусство, музыка или иные культурные достижения, но любая цивилизация опирается на базовые вещи — такие основы, как производительное сельское хозяйство, очистка сточных вод и химический синтез. В центре внимания нашей книги — ключевые аспекты науки и техники, имеющие универсальную важность: законы физики истинны независимо от того, где (и когда) вы живете, и даже через 1000 лет первоочередные нужды человечества, удовлетворяемые путем применения технологий, будут те же, что и сейчас: еда, одежда, энергия, транспорт и пр. Искусство, литература, музыка — важная часть нашего культурного наследия, но без них перезагрузка цивилизации не затянется на лишние пять веков, и пережившие апокалипсис непременно найдут свои способы художественно выразить то, что будет для них важно.

[6] Между прочим, некоторые долговременные последствия черной смерти оказались для общества благом: черные тучи великого мора окаймлены серебряным сиянием культуры. Образовавшийся дефицит рабочей силы позволил крестьянам, пережившим опустошение, ослабить зависимость от феодала, что приблизило конец деспотического феодального строя и приход гораздо более демократического общественного устройства и рыночно ориентированной экономики.

[7] Матесон Р. Я — легенда. М.: Эксмо, 2010.

[8] Перевод М. Шишмаревой и З. Журавской.

[9] Но только очки для коррекции дальновзоркости: более распространенные вогнутые линзы для близоруких не собирают, а рассеивают солнечные лучи. Такую ошибку допустил в знаменитом романе «Повелитель мух» Уильям Голдинг: у него близорукий Хрюша разводит огонь с помощью очков.

[10] Современные товары, как и упаковка, редко состоят из одного вида пластмассы. Например, тюбик зубной пасты прессуется из пяти слоев пластика разом: это линейный полиэтилен низкой плотности, модифицированный полиэтилен низкой плотности, этилвинилалкоголь, опять слой модифицированного полиэтилена низкой плотности и, наконец, линейный полиэтилен низкой плотности. (Занятно, что пластиковый тюбик сам выдавливается из патрубка, наподобие зубной пасты, которой его наполняют.) Поэтому сложные пластмассовые изделия практически не годятся для переработки, собирать имеет смысл только простейшие изделия, например ПЭТ-бутылки.

[11] Перевод С. Бережкова (А. Н. Стругацкого).

[12] Сейчас основное значение глагола «broadcast» — вещать, передавать по радио, телевидению. — Прим. ред.

[13] Даже привычный нам оранжевый цвет моркови — результат селекции: в природе ее корни белые или фиолетовые. Оранжевый сорт вывели в XVII в. в Нидерландах в честь Вильгельма I, принца Оранского.

[14] Даже в пределах Британии норфолкское четырехполье менее эффективно на тяжелых глинистых почвах севера и запада, исторически эти области специализируются



на скотоводстве и промышленном производстве (на прибыли с которых закупают на юге зерно).

[15] Благодаря описанным в этой главе завоеваниям аграрной революции XVI–XIX вв. Британия существенно увеличила производство продовольствия, одновременно снизив трудозатраты. Уменьшение доли людей, занятых крестьянским трудом, способствовало урбанизации. К 1850 г. в Британии доля занятых в сельском хозяйстве была самой низкой в мире: чтобы прокормить страну, работать на земле достаточно было одному из пятерых, к 1880 г. крестьянский труд требовал каждого седьмого, к 1910 г. — каждого одиннадцатого. Сегодня в развитых странах, где применяют искусственные удобрения, гербициды и пестициды, а также высокопроизводительные устройства типа зерноуборочного комбайна, один работающий на земле обеспечивает продовольствием около 50 человек.

[16] Перевод В. Тихомирова.

[17] В языке до сих пор сохранились свидетельства ценности соли в прежние эпохи. Например, римские legionеры получали деньги на покупку соли (*salarium*), от названия которых происходит современное английское слово *salary* (жалованье).

[18] Исключение — традиционный способ приготовления маиса у коренных народов Мезоамерики. Кукурузу варят в щелочном растворе, бросая в воду гашеную известь или золу для «никстамализации» (от майяских слов, означающих золу и кукурузное тесто). Это не только улучшает вкус зерна, но и высвобождает витамин В3 для усвоения человеческим организмом. Пеллагра, болезнь, вызываемая недостатком В3, два века разила тех европейцев и североамериканцев, основу рациона которых составляла кукуруза: переняв у индейцев маис, они не переняли способ его приготовления.

[19] В Северном полушарии полярные области суши гораздо обширнее, чем в южном. Ньюкасл-на-Тайне гораздо ближе к полюсу и, соответственно, зимой получает намного меньше света, чем любая точка Африки, Австралии и Южной Америки.

[20] Шесть тысяч лет назад жители Южной Америки нашли способ «взрывать» зерна определенных сортов: сегодня на этой технологии живет обслуживающий кинотеатры рынок попкорна, на котором только в США обращаются миллиарды долларов.

[21] Консервный нож появился только в 1860-х гг., через полвека после того, как французскую армию стали снабжать консервами в жестянках. Солдаты вскрывали их тесаками или штыками, и только когда консервы вошли в рацион гражданского населения, понадобились специальные открывалки.

[22] Перевод Н. Гордеевой.

[23] Качество топливных запасов экономисты оценивают, вычисляя соотношение полученной энергии к затраченной (EROEI). Этот коэффициент показывает, сколько полезной энергии можно получить с месторождения в отношении ко всей энергии, затраченной на добычу, обогащение и переработку. Например, первые освоенные месторождения нефти в Техасе в 1900-х гг. было легко разрабатывать, и EROEI у них составлял около 100 — они приносили в сто раз больше энергии, чем тратилось на ее добычу. В наши дни, когда мировые запасы нефти истощились и все бóльших усилий стоит добыча и переработка последних ее капель (чего стоят хлопоты с устройством морских буровых платформ), рентабельность энергии упала до 10.

[24] Древесный уголь в ряде отношений превосходит каменный, он ни в коем случае не канул в историю. Например, Бразилия располагает большими запасами древесины, но скудными залежами каменного угля — по мере разрастания лесов в постапокалиптическом мире эта ситуация станет более повсеместной — и является крупнейшим на планете производителем древесного угля. Часть его сгорает в домнах при выплавке чугуна, который вывозится в США и другие страны, где превращается в сталь для машин и кухонной техники. Источником сырья для древесного угля служат в

основном возобновляемые лесные насаждения, и, значит, таким способом можно получать «зеленую» сталь.

[25] В наши дни керосиновые фонари и свечи воспринимаются как аварийная технология, надежные и легко хранимые средства на случай чрезвычайной ситуации, когда более сложные устройства перестанут работать. Однако старые технологии также служат для создания особой атмосферы: запряженный лошадьми катафалк на похоронах или свечное освещение на романтическом ужине. В этом смысле некоторые простые технологии никогда не устаревают: они живут, но меняют предназначение. Для наследников же постапокалиптической Земли они станут хорошей подмогой на первых порах.

[26] ВНИМАНИЕ! Не применяйте для изготовления мыла алюминиевую посуду! Алюминий вступает в реакцию с сильными щелочами, выделяя взрывоопасный водород.

[27] Перевод И. Полоцка, С. Борисова.

[28] Больше 100 лет семья врача, придумавшего акушерские щипцы, хранила изобретение в тайне, чтобы получать доход, пользуясь преимуществом перед другими акушерами. Чтобы сохранить секрет, щипцы вносили в комнату роженицы в футляре и вынимали не раньше, чем удалятся все посторонние, а роженице завязжут глаза.

[29] Одно из первых в истории клинических испытаний лекарства провели в 1747 г. на больных цингой, чтобы показать, что плоды цитрусовых содержат вещество, предупреждающее эту болезнь.

[30] В 1681 г. Антоний ван Левенгук, применив такой инструмент, стал первым в истории человеком, увидевшим микроорганизмы. Заболев расстройством кишечника, Левенгук не преминул изучить под микроскопом образец собственного жидкого стула. И увидел «крохотных существ, весьма изящно движущихся», «немного вытянутые, а их живот... усажен бесчисленными лапками». Увиденные Левенгуком организмы мы сегодня относим к простейшим, это гиардии, распространенный возбудитель диареи. Вскоре после этого Левенгук обнаружил микробы в каплях воды и бактерии, кишащие в экскрементах и гнилых зубах. А рассматривая собственное семя, увидел оживленно извивающиеся сперматозоиды, без которых невозможно половое размножение животных (Левенгук особо оговаривал, что получил образцы материала «без всяких греховных ухищрений» и что это были «излишки, которыми наделила меня природа в моих супружеских отношениях»).

[31] Предположение о существовании невидимых мелких организмов высказывалось задолго до того, как появился первый микроскоп. В 36 г. до н.э. римский ученый Марк Теренций Варрон писал, что «вокруг плодятся не видимые глазом мельчайшие существа, которые, плавая в воздухе, попадают в нутро человека через нос и рот и вызывают тяжелые болезни». История могла бы пойти совсем иным путем, если бы Варрон додумался для подтверждения своей догадки сделать примитивный микроскоп из стеклянного шарика. Представьте себе, скольких эпидемий и страданий избегло бы человечество, если бы микробная теория возникла до Рождества Христова.

[32] К концу XIX в. ветряные мельницы достигли высокого уровня инженерной сложности, их ориентацией управлял центробежный регулятор (два тяжелых шара на рычагах), который автоматически изменяет зазор между жерновами в зависимости от скорости ветра. Сегодня мы этот механизм ассоциируем прежде всего с паровозом, где он управляет клапанами, впуская пар высокого давления в поршень, если тот вращается слишком быстро, но фактически Джеймс Уатт целиком заимствовал эту схему у ветряных мельниц.

[33] Если у вас в зубах есть пломбы старого типа, можете пронаблюдать это явление у себя во рту. Пожуйте кусок алюминиевой фольги, и этот кусок металла прореагирует с ртутно-серебряной смесью пломбы, причем электролитом послужит ваша же слюна.

Однако ставить этот опыт нужно с осторожностью, потому что возникающий электрический ток поступит напрямик к нервным окончаниям в plombированном зубе!

[34] Название для блока из соединенных гальванических элементов пришло из языка военных: позиция из нескольких тяжелых орудий именуется артиллерийской батареей.

[35] Пример подобного технологического регресса, когда коллапс механизации вызвал возвращение к тягловому скоту, можно найти в недавней истории. В начале 1960-х гг. после кубинской революции и превращения Кубы в сателлита СССР сельское хозяйство в стране преобразилось за счет поставок техники из СССР и стран Восточной Европы. Однако в 1989 г. социалистический блок рухнул, и коммунистическая Куба внезапно лишилась поставок углеводородного топлива и оборудования. Ее постигла полная остановка транспортной системы, механизированного сельского хозяйства и производства удобрений и агрохимикатов. Пришлось срочно возродить поголовье скота; чтобы заменить 40 000 тракторов, государство развернуло экстренную программу по разведению и подготовке к работе тяглового скота. Чтобы поля не запустели, Куба меньше чем за десять лет довела поголовье быков почти до 400 000 и возродила конское поголовье.

[36] Вопреки распространенному мнению, равновесие движущемуся велосипеду, особенно на небольших скоростях, обеспечивает не только и не столько гироскопический эффект вращающихся колес.

[37] Занятно, но и для современных электрокаров максимальный запас хода составляет примерно те же 150 км: технические усовершенствования батарей и электромоторов полностью нивелированы увеличением размера и веса машин, так что водители электромобилей и сегодня страдают от «батарейной тревоги».

[38] Перевод К. Бальмонта.

[39] Почему китайцы, придумавшие бумагу за 1000 лет до того, как она получила распространение в Европе, и печатавшие текст, вырезанный на деревянных блоках, не сделали еще один шаг к набору из подвижных литер, придуманному Гутенбергом? Причина, возможно, кроется в коренном различии между европейской и восточной письменностью. На Западе для письма используется небольшой набор букв, которые, сочетаясь в разной последовательности, передают звучание слов, китайский же письменный текст составляется из несравнимо большего числа сложных составных иероглифов, каждый из которых обозначает понятие или предмет. Комбинировать из немногих букв проще, и это способствовало появлению станка с подвижными литерами.

[40] Предполагая делать в будущем новые оттиски текста, например переиздания важного научного сочинения, можно избавить себя от лишних хлопот и повторного составления набора из тысяч литер, сохранив макет страницы. Сами литеры слишком ценны, чтобы их можно было оставить в раме в виде готового набора, но можно сделать с набора гипсовую отливку и использовать ее как форму для выплавки из металла матрицы на целую страницу текста. Таково оригинальное значение слова «стереотип». Другое название стереотипной пластины — клише, — судя по всему, изображает звук, сопровождающий отливку, а использовать клише — значит обратиться к стереотипным блокам часто переиздаваемого текста.

[41] Современная электроника пошла дальше и вместо энергоемких вакуумных ламп сегодня использует свойства полупроводниковых материалов: место демодуляторов с термоэлектронными клапанами заняли твердотельные диоды, а кремниевые транзисторы воспроизводят процессы, выполнявшиеся триодами. Квинтэссенция миниатюризации — смартфон в моем кармане — содержит миллиарды транзисторов, каждый из которых функционально идентичен тепло мерцающей вакуумной радиолампе.

[42] Перевод Наталии Роговской.

[43] Во второй половине XIX в. французский император Наполеон III устроил обед с алюминиевыми столовыми приборами, подав их вместо серебра, чтобы впечатлить самых почетных гостей. Причудливым образом это был одновременно самый распространенный и самый драгоценный металл на планете. Но с появлением подходящего флюса и началом промышленной выплавки методом электролиза алюминий от великолепия королевских обедов скатился к бесчестью пивных банок, миллионами выбрасываемых в мусор.

[44] Начиная с 1930-х гг. ученые шли на шаг впереди природы, заполняя добавочные ряды внизу таблицы элементами, не существующими на Земле, но создаваемыми искусственно. Их атомные ядра настолько перегружены протонами и нейтронами и потому нестабильны, что почти немедленно распадаются, порождая всплеск радиации. Таким образом, человечество научилось не только создавать новые материалы — стекло из песка или сплавы различных металлов — или небывалые молекулы вроде органических полимеров и пластмасс, но и видоизменять сами химические элементы, воплотив в жизнь мечту алхимиков. При должном усердии цивилизация, которая пойдет по нашим стопам, тоже сможет этого достичь.

[45] С помощью фотокамеры даже спустя миллионы лет после апокалипсиса можно будет показать, как выглядела предшествующая техническая цивилизация. На снимке ночного неба в области небесного экватора ( $90^\circ$  к оси мира: см. главу 12), сделанном с выдержкой 1–2 минуты, все звезды из-за вращения Земли выглядят как плавно изогнутые штрихи. Но, разглядывая снимок, вы обнаружите кое-что весьма любопытное: вспышки света, которые нисколько не размазались. Эти объекты, как будто прибитые к небу, движутся ровно с той же скоростью, с какой вращается наша планета. Это рукотворные космические объекты, геостационарные спутники, опоясывающие Землю по экватору на такой высоте, чтобы период их обращения составлял ровно сутки, поэтому каждый такой спутник висит над одной и той же точкой земной поверхности и служит надежным ретранслятором связи. Орбиты геостационарных спутников стабильны, и еще долгое время после того, как наши города и другие творения человека рассыплются в пыль и уйдут в землю, эти объекты останутся памятником технической цивилизации, висящим в пустоте космоса и обнаруживаемым осведомленным наблюдателем.

[46] Поскольку мы заговорили о химии серебра, стоит упомянуть еще одно его важное применение: для изготовления зеркал — предмета, не только угождающего тщеславию, но и незаменимого в роли важнейшего элемента мощных телескопов и навигационных секстантов. Щелочной раствор аммиака (см. главу 5) смешивают с нитратом серебра и небольшим объемом сахара и выливают на обратную сторону чистой стеклянной пластины. Сахар восстанавливает серебро до металлической формы, и тем самым прямо на поверхность стекла наносится тонкий блестящий слой металла.

[47] Согласно современной химической номенклатуре, морская соль (хлорид натрия) и кальцинированная сода (карбонат натрия) — соли одного и того же основания, гидроксида натрия, в обиходе называемого каустической содой.

[48] В начале XIX в. токсичные отходы просто вывозились на свалку: груды черного пепла, нерастворимого сернистого кальция, громоздились на полях, окружающих фабрики по производству соды, а из фабричных труб поднимались в небо клубы хлороводорода, губившего окрестную растительность. В 1863 г. английский парламент принял Закон о щелочах, запретивший выбрасывать хлороводород в атмосферу: это был первый в новой истории закон, охраняющий чистоту воздуха. В ответ производители соды стали собирать этот водорастворимый газ, распыляя воду в дымовых трубах, и сливать образовавшуюся соляную кислоту в ближайшие реки, ловко обходя закон и загрязняя уже не воздух, а воду!

[49] Параллельные улицы прямоугольно спланированного Манхэттена проложены под углом  $30^\circ$  к направлению на небесный север, и дважды в год (в конце мая и в середине



июля) Манхэттен превращается в гигантский обитаемый Стоунхендж, где солнце опускается за горизонт точно посередине каждой из похожих на ущелья улиц.

[50] Если вам нужно это доказать, есть способ продемонстрировать, что перемещение солнца по дневному небу и вращение звездного полога ночью вызваны не их собственным, а нашим движением. Подвесьте груз на длинной бечевке в помещении, защищенном от ветра, и аккуратно раскачайте его в одной плоскости, не допуская боковых отклонений. Мнимая линия, прочерчиваемая этим «маятником Фуко» по поверхности земли в течение суток, будет как бы поворачиваться на оси. Но маятник висит свободно, и никакая сила не вынуждает его отклоняться: на самом деле он качается в одном направлении, а вот Земля под ним сдвигается.

[51] Механические часы впервые стали применяться в конце XIII в. в монастырях: бой этих часов призывал братию на молитву. В сущности, основная конструкция механических часов сложилась на 100 с лишним лет раньше появления циферблата и стрелок (вернее, стрелки, поскольку минутная появилась спустя три века после часовой): первые механические хронометры не умели показывать время, это были хитроумные автоматы для битья в колокола (и английское слово clock, «часы», происходит от кельтского названия колокола).

[52] Любые часы — это, в сущности, прибор для подсчета колебаний какого-то равномерного процесса с наглядным отображением счета. Современные часы работают по тому же принципу, только они используют физические явления с более точным ритмом и гораздо быстрее протекающие: электронные часы подсчитывают электрические колебания кварцевого генератора, а атомные часы — сверхвысокочастотные колебания облака цезия.

[53] Хотя на самом деле день будет немного длиннее, так как утром и вечером из-за преломления солнечного света в атмосфере бывает период сумерек.

[54] Как можно доказать, что Земля обращается вокруг Солнца, а не наоборот (и, таким образом, лучшее место в центральной ложе Солнечной системы досталось не нам)? Для этого нужны всего лишь достаточно точные часы. Понаблюдав несколько ночей, вы заметите, что любая выбранная вами звезда каждый раз появляется на небе почти ровно на четыре минуты позже, чем прошлой ночью. Если бы Земля висела на одном месте и только вращалась вокруг своей оси, как юла, звезды бы являлись нашему взору каждую ночь в одно и то же время. Но в действительности положение Земли относительно звезд понемногу меняется, поэтому ей каждый раз нужно совершить чуть больше вращения, чтобы показать нам тот же вид ночного неба, что и вчера. Четыре минуты — это  $1/365$  часть суток: Земля покрыла еще один дневной переход на своем пути вокруг светила.

[55] Вообще-то из наблюдений, собранных в первые десятилетия перезагрузки, вы увидите, что при 365-дневном календаре такие астрономические события постепенно сдвигаются на более поздние дни. Это подскажет вам, что год продолжается не ровно 365 дней, а чуть дольше. (Если задуматься, нет причин ожидать, что период обращения планеты вокруг Солнца будет без остатка кратен времени ее оборота вокруг собственной оси.) За 1460 лет выбранная вами века пройдет вспять весь годовой круг и случится ровно в тот же день, с которого ее начали наблюдать. Так что относительно звездного задника Земля за 1460 лет накручивает 365 дополнительных суток. То есть каждый год набегают дополнительные четверть суток, которую нужно как-то учесть, иначе календарь станет неточным, разойдется с реальной сменой сезонов. Поэтому в 46 г. до н.э. Юлий Цезарь скорректировал календарь и ввел високосный год, чтобы календарные даты не расходились с природными.

[56] На больших гидрографических судах нередко было по несколько хронометров, чтобы усреднить погрешность и всегда иметь в запасе исправный прибор. В 1831 г. бриг «Бигль» вышел в плавание с не более и не менее чем 22 хронометрами на борту: чтобы точно определять местоположение заморских земель (в том числе Галапагосских

островов, наблюдение дикой природы которых вдохновило Чарльза Дарвина на создание его революционной теории).

[57] Перевод А. Сергеева.

[58] Не сомневаюсь, многие читатели этой книги удивлены тем, что не встретили здесь тем, которые считают важными. Я постарался по возможности включить сюда все знания, которые я полагаю безусловно необходимыми для перезагрузки цивилизации. Исправно функционирующую цивилизацию технологий можно воссоздать, не знакомясь с эволюционной теорией и ничего не зная о других планетах Солнечной системы, но нельзя это сделать, не умея эффективно удобрять поля или получать щелочи. Вместе с тем я с огромной охотой прочту ваши послания на сайт The-Knowledge.org о том, какое знание именно вам кажется безусловно необходимым для восстановления цивилизации из руин и почему.

[59] Едва ли не единственными, кто не принял в полной мере метрическую систему, остаются США и Великобритания, где поныне в ходу устаревшие меры: мили на дорожных знаках и на спидометрах, пинты, которыми измеряют объем напитков в ресторанах и пабах. Причина, по которой Наполеон, созывая для стимуляции повсеместного внедрения метрической системы конгресс 1798 г., обошел англоговорящие страны, была в том, что совсем незадолго до того англичане в битве при Абукире потопили французский флот, — так что их на вечеринку не пригласили.

[60] На самом деле исторически рассуждение двигалось иным путем: в XVII в. ученые предложили использовать в качестве эталона длины маятник с полупериодом в секунду. Именно поэтому слово «метр» означает еще и ритм в поэзии и музыке. Предложение, однако, отвергли, остановившись на альтернативном — вывести эталон из соотношений размеров Земли, — потому что на ритм маятника влияет локальная динамика гравитационного поля.

[61] Строго говоря, процесс кипения зависит от ряда внешних факторов — например, на образование пузырьков влияет гладкость стенок сосуда, поэтому более постоянным и надежным стандартом служит температура насыщенного облака водяного пара при атмосферном давлении.

[62] Математика — одна из тем, не затронутых нами сколько-нибудь глубоко. Вычисления, безусловно, необходимы для инженерного дела и конструирования, также математика служит языком, на котором формулируются физические законы, но для объяснения общих научных принципов, охваченных в этой книге, она не нужна.

Переводчик Н. Мезин

Редактор В. Потапов

Главный редактор С. Турко

Руководитель проекта Л. Разживайкина

Корректоры М. Смирнова, О. Улантимова

Компьютерная верстка К. Свищёв

Дизайн обложки Ю. Буга

Иллюстрация на обложке 123RF.com

© Lewis Dartnell 2014

© Издание на русском языке, перевод, оформление. ООО «Альпина Паблишер», 2018

© Электронное издание. ООО «Альпина Диджитал», 2018

**Дартнелл Л.**

Цивилизация с нуля: Что нужно знать и уметь, чтобы выжить после всемирной катастрофы / Льюис Дартнелл; Пер. с англ. — М.: Альпина Паблишер, 2018.

ISBN 978-5-9614-4962-4