

СЕМЬ ЭЛЕМЕНТОВ, КОТОРЫЕ ИЗМЕНИЛИ МИР

ЖЕЛЕЗО, УГЛЕРОД, ЗОЛОТО, СЕРЕБРО, УРАН, ТИТАН, КРЕМНИЙ



ДЖОН БРАУН

Джон Браун рассматривает семь химических элементов — семь строительных блоков физического мира — как основу для исследования областей, запредельных для нашего познания.

Дэниел Ергин, лауреат Пулитцеровской премии

Современная наука наделила человечество невиданной ранее мощью и возможностью влиять на окружающий мир. Очевидно, что разумное использование скрытых сил химических элементов – это путь к прогрессу, неразумное – к гибели.

Эта книга о том, как мы, люди, меняем планету. Как, используя во благо, а временами во вред богатый арсенал химических элементов, неудержимо стремимся к новым пределам: знаний, богатства, власти и влияния. Как создаем новые отрасли промышленности и города, как разрушаем и истребляем то, чем пользовались до нас десятки поколений.

Сможет ли сегодня человечество направить свои силы и энергию на благо себе и планете, воздержаться от необдуманных действий, которых и так совершено уже немало? На этот вопрос стремится найти ответ Джон Браун, английский бизнесмен, инженер и историк, на протяжении 12 лет возглавлявший одну из крупнейших нефтедобывающих корпораций мира – British Petroleum.

- [Джон Браун](#)
 -
 -
 -
 - [Предисловие](#)
 - [Сущность всего](#)
 - [Железо](#)
 - [Углерод](#)
 - [Природный газ](#)
 - [Золото](#)
 - [Серебро](#)
 - [Уран](#)
 - [Титан](#)
 - [Кремний](#)
 - [Власть, прогресс и разрушение](#)
 - [Благодарности](#)
 - [Список карт](#)
 - [Примечания](#)
 - [Библиография](#)
- [notes](#)
 - [1](#)
 - [2](#)
 - [3](#)
 - [4](#)
 - [5](#)
 - [6](#)
 - [7](#)
 - [8](#)

Джон Браун

Семь элементов, которые изменили мир

© John Browne, текст, 2013

© John Gilkes, карты, 2013

© Кузин В., перевод на русский язык, 2014

© Издание на русском языке, оформление.

ООО «Издательская Группа «Азбука-Аттикус», 2014

КоЛибри®

Все права защищены. Никакая часть электронной версии этой 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 частного и публичного использования без письменного разрешения владельца авторских прав.

© Электронная версия книги подготовлена компанией ЛитРес (www.litres.ru)

Джон Браун – английский инженер, бизнесмен и историк – на протяжении 12 лет возглавлял одну из крупнейших нефтедобывающих корпораций мира, British Petroleum. Член Королевской инженерной академии и Лондонского королевского общества по развитию знаний о природе. Ныне управляющий партнер Riverstone Holdings LLC и международной энергетической частной инвестиционной компании.

Посвящается QNN

Предисловие

Почему семь?

Число семь всегда занимало центральное место в мифологии, музыке и литературе. Мир был создан за семь дней, в диатонической гамме семь нот, а согласно Шекспиру, человек переживает семь возрастов. Когда я задумывал эту книгу, мое внимание также привлекло число семь, и я спрашивал себя: какие семь химических элементов лучше всего помогут понять наш мир? И какие элементы оказали наибольшее влияние на мою жизнь и с какими мне чаще всего приходилось иметь дело?

Разумеется, очевидным кандидатом на включение в семерку стал углерод – ведь в сочетании с водородом он составляет основу сырой нефти. Следующий номер – железо, становой хребет индустрии с начала промышленной революции XIX в. (без него, кстати, нефти не добыть). Следующим на ум пришло серебро, сделавшее возможной фотографию, которой я увлечен всю жизнь. За дальнейшими подсказками я обратился к школьной периодической таблице Менделеева: здесь в соответствии с химическими свойствами сгруппированы все элементы. Просматривая таблицу слева направо, наглядно видишь: каждый следующий содержит в ядре на один протон больше, чем предыдущий [1].

Первым идет водород. В сочетании со многими другими элементами он играет ключевую роль в формировании различных форм жизни, а значит, и в образовании ископаемых видов топлива [2]. Но сам по себе водород не кажется способным изменить мир. Двигаясь дальше, доходишь до кремния, он стоит в таблице как раз под водородом – оба имеют по четыре электрона во внешней оболочке. Я мысленно вернулся к тому времени, когда работал в компании Intel, ставшей пионером в создании полупроводниковых микрочипов на основе кремния. Повсеместное распространение микрочипов и их роль в формировании цифрового мира сделали кремний еще одним очевидным членом семерки.

Одновременно с кремнием начал изменять мир и титан. Когда-то он обещал чудеса, но мечта осуществилась не вполне. Меня самого привлекает малоизвестная способность титана придавать ослепительную белизну всем белым красителям, в которые его добавляют. Я узнал об этом свойстве, сотрудничая с канадской фирмой Quebec Iron and Titanium. Оно удивило меня тогда и продолжает удивлять сейчас.

Двигаюсь дальше по той же строке. О, хорошие знакомые: металлы железо, кобальт, никель, медь и цинк. Все они очень важны, но нельзя с абсолютной уверенностью сказать, какой именно по-настоящему изменил мир. Пусть будет железо, а не медь – электротехнике мы воздадим должное с помощью кремния.

Взгляд еще раз скользнул по серебру и в следующем ряду наткнулся на золото. Оно способно зачаровать, недаром использовалось для чеканки монет, на протяжении веков служивших основной валютой для расчетов международной торговли. Золото – движущая сила глобальной экспансии и имперских амбиций. Его привлекательность толкала людей на невероятную жестокость. Несмотря ни на что, оно притягивает и сегодня.

Итак, я дошел до нижнего ряда периодической системы, выбрав к тому времени шесть элементов.

Уран. Ядро его содержит большое число протонов и нейтронов, и потому он крайне неустойчив. Что и оказало серьезное воздействие на наш мир во время бомбардировки

японского города Хиросимы. Поэтому уран был выбран седьмым.

Работая над этой книгой, я раз за разом просматривал периодическую систему, подвергая сомнению выбор – и элементов, и числа семь. И однако каждый раз названная семерка – железо, углерод, золото, серебро, уран, титан, кремний – вновь казалась мне определяющей для человеческой истории. Она связывает важнейшие составляющие нашей общественной, экономической и культурной жизни. Вдобавок эти семь элементов контролируют наши эмоции, как никакие другие.

И никакого восьмого в этот ряд добавить невозможно.

Сущность всего

Химические элементы – источник процветания людей и причина человеческих страданий. Мне довелось наблюдать и то и другое. За 45 лет карьеры в бизнесе, включая 12 лет работы во главе British Petroleum, я видел, на что способны химические элементы.

В детстве я просил отца рассказать какую-нибудь историю. Не помню, чтобы он начинал ее словами: «Давным-давно жили-были...» Но именно так начинается история химических элементов. Если вы наведете на небо мощный радиотелескоп, то обнаружите потоки излучения малой мощности, приходящие к нам отовсюду. Излучение без помех распространяется в космосе с тех пор, как приблизительно 14 миллиардов лет назад образовались первые химические элементы. Оно представляет собой след или эхо Большого взрыва, породившего Вселенную.

Сначала Вселенная была газообразным сгустком чистой энергии. По мере того как она расширялась и остывала, частицы, основные строительные блоки материи – протоны, нейтроны и электроны – выделялись из первичной газообразной среды. Вселенная продолжала остывать, частицы сливались воедино, в результате образовывались гелий и дейтерий (тяжелый водород). Процесс слияния ядер позже привел к возникновению всех других элементов внутри звезд.

Иногда я просил отца рассказать о науке, но он отказывался, так как не любил эту тему. Чтобы удовлетворить мое любопытство, он дал мне сборник рождественских лекций физика сэра Уильяма Брэгга, прочитанных в Королевском институте в 1923 г. В лекциях под общим названием «О природе вещей» Брэгг рассказывал, как атомы различных элементов могли объединяться, усложняя мир [1]. На каком-то этапе возникла жизнь с ее изумительной способностью придавать форму хаосу. Я был поражен тем, что на элементарном уровне наша жизнь и даже мысль – всего-навсего результат взаимодействий атомов. В начале XX в. Уильям Брэгг и его сын Лоуренс первыми взялись за исследования в области рентгенокристаллографии. Они использовали рентгеновские лучи для изучения микрочастиц материи [2]. С помощью «новых глаз» отец и сын Брэгги изменили наше понимание химических элементов – точно так же, как ранее теория атомов Джона Дальтона и периодическая система Менделеева в XIX в. [3].

Отрочество я провел на юге Ирана, где служил мой отец, и там непосредственно познакомился с нефтью и с внушающей благоговейный трепет нефтедобывающей промышленностью. Я с волнением наблюдал за работой мощной техники, бурившей нефтяные скважины. Из лекций Брэгга я уже знал, что нефть состоит из водорода и углерода. «В соответствующих условиях и при наличии кислорода, – писал Брэгг, – атомы быстро образуют новые комбинации, выделяя при этом большое количество тепла» [4]. Я был очарован процессом трансформации: ведь благодаря нефтедобыче выделялась энергия, позволявшая преобразовывать общество. Углерод в форме различных соединений дает людям свет, тепло, способность передвигаться по земле и, значит, свободу жить по-новому.

Нигде это не проявилось с такой очевидностью, как в Китае. Во время моей первой поездки в Китай в 1979 г., всего через три года после смерти Мао, страна была бедной, блеклой и унылой. На улицах редко встречались автомобили, кругом – одноцветное море невеселых мужчин и женщин в серо-зеленых костюмах, передвигавшихся пешком или на велосипедах. Сегодня Китай – центр современного мира: небоскребы, автомобили,

спешащие по делам люди. Произошла трансформация, и сотни миллионов китайцев обрели материальный достаток. А ведь источником энергии для трансформации оказался углерод, крупнейшим потребителем которого является теперь Китай [5].

В Азербайджане, на другом краю Азии, я наблюдал, как углеводородное сырье способно приносить огромные выгоды стране. Наиболее очевидны выгоды для правящей элиты, в адрес которой нередко звучат обвинения в коррупции и злоупотреблении властью, но реальные экономические преимущества получают и простые граждане. Нефтепровод длиной тысячу миль, идущий от расположенного на берегу Каспийского моря Баку, столицы Азербайджана, до турецкого порта Джейхан на берегу Средиземного моря, был построен в 2005 г. Он проходит по территории трех стран, где проживает более сотни этнических групп. Свыше 30 000 соглашений были подписаны, чтобы гарантировать защиту прав местного населения. В итоге нефтепровод принес народу Азербайджана много пользы, обеспечив трехкратное увеличение дохода на душу населения в этой стране за последние десять лет [6].

Китай и Азербайджан – всего два примера того, как углеводороды, главный источник топлива со времени промышленной революции, способны изменить жизнь к лучшему. Но и в этих, и в других странах я видел, что углерод становится источником загрязнения природы и страданий людей.

В 1989 г., направляясь в Анкоридж (Аляска), я увидел в иллюминатор самолета танкер «Эксон Вальдес», незадолго перед этим севший на рифы. Из отверстия в его борту вытекала нефть, покрывая воду и белый лед черной пленкой, – потрясающее зрелище пагубного воздействия углеводородов на живую природу, памятное и по сей день.

Жадность тех, кто желает обладать углеводородами, не только наносит физический ущерб людям и природе, но изменяет и саму человеческую натуру, развивая самые темные стороны души. В 1990-х гг. я руководил освоением крупного нефтяного месторождения в Колумбии, расположенного у подножия гор Льянос на территории, наводненной наркобаронами, вооруженными группировками и бандитами. Нефть притягивала их, как стервятников – падаль. Для защиты персонала мы соорудили высокий забор из колючей проволоки и разместили вдоль него вооруженную охрану. Люди по ту сторону забора вскоре начали открыто преследовать нас, похищения наших работников и нападения стали повторяться с пугающей частотой. Местные жители видели, что мы извлекаем выгоды из природных ресурсов, которые они считали своими по праву, и хотели, чтобы часть наших доходов доставалась им. В ответ мы построили еще более высокий забор, начали перемещаться только на вертолетах и призвали на помощь колумбийскую армию. Люди по обе стороны забора преисполнились страха, гнева и жадности, что усилило разобщение, ненависть и в итоге спровоцировало вооруженные конфликты [7].

Но внимание привлекает не только углерод. Среди 98 элементов периодической системы имеются еще шесть, повлиявших сильнее прочих на ход человеческой истории. Напомню: это железо, золото, серебро, уран, титан и кремний. В этой книге прослеживается история того, как они способствовали не только прогрессу, но и уничтожению людей, какую власть давали человеку для того, чтобы творить добро и зло, и в какой мере они способны формировать наше будущее.

Большую часть нашей истории мы жили скорее как примитивные животные, чем как человеческие существа, тратя все время на поиски пищи, воды и крова. В таких условиях у людей не было выбора, все подчинялось задаче выжить. Около 50 000 лет тому назад человечество осуществило «великий рывок», сопровождавшийся такими поведенческими новшествами, как создание сложного языка общения, освоение пещер, формирование первых религиозных ритуалов, возникновение искусства и начало использования меновой торговли [8]. Ученые не могут прийти к единому мнению о том, когда и где зародились эти изменения, но мало кто сомневается, что все они тесно связаны с использованием различных химических веществ. Появились новые способы долбить известняк, добывать красители на основе железа и сохранять огонь в очаге. Творческое использование химических веществ упростило задачу выживания и предоставило человечеству все необходимое, чтобы заложить основы цивилизации. Помимо этого, химические элементы продолжали давать средства для изготовления полезных вещей, предоставляя больше свободы, больше вариантов выбора поведения в повседневной жизни.

Прогресс человечества может быть измерен его способностью использовать для своих нужд все больше энергии. В результате мы преобразовали мир настолько, насколько было бы невозможно при использовании только человеческих сил. Самым мощным источником энергии является углерод в виде древесины, угля, нефти и природного газа. Каменный уголь сделал возможным промышленные революции в Европе и США, а также позволил повысить производительность труда; количество угля, равное весу среднего человека, позволяет сделать работу, на выполнение которой у человека ушло бы 100 дней. Благодаря использованию углерода мы добились выдающихся успехов во многих начинаниях: мореплавании, торговле, искусстве, промышленном производстве и коммуникациях. Углерод также позволил реализовать потенциал других веществ: с помощью его энергии мы плавим железо, добываем в шахтах золото и обогащаем уран. Его созидательная сила поддерживала многие начинания. Наиболее мощен союз углерода с железом. Достаточно взглянуть на железные дороги, заводы и небоскребы, чтобы понять, насколько благополучие промышленности и общественный строй зависят от железа.

В особых случаях, когда железо оказывалось слишком непрочным или тяжелым, для успешного освоения неба и океанских глубин использовался металл титан. Однако двуокись титана при изготовлении красителей белого цвета применяется чаще, чем тот же титан как конструкционный металл в сверхзвуковых самолетах и подводных лодках. В таком виде титан окружает нас повсюду, удовлетворяя нашу непреодолимую потребность в чистоте и опрятности. Молоко и рубашки не становятся чище от того, что мы используем двуокись титана. Но именно эта белизна соответствует нашей внутренней потребности.

Однако обычно в повседневной жизни мы не замечаем присутствие титана. То же самое можно сказать и о серебре в фотографии. Роль фотографии исключительно важна, ведь она позволила нам смотреть на мир так, как нельзя было прежде. Она показала нам ужасы Второй мировой войны, войны во Вьетнаме и геноцида в Руанде. Она повлияла на наши представления друг о друге, показав нам лица наших лидеров, соседей и врагов. Но, возможно, в наибольшей степени серебро изменило наши мысли о себе. Оно оставляет воспоминания, историю и взаимоотношения не в словах, а в изображениях, способных сохраняться годами.

Серебро, как и золото, больше известно как средство создать сбережения и осуществить товарообмен. С тех пор как более 2000 лет тому назад (возможно, в древнем городе Сарды)

были отчеканены первые монеты, торговцы постоянно полагались на стандарты, установленные с помощью этих редких драгоценных металлов для международной торговли. Золото и серебро сделали возможным перемещение людей и товаров и взаимовыгодный обмен идеями. Они не только помогли распространению по всему миру экономической выгоды от использования ресурсов Земли, но также стимулировали прогресс человечества.

Кремний – еще один в ряду выбранных мною семи элементов, но, возможно, именно он оказал самое сильное влияние на трансформацию нашего общества. Первоначально он использовался для изготовления украшений в виде стеклянных бус, ваз и зеркал. Позднее стал распространенным строительным материалом для внешней облицовки зданий и удовлетворил потребность человека в дневном свете. Но наибольшее значение кремния проявилось за последние 50 лет, когда он выступил как полупроводник для изготовления деталей компьютеров. В «кремниевый век» мы можем осуществлять расчеты и коммуникации практически без усилий, мгновенно получая доступ ко всем накопленным человечеством знаниям. Влияние кремния на общество, возможно, видно в наибольшей степени, когда он оказывается в руках рядового гражданина. Как основная составляющая современных средств коммуникаций, кремний оказывал поддержку революциям Арабской весны и ликвидировал географические барьеры, тысячелетиями затруднявшие социальное взаимодействие людей.

Разрушение

Химические элементы способствуют прогрессу, инновациям и процветанию, но также наносят огромный вред людям и природе. Деструктивное воздействие углерода проявляется в виде не прямых последствий его добычи и потребления. Во время промышленной революции в Великобритании воздух был отравлен дымом фабричных труб, а в шахтах погибли тысячи людей. Постепенно промышленная революция распространялась по миру, и везде ее последствия были одинаковыми. Лишь в последние два десятилетия мы осознали губительные последствия бесконтрольного использования углерода. Оказалось, что сжигание углеводородов приводит к выбросу в атмосферу миллиардов тонн двуокиси углерода, которые поглощают энергию Солнца и провоцируют изменение климата на Земле.

Часто деструктивный потенциал химических элементов высвобождается в результате преднамеренных действий людей. Прочность железа позволила применять его не только в мирных целях, но и для изготовления мощного, смертоносного оружия войны: мечей, ружей, военных кораблей и танков. Железо также стало источником почти векового конфликта между ведущими европейскими державами, воевавшими за возможность контролировать огромные месторождения железной руды и коксующегося каменного угля в Эльзасе и Лотарингии и в Рурском бассейне.

Моя карьера развивалась, и я наблюдал, как нефть, это «черное золото», возбуждала страсти, желания и жадность людей. Мир стал сильно зависеть от нефти и, следовательно, проявлять беспокойство по поводу ее поступления на рынок. Нефть наделяет властью лидеров, которые ее контролируют, но иногда оказывается в большей степени проклятием, чем благом для стран, где ее добывают.

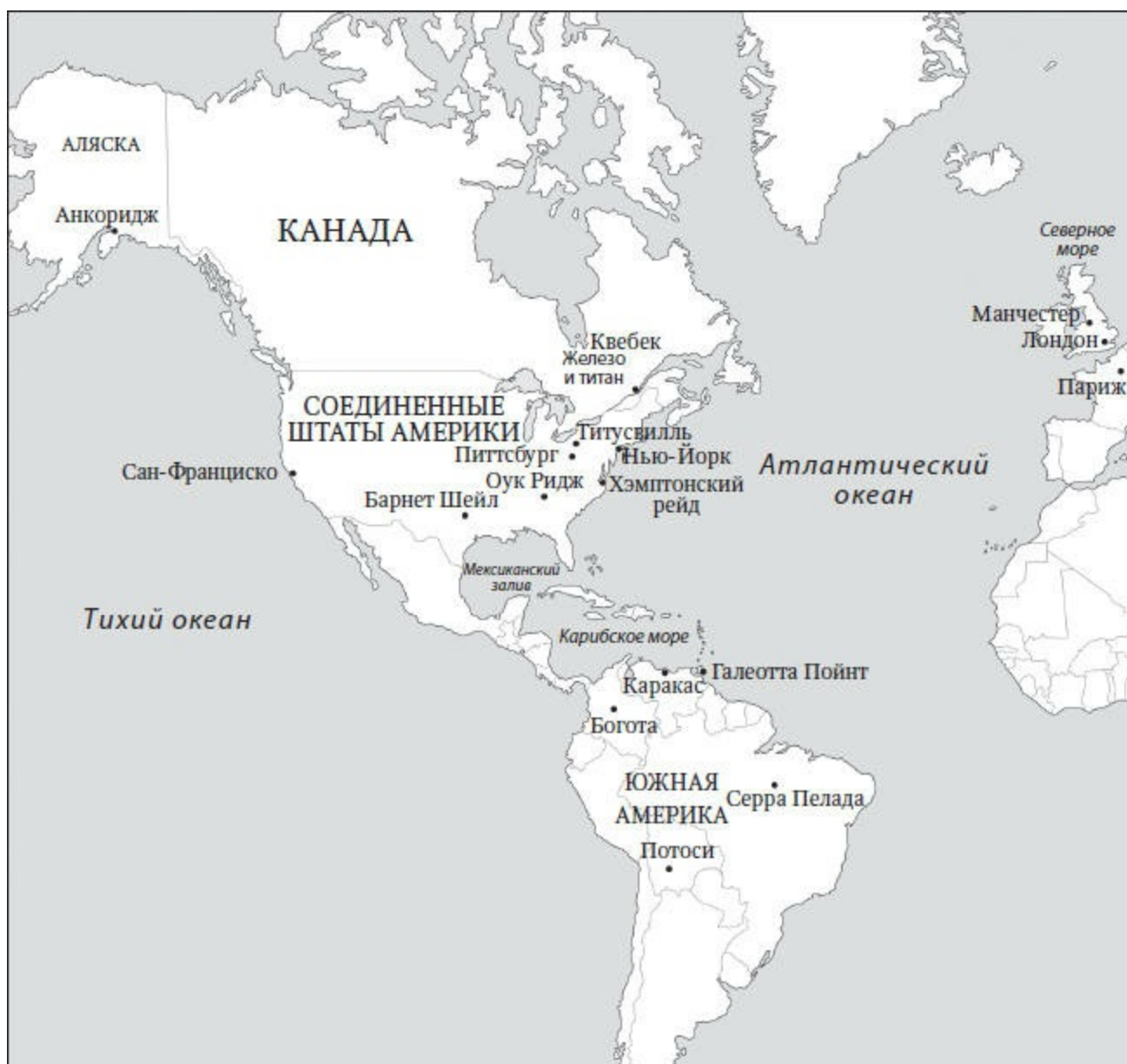
Жесточайшие преступления совершались ради золота. Тысячи лет этот драгоценный металл возбуждал в людях жадность, бешенство и жестокость, заставляя их грабить, убивать

и обращать в рабство себе подобных.

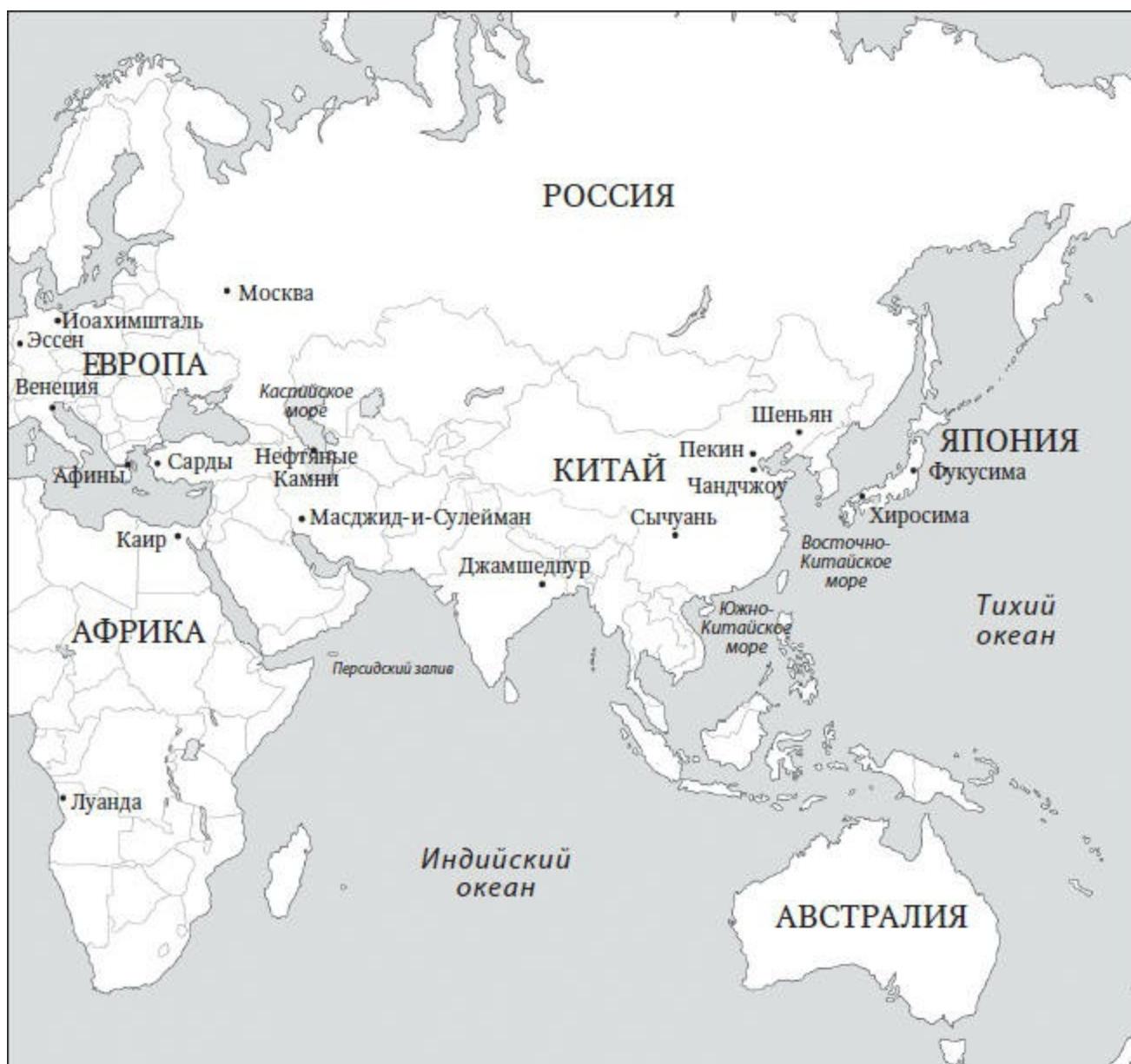
Один элемент по своей деструктивной силе намного превосходит все остальные. Уран – вот что наложило отпечаток на всю послевоенную эпоху. Он имеет прямое отношение к одной из самых мрачных страниц человеческой истории – атомной бомбардировке японского города Хиросимы. Но, пережив этот ужас, мы обрели надежду, что сможем направить огромную энергию урана на цели созидания, а не разрушения. Однако с надеждой на дешевую энергию мирного атома соседствует страх перед атомной катастрофой. Уран продолжает сдерживать применение силы на международной арене, в то время как мы ведем борьбу за контроль над распространением ядерного оружия. Высвободив энергию урана, мы сами создали условия для собственного уничтожения.

Гуманистический выбор

Влияние семи элементов столь велико, что они приобрели устойчивые характеристики: уран – самый мощный и пугающий, золото – манящее и гипнотизирующее, железо – прочное и надежное. Но, по сути, история элементов – всего лишь история семи вариантов расположения протонов, нейтронов и электронов, то есть той модели атома, которая придает каждому особые свойства. Очень соблазнительно думать об указанных характеристиках как о чем-то неизбежном и неконтролируемом. Но характер каждого вещества определен нашим выбором. Мы сами управляем своей судьбой, а химические элементы – просто инструменты нашего прогресса или уничтожения. Мы не рабы химических элементов, мы их хозяева.



Итак, эта книга не о химических элементах как таковых. Скорее, она о том, как люди использовали их внутреннюю силу для культурного, экономического и общественного развития и преобразовывали мир. Я видел много примеров трансформации, и поэтому мои рассказы окрашены личным отношением. Они позволят вам отправиться в увлекательное путешествие. Вы узнаете много интересного о российских нефтяных магнатах, венецианских купцах, колумбийских племенах и кудесниках из Кремниевой долины. Мы также познакомимся с удивительными эпохами и выдающимися личностями – Писарро, Рокфеллером, Карнеги, Кюри – и узнаем об их глубокой связи с химическими веществами. Эти люди изменили ход истории. Они продемонстрировали скрытые возможности химических элементов, способных вдохновлять хороших людей на хорошие дела, а плохих – на плохие. От нас зависит, продолжим ли мы использовать химические элементы во имя прогресса и процветания всех или для удовлетворения жадности и своеволия некоторых.



Американский физик Ричард Фейнман недаром приводит буддийскую пословицу: «Каждому человеку дается ключ от ворот в рай, но тем же ключом открываются и ворота в ад» [9].

С легкостью протаранив деревянный корпус противника, броненосец конфедератов «Виргиния» обозначил поворотную точку в развитии военно-морского флота. «Послышался сильный треск ниже ватерлинии, – вспоминал адмирал с пробитого “Виргинией” военного корабля “Кумберленд”, – деревянное судно начало тонуть, но до тех пор, пока находилось над водой, продолжало вести пушечный огонь» [1]. Однако ядра «Кумберленда» отскакивали от бронированного корпуса «Виргинии», как горох.

Во время Гражданской войны в США в марте 1862 г. корабль южан «Виргиния» атаковал флот северян вблизи Хэмптонского рейда у побережья Виргинии. «Кумберленд» был потоплен, что привело к гибели почти трети экипажа. Находившийся на палубе офицер описал «сцену кровавой бойни, невиданную ранее на море» [2].

«Виргиния» была переделана из затонувшего военного судна северян «Мерримак». Наспех изготовленное снаряжение, слабые двигатели и при этом единственное преимущество: деревянный корпус защищен стальными листами пятисантиметровой толщины. Их не могли пробить деревянные корабли противника. Северяне запаниковали; прорвав морскую блокаду у Хэмптонского рейда, «Виргиния» смогла бы подняться вверх по течению Потомака и обстрелять Вашингтон. В тот вечер президент Линкольн «постоянно подходил к окну и смотрел в направлении устья Потомака – на панораму, открывавшуюся на целых сорок миль: не приближается ли к Вашингтону “Мерримак”» [3].

К счастью, северяне сумели построить свой собственный броненосец «Монитор» с еще более прочной броней, толщиной до 28 сантиметров. Услышав о появлении «Виргинии», «Монитор» направился к Хэмптонскому рейду. На следующий день состоялось первое в мире сражение броненосцев. Литография с изображением этого боя, сделанная типографской фирмой Currier & Ives, висит в моем кабинете [4]. Я купил ее много лет назад просто из любви к батальным сценам, не сознавая, сколь важно изображенное событие. На переднем плане небольшой и легкий «Монитор» устремляется навстречу «Виргинии», при этом из жерл пушек обоих кораблей вырывается пламя, а палубы окутаны дымом [5]. «Ни одно сражение не вызвало такого интереса в цивилизованном мире», – писал очевидец, военно-морской офицер Уильям Харвар Паркер [6].

Это была жестокая битва. Корабли более четырех часов находились на близком расстоянии друг от друга. Сначала «Виргиния» стреляла разрывными снарядами, а «Монитор» – обыкновенными, но и те и другие отскакивали от стальной обшивки, «производя не больше эффекта, чем камешки, брошенные ребенком» [7]. Вскоре противники прибегли к тактике таранных ударов, но к середине дня, не нанеся друг другу серьезных повреждений, вышли из боя. На корпусах имелись только вмятины, а экипажи, защищенные толстой броней, практически не понесли потерь [8]. После сражения экипаж «Монитора» сел за обед в приподнятом настроении. «Джентльмены, – заявил помощник министра Густавус Фокс, поднявшийся вечером на борт корабля, – вы не выглядите так, будто участвовали в одном из самых великих морских сражений в истории» [9].

Железо символизировало силу и агрессивность задолго до сражения у Хэмптонского

рейда. Его прочность – одна из причин жизни на нашей планете. Большая часть земного ядра состоит из железа. Так как внутреннее твердое ядро вращается, а конверсионные токи направляются во внешнюю жидкую оболочку ядра, вокруг Земли формируется магнитное поле. Оно защищает нашу планету от солнечного ветра – ионизирующего излучения, губительного для всего живого.

Выявить первые случаи использования этого металла довольно трудно, ведь он быстро корродирует. По этой причине древние предметы из железа встречаются гораздо реже, чем вещи из более долговечных металлов – золота и серебра [10]. Однако доказано, что железную утварь стали изготавливать приблизительно после 3500 г. до н.э. Это были ювелирные украшения, предметы домашнего обихода и, что важнее всего, оружие. Железо активно использовалось в войнах, из него ковали мечи, щиты и наконечники копий. Но тысячелетиями боевые корабли продолжали строиться из хрупкой и огнеопасной древесины. На заднем плане литографии Currier & Ives виднеются такие орудия войны, не отвечающие новым требованиям и обреченные на исчезновение. Сражение у Хэмптонского рейда стало доказательством мощи броненосцев для десятков тысяч солдат, наблюдавших с берегов реки за ходом битвы. «Виргиния» и «Монитор» в начале индустриальной эпохи стали демонстрацией возможностей промышленного производства оружия из железа – силы, продолжающей формировать политику и в современном мире.

Железо как инструмент мира

По другую сторону Атлантики, в Германии, 1860-е гг. стали началом эры великого промышленного подъема. Промышленная революция вышла за пределы Великобритании и распространилась по Европе. Город Эссен на берегах реки Рур стал промышленным центром Германии. На смену полукустарным доменным печам пришли колоссальные сталелитейные предприятия, и средневековый торговый городок стремительно разрастался. За десять лет население Эссена увеличилось на 150 %.

Одна эссенская семья способствовала экономическому росту города больше, чем все прочие. В 1587 г. в гильдию купцов Эссена был принят Арндт Крупп. Он стал основателем династии Круппов, просуществовавшей около 400 лет и ставшей не только эмблемой промышленной мощи Германии, но и символом производства средств ведения войны.

На своих военных заводах Альфред Крупп выпускал пушки для армий, которые Отто фон Бисмарк направлял против Австрии и Франции в 1866 и 1871 гг. Пушки Круппа сыграли в этих войнах решающую роль. Артиллерийские орудия со стальными стволами били вдвое дальше и значительно точнее, чем бронзовые орудия французской армии. К тому же по численности орудий пруссаки также превосходили французов. В 1862 г. Бисмарк заявил, что Германская империя будет создаваться не «речами и решениями, принимаемыми большинством», но «кровью и железом» [11]. Он был уверен: править Европой станет тот, кто произведет больше всех железа.

В обеих мировых войнах оружие с заводов Круппа доказало свою мощь. Огромный арсенал германской армии служил фундаментом ее кампаний против соседних государств. В начале Первой мировой войны дальнобойные пушки Круппа уничтожили бельгийские форты на пути продвижения германской армии к Парижу. Во Второй мировой войне осадные орудия Круппа стреляли снарядами весом семь тонн на расстояние до 40 километров [12].

Сталелитейные предприятия Круппа поставляли вооружение, дававшее германской армии возможность вести войну.

Однако дело не только в том, что железо помогает сражаться. Залежи железной руды и коксующегося угля – сами по себе достаточная причина для начала захватнической войны, ведь когда в плавильной печи смешиваются руда и кокс, параллельно с двуокисью углерода образуется и железо. В эпоху промышленных революций сохранение запасов этих полезных ископаемых – главная забота европейских стран. В период беспрецедентного экономического роста никто не хотел оказаться в отстающих.



В Рурской области, где преуспевала династия Круппов, находились огромные залежи угля и несколько меньшие – железной руды. В конце XIX – начале XX в. месторождения стали источником конфликтов между Францией и Германией: страны трижды воевали друг с другом.

В июле 1870 г. Франция объявила войну соседней Пруссии. Пруссия вместе с союзными

германскими государствами, среди которых она играла ведущую роль, являла собой все более и более серьезную угрозу. Всего четырем годами ранее она оккупировала Австрию, что привело к созданию мощной Северогерманской коалиции. В прошлом маленький и легко управляемый сосед, располагавшийся непосредственно у французской границы, теперь имел мощную армию. Население Пруссии быстро росло, а тяжелая промышленность становилась самой мощной в Европе. К 1867 г. на угольных шахтах Пруссии и Саксонии (еще одного члена Северогерманского союза) добывалось в три раза больше угля, чем на французских шахтах. Франция оказалась в непростом положении и решила сама начать войну.

Но Франция недооценила силу Пруссии. За считанные недели прусские войска дошли до Парижа. После осады, продолжавшейся несколько месяцев, 28 января 1871 г. город сдался, и война закончилась. Пруссия уничтожила военные силы Франции, которой по Франкфуртскому договору пришлось уступить победителю немецкоязычные области Эльзаса и Лотарингии, богатые запасами железной руды. Лишь 40 лет спустя в ходе Первой мировой войны Франция возобновила борьбу с теперь уже объединенной Германской империей. Ей удалось вернуть Эльзас и Лотарингию, снова получив контроль над месторождениями железной руды. Франция смогла увеличить производство стали, но в результате оказалась еще более зависимой от поставок кокса и каменного угля, необходимых для работы доменных печей [13]. Когда Германия не перечислила деньги в счет военных репараций, Франция ответила оккупацией Рурской области. Это не только обеспечило поставки угля, но и нанесло удар по немецкой промышленности. Тогда Гитлер нарушил соглашение о демилитаризации Рейнской области, в которой находится Рур. Желая избежать новой войны, Франция не проявила в этом вопросе необходимой твердости, позволив Гитлеру осуществить ряд агрессивных действий, которые в итоге привели к Второй мировой войне [14].

Запасы коксующегося угля в Руре были крайне важны для развития черной металлургии Европы. Но эти же ресурсы превратили Европу в поле боя почти на 80 лет. Все это время Рур рос и развивался, превращаясь в индустриальное сердце Европы, но экономический взлет этой области вскоре сменился падением. В марте 1943 г. авиация союзников нанесла первый из двухсот крупных авиаударов по Эссену. На город было сброшено более 36 000 тонн зажигательных и фугасных бомб, большинство из них упали на участок площадью в восемь квадратных километров – заводы Круппа. После войны Эссен выглядел как безжизненная, испещренная воронками пустыня [15]. Однако уже через пять лет Рур возродился и интегрировался в новую политическую систему, задуманную для того, чтобы сделать железо инструментом укрепления мира, а не ведения войны.

9 мая 1950 г. министр иностранных дел Франции Робер Шуман сделал по радио историческое заявление: Франция готова вместе с Германией и другими странами создать новое европейское объединение тяжелой промышленности.

Европейское объединение угля и стали (ЕОУС) основано после Второй мировой войны в надежде на прекращение экономического и военного соперничества в Европе, продолжавшегося многие десятилетия. Объединяя ресурсы угля и стали, Шуман рассчитывал заложить общую основу экономического развития, которое, как он полагал, сделало бы войну «не просто невообразимой, но неосуществимой» [16]. Регионы, «долгое время занимавшиеся производством средств ведения войны, жертвами которых чаще всего оказывались они сами», теперь использовали бы железо для ускорения промышленного развития и повышения жизненных стандартов [17]. Шуман верил: его простой смелый план станет провозвестником новой эры прогресса и процветания.

ЕОУС оказалось первым шагом на пути к созданию Европейского Союза, 27 стран-участниц которого образуют теперь крупнейшую экономическую систему в мире [18]. Это первый крупный европейский эксперимент по созданию наднациональной структуры, заложивший основу нового сообщества, более стабильного и основанного на взаимодействии. В обмен на отказ от части национального суверенитета страны-участницы получали экономические и политические выгоды, в том числе и гарантии прочного мира [19].

Результаты этих усилий сегодня можно наблюдать на территориях, прилегающих к Эссену, превратившемся из «кузницы» в «рабочий стол» Рура. Это современный город, в котором находятся штаб-квартиры многих ведущих германских корпораций, включая и Aral, представляющую British Petroleum в Германии. Династия Круппов пресеклась, но ее имя сохранилось в названии мультинационального конгломерата TysseKrupp. В «Крупповском поясе», когда-то перенасыщенном промышленными предприятиями, располагается теперь сердце корпорации, и то, что осталось от промышленного прошлого этого региона, ныне – музейный экспонат [20].

Прочное единство Европейского Союза обеспечило беспрецедентно длительный мир в Европе [2]. Страны-участницы связаны между собой не только через взаимовыгодные торговые отношения: они соблюдают одни и те же законы. А все началось с углерода, который присутствует в каменном угле, и стали, которая изготавливается из железа. Эта основа мира и процветания столь мощна благодаря роли, которую вещества играют в жизни современного общества. Железо используется повсеместно, в том числе при строительстве небоскребов, самолетов и ветряных электрогенераторов [22].

А лично для меня один стальной колосс возвышается над всеми прочими как символ могущества стали и пример того, чего может достичь человечество с помощью железа.

60 тысяч тонн стали

На 11 июля 2005 г. прилась девяностая годовщина создания British Petroleum Shipping, и, чтобы отметить ее, мы решили организовать торжественный вечер в Национальном морском музее в Гринвиче, на юго-востоке Лондона. Под сводами музея гостям предлагались коктейли, а все желающие могли осмотреть выставку «Нельсон и Наполеон», организованную к двухсотлетию Трафальгарской битвы. Мы сели ужинать под стеклянным куполом Двора Нептуна, и Боб Мелоун, глава British Petroleum Shipping, поднялся, чтобы произнести торжественную речь. Много случилось за эти 90 лет. Так, ВР когда-то владела и управляла крупнейшим в мире торговым флотом, который во время Второй мировой войны обеспечивал немалую долю поставок топлива войскам союзников [23].

Когда Боб закончил речь, мы встали, чтобы выпить за процветание компании. Однако мои мысли были заняты другим. По пути на торжественный ужин я получил тревожный звонок от Тони Хэйурда, директора ВР по разведке и добыче нефти. «Я по поводу “Тандер Хорс”, – сказал он, имея в виду нашу первую плавучую нефтяную платформу в Мексиканском заливе. – Похоже, она тонет».

«Тандер Хорс» – крупнейшая полупогруженная морская нефтедобывающая платформа в мире. Она вполтину больше предыдущего рекордсмена, построенного в Норвегии [24]. Ее стальной корпус весом 60 000 тонн вмещает в себя сложную систему из 50 километров труб

и 250 километров электрических кабелей. Бесprecedентно сложная конструкция необходима для работы на крупнейшем в Мексиканском заливе нефтяном месторождении Тандер Хорс с ожидаемым ежедневным объемом добычи нефти и природного газа в 250 тысяч баррелей и миллион кубических метров соответственно. Только прочная и недорогая сталь могла использоваться в таких масштабах в столь агрессивной морской среде.

Ни один из существующих кораблей не был способен перевезти корпус «Тандер Хорс» из судостроительной верфи в Окпо (Южная Корея) в Мексиканский залив. Для решения этой задачи у баржи «Блю Марлин», одной из двух крупнейших на тот момент в мире, пришлось расширить корпус и увеличить мощность двигателей. Но даже после изменений «Тандер Хорс» выступала за края баржи на 20 метров с каждой стороны. Слишком широкая для прохождения Панамского канала и слишком длинная для прохождения Суэцкого канала, она после погрузки на Blue Marlin обогнула мыс Доброй Надежды и, пройдя в общей сложности 30 000 километров, через два месяца прибыла в Мексиканский залив.

В июле 2005 г., через шесть лет после того, как ВР открыла это месторождение, платформа была почти готова к эксплуатации. Меж тем Мексиканский залив знаменит не только крупнейшими в мире месторождениями нефти, но и ежегодными разрушительными ураганами. Ураган «Деннис» стал первым в Атлантике за сезон 2005 г., отличавшимся рекордно высокой активностью воздушных масс. Узнав о приближении урагана к «Тандер Хорс», ВР решила отвести платформу в более спокойное место. Набирая силу по мере продвижения к побережью США, «Деннис» прошел всего в 230 километров от «Тандер Хорс», при этом скорость ветра достигала 220 км/ч. Когда шторм начал стихать, нефтяники различили силуэт накренившейся стальной громадины.

Закончив речь на торжественном вечере в Национальном морском музее, Боб сел на место. Его телефон постоянно вибрировал, но он не мог выйти из-за стола, чтобы узнать, что стряслось. Я решил не сообщать ему того, что знал, до окончания ужина. Спасательная операция не могла начаться прежде, чем море успокоится и мы получим доступ на платформу, так что какие-то два-три часа не имели значения. Когда мы выходили из музея, я рассказал ему о звонке Тони Хэйурда и его словах: «Пять миллиардов долларов могут пойти на морское дно». «Я так и подумал, что случилась какая-то неприятность, – сказал он. – Теперь мне следует позвонить туда».

Сначала мы не могли понять, что же произошло. «Тандер Хорс» проектировалась таким образом, чтобы выдержать шторм, «который случается раз в сто лет» [25]. 60 000 тонн стали были поставлены на службу людям, но виной всему оказался не шторм: «Тандер Хорс» уже имела крен в 16° до начала урагана, и огромные волны лишь способствовали ухудшению ситуации. Механические дефекты и ошибки конструкторов привели к нарушению работы гидравлической системы управления, обеспечивающей горизонтальное положение гигантской платформы посредством перекачивания воды из одних балластных цистерн в другие. После нескольких дней обследования и проведения ремонтных работ «Тандер Хорс» была приведена в порядок и с тех пор стойко выдерживает все ураганы, являя собой пример огромной прочности стали и нашей способности применять ее в грандиозных проектах, веря в ее надежность.

Заправляясь на бензоколонке или поворачивая газовый кран, большинство из нас редко обращает внимание на то, насколько зависима энергетическая инфраструктура от стали. Все звенья в цепи доставки энергии, включая разведку, добычу и очистку горючих полезных ископаемых и генерирование электроэнергии, во многом основаны на использовании железа. Но надежность добывающей техники и трубопроводов определяется не только его прочностью. Если бы «Тандер Хорс» была изготовлена из чистого железа, атомы которого легко скользят друг по другу, то она рухнула бы под тяжестью собственного веса. Прочность стали зависит от правильного баланса между железом и углеродом. Чистое железо отличается мягкостью, но углерод перестраивает пространственную решетку его атомов, в результате чего они утрачивают способность скользить друг по другу. Так и создается твердая сталь [26]. Но добавьте слишком много углерода, и получится в чугуна, очень хрупкий и легко разбивающийся при ударе.

Веками сталь производилась в малых количествах с помощью дорогостоящих технологий, не допускающих масштабного применения. Но в 1856 г. случайное открытие английского изобретателя Генри Бессемера привело к созданию процесса, позволяющего соблюдать баланс между углеродом и железом в промышленном производстве. Это изобретение, используемое и в наши дни, оказало огромное влияние на развитие современной сталелитейной промышленности. Подобно многим новациям в металлургической промышленности, бессемеровский процесс возник из потребности в совершенствовании вооружений [27]. В 1854 г. Бессемер встретился с Наполеоном III, желавшим иметь более качественный металл для улучшения технических характеристик своей артиллерии. Для Бессемера, по его собственным словам, это стало «искрой, воспламенившей одну из величайших революций. Я непрерывно думал о том, как повысить качество железа для производства пушек» [28].

Все произошло летом 1856 г. Как-то раз Бессемер открыл дверцу экспериментальной печи с наддувом и заметил в ней несколько кусочков чугуна (железа с высоким содержанием углерода), лежавших у края печи. Они не плавилась. Должно быть, температура недостаточно высока, подумал он и увеличил подачу горячего воздуха. Через полчаса Бессемер с удивлением обнаружил: кусочки чугуна с виду никак не изменились. Он взял кочергу, чтобы столкнуть их в ванну для расплавленного металла, но обнаружил, что они представляют собой тонкие скорлупки из чистого железа, из которого полностью удален углерод. Случайно оказалось, что подаваемый в печь воздух обдувал кусочки раскаленного чугуна, повышая температуру и удаляя из них углерод. Внешний источник тепла всегда считался необходимым, чтобы поддерживать в печи достаточно высокую температуру и не допустить застывания расплавленного железа. А вдруг, подумал Бессемер, направляя холодный воздух на расплавленный металл, удастся превратить весь хрупкий чугун в чистое железо?

В результате он построил другой экспериментальный конвертер с шестью трубками под днищем камеры для подачи воздуха. Он открыл вентили, и воздух начал продуваться через расплавленный чугун. Бессемер так описывает то, что произошло потом: «Все шло как обычно примерно десять минут. Но вскоре произошло быстрое изменение; фактически весь кремний оказался полностью поглощен, и кислород, соединяясь с углеродом, создавал все усиливающиеся потоки искр, после чего последовало несколько несильных взрывов, сопровождавшихся выбросами в воздух расплавленного шлака и металла, и мой аппарат превратился в подобие настоящего вулкана в состоянии активного извержения. Никто не мог

подойти к конвертеру, чтобы перекрыть подачу воздуха» [29].

Когда извержение утихло, Бессемер слил расплавленный металл в форму. Металл остыл и превратился в прочный стержень. Он взял плотницкий топор и трижды ударил по стержню. Каждый раз топор глубоко проникал в мягкий металл, но не разбивал его вдребезги, как можно было ожидать в случае с хрупким чугуном. Бурная химическая реакция поддерживала высокую температуру в конвертере, делая ненужной подачу тепла извне. В результате образовывалась новая разновидность железа с низким содержанием углерода – так называемая бессемеровская сталь [30].

Новаторская технология Бессемера лежит в основе современных методов выработки стали. Получаемый с ее помощью материал не только более прочный, упругий и ковкий, чем мягкая сталь. Он и производится намного быстрее, а главное, дешевле. Традиционный процесс производства стали предполагает медленное нагревание вместе с древесным углем и занимает десять дней. Стоимость полученной таким образом тонны стали составляла более 50 фунтов (около 6 тыс. долл. по пересчету на сегодня [31]). Новая технология позволила вдесятеро удешевить процесс. До нее сталь была настолько дорогой, что могла использоваться лишь для изготовления небольших, имеющих высокую ценность предметов (мечи, ножи и некоторые инструменты). Зато теперь корабли, мосты, железнодорожные рельсы, паровые котлы и многие механизмы создаются из дешевой, прочной стали, имеющейся в изобилии. Даже простой гвоздь можно теперь сделать быстро и дешево, без длительного и тяжелого процессаковки [32].

Бессемеровский процесс вскоре быстро распространился по всему миру. Альфред Крупп одним из первых приобрел лицензию; к 1867 г. он имел 18 конвертеров и лидировал на европейском континенте в производстве бессемеровской стали [33]. Производство возросло особенно заметно, когда новая технология начала применяться в США. В 1892 г. Америка довела выпуск стали до 4 000 000 тонн в год. В статье, опубликованной в Times в 1893 г., утверждалось: стоимость золота, добытого за три года во всех рудниках мира, равняется стоимости бессемеровской стали, выплавленной за год.

Бессемер был не просто специалистом по выплавке стали, но и настоящим изобретателем, инженером и бизнесменом [34]. Он верил, что сделал открытие благодаря тому, что не следовал традиционным способам изготовления железа. Утверждение, что подача холодного воздуха может очистить расплавленное железо от углерода, не вызывая его застывания, многим казалось несерьезным.

Но самое раннее и самое прибыльное изобретение Бессемера касалось не железа. Однажды старшая сестра попросила его помочь украсить альбом с рисунками тюльпанов и хризантем, которые разводил их отец. Тогда он отправился в магазин, расположенный в лондонском районе Клеркенвелл, чтобы заказать «золотой пудры», в действительности бронзовой. Придя на следующий день за покупкой, он был крайне удивлен высокой ценой в семь шиллингов (около 40 долл. в нынешних деньгах) за унцию. Бессемер был уверен, что сможет придумать более дешевый способ изготовления порошка, и добился цели, не имея никакого опыта. Успех обеспечил ему уверенность в своих силах и финансовые средства для работы изобретателя и инженера. Как вспоминал позднее сам Бессемер, просьба сестры оказалась «чревата чрезвычайно важными для меня последствиями; она фактически изменила всю мою жизнь, сделав возможным и огромное изменение в производстве железа и стали во всем мире» [35].

Прессы для выжимания сока из сахарного тростника, плавильные печи на солнечной

энергии и станки для шлифовки бриллиантов также находились в сфере изобретательских интересов Бессемера. Поскольку устремления его разума обуздывались практицизмом бизнесмена, то он основывал свои изобретения на простом правиле: создавать продукты, которые хотели бы иметь потребители, но меньшей цены и более высокого качества, чем уже существующие.

Успехи Бессемера в металлургии позволили ему стать одним из основателей, а затем и директором Института железа и стали – предшественника лондонского Института материалов, минералов и горного дела [36]. Институт был создан в 1869 г. как «закрытый цех» для производителей железа викторианской Англии, опасавшихся конкуренции континентальной Европы. На стенах бессемеровского кабинета в Институте висят дипломы о многочисленных наградах за изобретения. Бессемер стал членом Королевского общества и был возведен в рыцарское достоинство. Золотая Бессемеровская медаль, учрежденная в то время, когда он возглавлял институт, по-прежнему присуждается тем, кто внес выдающийся вклад в развитие металлургической промышленности. Но в наши дни она осталась одним из немногих упоминаний имени Бессемера.

Хотя в свое время Бессемер был очень известен, сейчас о нем мало кто помнит; он был похоронен рядом с женой в тихом и мало посещаемом уголке Вест-Норвудского кладбища, недалеко от своего дома в южной части Лондона. Хотя Бессемер был одним из самых выдающихся изобретателей и инженеров, его имя никогда не упоминается в одном ряду с именами Эдисона, Джеймса Уатта и братьев Райт. Возможно, потому, что он изобрел процесс, а не конечный продукт [37]. Мы помним такие изменившие мир вещи, как электрическая лампочка, паровая машина и аэроплан, а значит, помним их создателей. Или людей, подобных производителю смертоносного оружия Альфреду Круппу, изменившему мир благодаря бессемеровскому процессу.

Мы помним еще одного человека, который в свое время сделал больше, чем кто-либо другой с помощью стали и для стали. Эндрю Карнеги – еще один директор Института железа и стали и один из самых известных американских промышленников [38]. В бессемеровском кабинете института его портрет висит напротив портрета Бессемера. В стенах прославленного учреждения изобретатель и промышленник имеют равный статус, но за их пределами мы помним только Карнеги, который, используя бессемеровский процесс, стал самым богатым человеком в мире.

Стальная империя Эндрю Карнеги

Нефть, а не железо позволила Карнеги заложить основу будущего богатства. В 1859 г. Эдвин Дрейк обнаружил нефть в Титусвилле, недалеко от того места, где Карнеги работал на Питтсбургской железной дороге телеграфистом и помощником управляющего Томаса Скотта. В результате на нефтеносную территорию хлынула разношерстная толпа разведчиков недр. Среди действительно уважаемых бизнесменов в первой волне был Уильям Коулмен, уже сумевший сделать небольшое состояние на производстве железа и добыче угля. В 1861 г., когда Карнеги стал управляющим Питтсбургской железной дорогой, Коулмен пригласил его вложить деньги в нефтяной концерн. Карнеги получил доход, многократно превысивший его инвестиции, и в духе настоящих предпринимателей инвестировал его в собственный бизнес.

Карнеги решил воспользоваться преимуществами от дружеских отношений с Томасом

Скоттом и Эдгаром Томсоном, директором Пенсильванской железной дороги. Тогда многие деревянные железнодорожные мосты, не ремонтировавшиеся со времен Гражданской войны, пришли в полную негодность. Их нужно было заменить железными, и Карнеги оказался именно тем человеком, который сделал это. Вместе с железнодорожниками Томсоном и Скоттом Карнеги основал новую компанию по изготовлению мостов из железа. Подкуп и кумовство были распространёнными и общепринятыми методами ведения бизнеса, и в этой среде Карнеги чувствовал себя как рыба в воде; он добивался дорогих контрактов для своей компании через друзей и партнеров по бизнесу, прежде всего Томсона и Скотта.

Генри Бессемер и Эндрю Карнеги впервые встретились в 1872 г.: находясь в отпуске в Европе, Карнеги посетил новый сталелитейный завод Бессемера в Шеффилде. Карнеги, в отличие от Бессемера, не был инженером; его конек – оптимальное практическое использование проверенных изобретений [39]. Бессемер стал для Карнеги генератором технологических идей, а Карнеги для Бессемера – торговым представителем. Успех сталелитейного завода и высокое качество стали служили для Карнеги доказательством перспективности бессемеровской технологии. Он решил инвестировать в производство стали средства, недавно заработанные на биржевых спекуляциях.

Очевидным рынком для стали казалась Пенсильвания. Во время Гражданской войны Томсон приходил в ужас от плохого качества путей, по которым перемещались войска Союза. Рельсы из хрупкого чугуна часто ломались. Стальные были бы намного долговечней.

По возвращении в Питтсбург Карнеги вместе со старым другом Уильямом Коулменом начали строить современный сталелитейный завод для обслуживания железнодорожной отрасли. В 1872 г. в США имелось восемь бессемеровских заводов, но ни одного – в Питтсбурге. Два года спустя был введен в строй новый завод Edgar Thomson Steel Works, и с этого момента начался неукротимый рост стальной империи Карнеги.

Когда рост спроса замедлился, Карнеги не снизил, а напротив, увеличил объем производства сталелитейных предприятий. Он брался за любые контракты независимо от уровня прибыльности и побеждал конкурентов за счет экономии от масштаба. Его сталелитейные заводы всегда были самыми крупными, самыми автоматизированными и поэтому несли наименьшие производственные издержки. Полученные прибыли он немедленно реинвестировал в расширение и модернизацию стальной империи. Он также занимался горизонтальной и вертикальной интеграцией бизнеса, покупая заводы конкурентов и контролируя предприятия по производству кокса и добыче железной руды. Успех Карнеги был достигнут благодаря его деловым качествам, которые мы признаём сегодня, но также и за счет безжалостной эксплуатации рабочих. В стремлении к прибыли он снижал ставки заработной платы и удлинял рабочий день. Эти действия привели к забастовке на Хоумстедском металлургическом заводе.

В июле 1882 г. срок трудового договора между Карнеги и его рабочими на Хоумстедском заводе истекал. Квалифицированные рабочие здесь получали больше, чем в среднем по отрасли, и Карнеги увидел возможность сэкономить на оплате труда. Он также хотел ослабить на заводе позиции Объединенного профсоюза работников металлургической и сталелитейной промышленности. В то время профсоюз, членами которого были квалифицированные рабочие-металлурги, держал прочную позицию на переговорах. Карнеги видел в этом препятствие росту прибылей, и поэтому Генри Клэй Фрик, директор завода, по его приказу снизил заработную плату. Профсоюз с этим не согласился; сталелитейная промышленность функционировала успешно, и рабочие хотели получать свою долю выгод.

Когда срок действующего соглашения истек, а нового соглашения подписано не было, Фрик объявил на заводе локаут и возвел забор из колючей проволоки и сторожевые вышки, чтобы отразить любые нападения. Он также заручился поддержкой сил правопорядка, но на пути к заводу их встретили бастующие рабочие. Ситуация накалилась до предела, и в конце концов по людям открыли огонь. Многих членов профсоюза убили. В итоге порядок был восстановлен, Карнеги понизил заработную плату и добился ликвидации профсоюзной ячейки – хотя и ценой большого ущерба своей репутации [40].

По мере развития бизнеса Карнеги его предприятия активно наращивали производство стальных рельсов. Все больше и больше людей переезжали с востока на запад США, и железные дороги становились главными потребителями железа и стали. Американская сталелитейная промышленность, в течение многих лет отстававшая от европейской, стремительно развивалась. В 1890 г. было выпущено в три раза больше стального проката, чем десятью годами ранее. К 1900 г. объем производства снова почти утроился, превысив 11 000 000 тонн, при этом только заводы Карнеги выпускали больше стали, чем вся Великобритания. Под предводительством Карнеги век железа сменился веком стали.

Железо приносит богатство и власть не только странам, но и индивидам, развивающим производство. Карнеги, сын бедных ткачей из шотландского городка Дюнфермлайн, прибыл в США в 1848 г. практически без гроша в кармане. К 1863 г., в начале его предпринимательской карьеры, доход Карнеги составлял примерно 50 тыс. долл. (около 1 млн долл. в перерасчете на сегодня). В 1901 г. Карнеги продал свою стальную империю за 480 млн долл. (около 13 млрд долл. в сегодняшних деньгах) Дж. П. Моргану. Эта продажа стала крупнейшей коммерческой сделкой эпохи и способствовала дальнейшей консолидации US Steel [41]. Карнеги стал самым богатым человеком в мире.

«Евангелие богатства» Эндрю Карнеги

В 1986 г. я был приглашен в члены правления школы бизнеса при Университете Меллона–Карнеги. Это приглашение я получил от экономиста Элизабет Бэйли, декана школы бизнеса, влиятельного члена совета директоров Standard Oil Company of Ohio, где я работал финансовым директором [42].

Я помню, о чем думал, глядя на фирменный бланк полученного письма. Университет Карнеги–Меллона. Я мало что знал об Эндрю Меллоне, американском банкире XIX в., ставшем позднее главой Казначейства.

Гораздо больше я знал об Эндрю Карнеги, так как его имя встречалось повсюду: Карнеги-холл в Нью-Йорке, Библиотеки Карнеги по всей Америке и Великобритании и Фонд мира Карнеги. Бизнес-школа Карнеги–Меллона – одно из престижных образовательных учреждений, которому Карнеги, много занимавшийся филантропической деятельностью, дал свое имя. Мы могли забыть Генри Бессемера, чей новаторский процесс выплавки стали служил фундаментом успехов Карнеги, но благодаря тому, что Карнеги раздал все свое состояние, мы помним о нем до сих пор. Этот поступок вписывался в его жизненную философию, которую он изложил в эссе «Евангелие богатства» [43], опубликованном в 1889 г. Эссе немедленно вызвало громкие протесты богатейших капиталистов. Карнеги планировал раздать все свое состояние и побуждал последовать его примеру других финансовых и промышленных магнатов, таких как Дж. Рокфеллер, Дж. Гулд и Дж. П.

Морган.

В то время богатство, нажитое в процессе промышленной революции в США, углубляло пропасть между богатыми и бедными. Рокфеллер стал первым в мире официальным миллиардером в 1916 г., когда многие американцы жили в трущобах без водопровода и электричества. Карнеги верил, что имущественное неравенство требует действий, направленных на то, чтобы «узы братства могли связывать богатых и бедных, обеспечивая гармонию отношений между ними» [44]. В последние годы призыв Карнеги к перераспределению богатства все чаще оказывается услышан. Сегодня в США на долю 0,1 % всех получателей дохода приходится около 8 % общего дохода всей страны [45]. Современные миллиардеры, такие как Уоррен Баффет и Билл Гейтс, задают вопрос о том, почему сверхбогатые не облагаются более высоким налогом, и, подобно Карнеги, возвращают деньги обществу посредством целенаправленной филантропической деятельности. И подобно тому, как это было в дни забастовки на Хоумстедском металлургическом заводе, некоторые группы населения по-прежнему испытывают прочную ненависть к богатым, к бизнесу и к правящему политическому классу.

Долг богатого человека, утверждал Карнеги, служить примером обществу, ведя скромный и не раздражающий других людей образ жизни. Все излишки дохода, писал он, следует рассматривать «просто как средства, переданные в доверительное управление», которые он призывал использовать, «чтобы приносить максимальную пользу обществу» [46].

Богатство одного человека создавалось широким кругом людей и поэтому должно быть возвращено обществу – в этом заключается великий парадокс Карнеги.

Желание вернуть все заработанное «побуждало его быть еще более безжалостным бизнесменом и капиталистом... чем больше он зарабатывал, тем больше мог отдавать» [47]. Снижение ставок оплаты труда и увеличение продолжительности рабочей недели оказались частью стройной жизненной философии: он был убежден, что имеет моральную обязанность повышать прибыли, а не материальное благосостояние конкретных рабочих. Он верил, что «высшая мудрость и опыт» дают ему возможность управлять богатством «лучше, чем это сделали бы или могли бы сделать [рабочие] для себя», и верил, что должен подталкивать их, чтобы они помогали сами себе [48]. Так он задал тенденцию, существующую до сих пор: филантропия нацелена на самосовершенствование людей, а не на субсидирование их повседневного существования. В итоге он направлял большие средства на образование, строительство библиотек и бесплатное обучение студентов Шотландского университета [49]. Он также открыл несколько научно-исследовательских институтов, концертных залов, художественных галерей и даже Музей естественной истории в Питтсбурге. В 1900 г. он основал Технические школы Карнеги. В результате их слияния с Институтом промышленных исследований Меллона образовался Университет Карнеги–Меллона.

Деятельность Карнеги оказала огромное влияние на Рокфеллера, который написал ему после открытия Библиотеки Карнеги в Питтсбурге: «Я хотел бы, чтобы больше богатых людей делали со своими деньгами то же, что и вы, но будьте уверены, ваш пример принесет плоды, и придет время, когда богатые люди станут все чаще использовать свое состояние на благо других» [50]. Однако в частных беседах он много говорил об очевидной роли тщеславия в филантропической деятельности Карнеги. Руководитель одного из рокфеллеровских благотворительных фондов писал своему патрону, что Карнеги жертвует деньги «ради того, чтобы его имя было высечено в камне по всей стране» [51]. В то же время

пожертвования самого Рокфеллера были более осторожными: возможно, он хотел избежать обвинений в попытке завоевать симпатии общества на фоне судебных преследований Standard Oil [52].

В 1910 г. Карнеги основал Фонд Карнеги за международный мир (Carnegie Endowment for International Peace), который действует до сих пор. В течение долгого времени Карнеги был активным борцом за мир и выступал против зарубежных интервенций США и Великобритании. Незадолго до начала Первой мировой войны он основал Церковный мирный союз (Church Peace Union). Он надеялся, что этот Союз, воплощая в жизнь идею следования единым моральным принципам, сумеет навсегда положить конец войнам. Железо или, точнее говоря, прибыли от производства железа снова использовались как орудие в борьбе за мир. Незадолго до кончины в 1919 г. Карнеги отказался от 90 % своего состояния. Распределением остальных средств он поручил заниматься нью-йоркской Carnegie Corporation.

И хотя забастовка на Хоумстедском металлургическом заводе обернулась трагедией, Карнеги остался в нашей памяти великодушным филантропом. Даже Генри Клэя Фрика, сыгравшего в той ситуации роль злодея, вспоминают ныне как собирателя знаменитой коллекции произведений искусства, находящейся на Пятой авеню в Нью-Йорке [53]. Людей запоминают по их делам, помнят их щедрость, а не то, как они добились тех или иных результатов. Разглядывая картины Вермеера, Гольбейна и Рембрандта в Галерее Фрика, мы думаем о красоте, а не о невинных жертвах трагедии, разыгравшейся на Homestead Steel Works.

Устремленные в небо

В 1971 г. мне довелось прожить в Нью-Йорке целых шесть месяцев. Однажды мой друг, профессиональный виолончелист, пригласил меня на концерт в Карнеги-холл, расположенный по другую сторону Центрального парка от Галереи Фрика. В зале с превосходной акустикой мы собирались послушать «Вариации на темы рококо» Чайковского в исполнении знаменитого французского виолончелиста Поля Тортельера. После того как Чайковский выступил на открытии Карнеги-холла, этот зал быстро стал достопримечательностью Нью-Йорка. Кирпичный фасад в стиле итальянского ренессанса с украшениями из терракоты восхищает посетителей не меньше, чем искусство выступающих прославленных артистов. Зал спроектирован архитектором Уильямом Барнетом Татхиллом, который сам был виолончелистом-любителем. Татхилл высказался против использования стальных поддерживающих балок, но из-за этого был вынужден возвести бетонные и кирпичные стены толщиной в несколько футов. Ведь камень просто не способен выдерживать ту же нагрузку, что и сталь. Однако толщина стен (они, кстати, поглощают шум машин, проезжающих по 57-й улице и 7-й авеню) вкупе с эллиптической формой зала обеспечили Карнеги-холлу превосходные акустические свойства. Но с 1891 г. он уже начал уступать новому поколению зданий – небоскрегам, выраставшим тут и там по всему городу [54]. Карнеги-холл, высотой с обычный шестиэтажный дом, выглядит карликом в сравнении со зданием штаб-квартиры New York Times и New York Tribune. По иронии судьбы именно дешевизна и доступность стали, производившейся на заводах Карнеги, сделали возможными такие размеры.

Еще в Древней Греции железо использовалось в строительстве для повышения прочности, но никогда еще несущая конструкция не создавалась целиком из железа. В 1820-х гг. чугунные колонны и балки использовались в зданиях Чикаго и Нью-Йорка. Архитекторы и инженеры по достоинству оценили прочность чугуна на сжатие, и вскоре он приобрел широкую известность. К тому же железо, в отличие от дерева, не горюче, хотя, безусловно, плавится при высоких температурах. Во время сильнейшего пожара в Чикаго в 1871 г. фронтоны многих построек покособились и разрушились, вследствие чего отношение к железу стало более сдержанным. А вскоре более прочная и надежная сталь с заводов Карнеги позволила возводить здания невиданной высоты.

Архитекторы и общественность в равной степени были озабочены потенциальной опасностью столь гигантских сооружений, но в перенаселенных городах потребность в жизненном пространстве ощущалась все острее и острее. В Нью-Йорке происходили грандиозные социальные и экономические изменения. Из Европы ежедневно прибывали тысячи иммигрантов, проплывавших мимо статуи Свободы, внутренний каркас которой изготовлен из стали. Тресты и корпорации появлялись как грибы после дождя, и всем требовалось место для офисов в финансовом и деловом центре страны. Цены на землю взлетели до небес, и городу не оставалось ничего другого, кроме как расти вверх. Но традиционный камень для этого не годился. Чем выше здание, тем больше его вес и, следовательно, тем толще должны быть фундамент и стены. Первоначальные планы строительства ныне снесенного девятиэтажного кирпичного здания Tribune Building показывают: несущие стены предполагалось сделать толщиной два метра, что привело бы к большим потерям бесценных внутренних площадей. Для возведения зданий выше шести этажей архитекторам требовалась сталь. В период с 1870 по 1913 г. Нью-Йорк превратился из шестиэтажного города в пятидесятиэтажный.

Впервые приехав в Нью-Йорк в День святого Патрика, 17 марта 1971 г., я сразу возненавидел его. Я не знал там никого, отели казались мне захудалыми, люди — неотесанными. Однако, став жителем Гринвич Виллидж, я вскоре изменил свое отношение к Нью-Йорку. Этот город, полный вечно куда-то спешащих и чем-то увлеченных людей, был и остается одним из самых восхитительных в мире. Как и в других великих городах — Венеции, Токио и Лондоне, — здесь уникальный городской ландшафт. Хорошо помню, насколько поразила меня здешняя фантастическая архитектура. Элегантные дома из коричневого кирпича перемежаются с импозантными небоскребами в готическом стиле или в стиле ар-деко. Город поднимается вокруг вас на головокружительную высоту. Это разительно отличается от всего того, что я видел в Европе.

По выходным я катался по Нью-Йорку на велосипеде. Покинув квартиру на Вашингтон-сквер, направлялся на юг через почти пустынный в то время район Сохо, где сосредоточено наибольшее количество зданий XIX в., при строительстве которых использован чугун. Затем поворачивал обратно на север, где вблизи Хьюстона в довольно унылом офисном квартале выделялось одно здание. Оно называлось Flatiron Building (то есть «Утюг») и символизировало для меня превращение Нью-Йорка позапрошлого столетия в процветающий центр деловой и культурной жизни 1970-х гг. Как подсказывает название, форма здания напоминает утюг с ярко выраженным треугольным основанием, над которым вздымается громадина высотой в 87 м. Сооружение в 22 этажа может показаться несколько приземистым в сравнении с современными нью-йоркскими мегаструктурами, но в 1902 г., когда завершилось строительство, это было впечатляющее достижение инженерной мысли.

Здание было построено для George A. Fuller Company. Архитектор Джордж Фуллер – пионер строительства небоскребов в США. В 1900 г., задолго до того, как начал возводиться «Утюг», он умер, и президентом компании стал его зять Гарри Блэк. В течение какого-то времени он регулярно посматривал на треугольный участок земли на пересечении Бродвея и Пятой авеню. Это место прекрасно подошло бы для новой штаб-квартиры компании, которая стала бы живой рекламой быстро растущего бизнеса. Через шесть месяцев после смерти Фуллера Гарри Блэк купил этот участок. Главным мотивом строительства высотного здания стало получение прибыли. В редакционной статье журнала Life в июне 1901 г. утверждалось: «Здесь в Нью-Йорке цена земли определяет высоту здания» [55]. А цены на землю действительно были очень высокими. Только превышение высоты в десять этажей позволило инвесторам окупить затраты на покупку земли. Крошечный участок площадью всего 836 кв. метров обошелся Гарри Блэку в 2 млн долл. (55 млн долл. в перерасчете на сегодня).

По мере того как небоскребы начинали доминировать в городском пейзаже, соображения эстетики и экономии часто вступали в противоречие. Многие были обеспокоены тем, что город окажется во власти прозаических, подавляющих своей высотой монстров.

«Утюг» спроектировали так, чтобы выжать максимум из треугольного участка земли. Гарри Блэк ожесточенно спорил с архитектором Дэниелом Бурнхэмом по поводу мягко скругленных обводов здания. Зачем, вопрошал Блэк, терять 86,4 квадратных метра дорогой внутренней площади помещений? Как бы там ни было, строительство скоро началось. Тысячи стальных колонн, балок и распорок непрерывно подвозили на строительную площадку и собирали, подобно кубикам детского конструктора. Наконец строители с подвесных деревянных платформ облицевали здание терракотовой плиткой. В июле 1902 г. возведение небоскреба завершилось.

«Утюг» отличался от остальных небоскребов. Многие знатоки архитектуры называли его триумфом инженерной мысли, лишенной эстетической привлекательности. Но здание произвело впечатление и на широкую публику, и на деятелей культуры. New York Tribune писала в 1902 г., что «Утюг» привлекает толпы людей, его рисуют и фотографируют чаще, чем любое другое здание в городе [56]. Здание, кажется, меняет форму в зависимости от того, с какой точки вы на него смотрите. В один из ветреных дней 1902 г. фотограф Альфред Штиглиц, стоя перед «Утюгом» и глядя снизу вверх, нажал на кнопку затвора фотоаппарата и сделал незабываемый снимок [57]. «На фоне деревьев на Мэдисон-сквер, покрытых свежим снегом, “Утюг” произвел на меня более сильное впечатление, чем когда-либо прежде, – писал Штиглиц. – Подобный надвигающемуся носу гигантского океанского парохода, он виделся мне образом новой Америки, продолжающей процесс самосозидания. “Утюг” для Соединенных Штатов – то же, что Парфенон для Греции» [58].

Уникальная форма и удачное место расположения мгновенно сделали небоскреб – далеко не самый высокий в городе – еще одним символом Нью-Йорка. Одна из причин его сравнительно небольшой высоты – сильные ветры, дующие по 23-й улице вдоль его южного фасада. Архитекторы беспокоились: слишком высокое здание может рухнуть. Местные жители спорили, насколько далеко разлетятся обломки, если такое случится. Но такой исход маловероятен: «Утюг» мог выдержать силу ветра вчетверо большую, чем когда-либо бывало в этих местах. В частности, его прочность обусловлена формой. Треугольник – самая прочная из всех геометрических фигур, ведь это самоподдерживающаяся структура. Усилие, приложенное к одной вершине, вызывает еще большее противодействие в двух других

вершинах. Так, после того как в «Утюг» въехали первые обитатели, на город обрушился ураган. Скорость ветра достигала 100 километров в час, но внутри «Утюга» никаких вибраций не ощущалось. Один житель сообщил, что в его настольной лампе даже не дрожала нить накаливания. Фактически именно «Утюг» держал стихию под контролем – форма здания способствует разделению потоков ветра на два нисходящих русла, которые, впрочем, поднимают юбки у проходящих женщин. Мужчины слонялись вокруг небоскреба в надежде бросить нескромный взгляд на чьи-нибудь лодыжки, а обладательниц этих лодыжек, пытавшихся оставить ни с чем искателей предосудительных удовольствий, полиция называла «убегающими по 23-й». Один местный портной даже придумал особый фасон «ветрозащитных юбок» [59]. Шляпы слетали с голов, а зонтики выворачивались наизнанку, но ветер мог послужить причиной и более серьезных неприятностей: на соседних улицах двери магазинов распахивались, а зеркальные стекла открытых окон разбивались вдребезги. В один из февральских дней 1903 г. четырнадцатилетний мальчик-посыльный, пытавшийся обогнуть нос «Утюга» и выйти на Бродвей, был брошен порывом ветра на середину Пятой авеню и погиб под колесами мотоцикла.

По мере того как все больше небоскребов возводилось вокруг «Утюга», его острая клиновидная форма утрачивала способность формировать особые аэродинамические эффекты, и сильные воздушные потоки вокруг здания больше не возникали. Когда я катался по Бродвею на велосипеде в 1970-х гг., «Утюг» уже не выглядел столь впечатляюще, как в начале века. Теперь он стоит в тени соседнего небоскреба Metropolitan Life Tower. Но здание по-прежнему продолжает привлекать толпы людей и служить напоминанием об уникальном периоде развития города.

Небоскребы строятся для того, чтобы в центре города разместилось как можно больше людей; повышение этажности зданий – всего-навсего более эффективный способ использования земли. Прочность и доступность железа способствуют высокой концентрации населения на маленьких территориях. Человеческие муравейники стимулируют инновации и таким образом поддерживают наше продвижение по пути прогресса – от простых сельских общин к процветающим урбанистическим обществам.

Небоскребы также строились как символы экономического и политического могущества. Одними из первых обитателей нью-йоркских высотных зданий были руководители крупных корпораций Standard Oil и US Steel (образованная из Carnegie Steel Corporation и нескольких других крупных производителей стали), возникших в результате промышленной революции. Престиж был крайне важен для Рокфеллера, Карнеги и других американских баронов-разбойников, и поэтому эти здания столь же красивы, как и высоки.

Башни-близнецы Всемирного торгового центра на момент завершения строительства в 1971 г. были самыми высокими в мире. В течение 30 лет они стояли как символы экономической мощи Америки и именно по этой причине были выбраны объектом атак террористов 11 сентября 2001 г. Башни-близнецы рухнули, а с ними и 200 000 тонн стали. В день теракта мэр Нью-Йорка Руди Джулиани заявил: «Мы восстановимся. Мы выйдем из этого испытания более сильными, чем прежде, более сильными политически и экономически. Линия горизонта будет восстановлена в прежнем виде». Участок «Граунд зеро» восстанавливается до прежнего статуса как центра глобальной экономической деятельности, и по завершении строительства Всемирный торговый центр будет самым высоким в Америке.

В начале 2012 г. впервые в мировой истории в городах стало проживать больше людей, чем в сельской местности. Нигде этот сдвиг не проявляется заметнее, чем в Азии. Башни Петронас в столице Малайзии Куала-Лумпуре – крупнейшие из когда-либо построенных башен-близнецов, а дубайский Бурдж Халиф – самый высокий в мире небоскреб высотой 830 метров. Железо и сталь сделали их возможными, и не случайно нынешний Китай – крупнейший в мире потребитель железной руды.

Будучи в Китае в 1980-х и 1990-х гг., я замечал: новые функциональные жилые и офисные здания повсюду возникали там с невероятной быстротой. В этот период бурного экономического роста прагматические соображения преобладали над эстетическими; у людей было мало времени, чтобы задумываться, как создать экологичную и красивую городскую среду. Сегодня многие из этих наспех построенных зданий снесены, а на их месте выросли небоскребы. Китайские города растут ввысь и вширь быстрее, чем где-либо в мире. Простое, элегантно изогнутое высотное здание шанхайского Всемирного финансового центра и на удивление симпатичное здание Китайского центрального телевидения в Пекине – своего рода «Утюги» XXI в.

Но это не первые стальные колоссы, возведенные в Китае. В небольшом городе Кангжоу, в 240 километрах к югу от Пекина, стоит Железный лев. Ему больше 1000 лет. Высота превышает пять метров, а вес около 50 тонн. Первоначально льва предполагалось разместить в буддийском храме, а на спине установить бронзовую статую Бодхисатвы Манджушри на цветке лотоса. Сегодня скульптура сильно повреждена. Где-то в конце XVII в. лев лишился хвоста, а в 1803 г. ураган повалил статую, в результате чего сильно пострадала морда зверя. Да, статуя знавала лучшие времена, но и сегодня огромная масса литого железа свидетельствует о феноменальном развитии железного дела в древней Китайской империи. Когда в 953 г. фигура льва была отлита, железа в Китае производили больше, чем где-либо в мире. Между 800 и 1078 гг. производство увеличилось в шесть раз и достигло 115 000 тонн – почти столько же, сколько во всей Европе в 1700 г. Развитие железоделательной промышленности Китая – лишь один из аспектов социальных, политических и экономических перемен, происходивших в стране в период правления династий Тан и Сун. Историк развития китайской промышленности Джозеф Нидхам пишет: «Китай в 1000 г. имел больше общего с Китаем 1900 г., чем с Китаем 750 г.» [60].

Благодаря настолько возросшему производству железа Китай изготавливал инструменты и оружие и в начале II тысячелетия стал ведущей мировой державой [61]. Вплоть до 1700 г. Китай имел самое мощное и эффективное железное дело, которое, однако, в XIX–XX вв. пришло в упадок. Тогда один китайский поэт жаловался на происходящие изменения [62]:

...обмакнув перо в чернильницу древней славы,
Я описываю перемены нашего времени.
Но Железный лев по-прежнему стоит,
Хотя дворцы превратились в руины.

Промышленные революции в Европе и США способствовали повышению производительности труда и экономическому росту, а научные открытия стимулировали

разработку новых, экономических технологий производства железа и стали. Китай стал просто неконкурентоспособен. В конце 1950-х гг. Мао Цзедун решил увеличить производство железа и стали в стране с помощью Большого Скачка. Он хотел, чтобы Китай производил больше стали, чем Великобритания, но из собранных по его приказу горшков и сковородок удавалось выплавлять лишь бесполезный чугуун [63].

Индия в период британского господства также переживала упадок. Предприниматель Джамшетжи Тата, успешно работавший в хлопковой и текстильной промышленности, много думал о том, что нужно сделать для изменения ситуации. Используя заработанное состояние, он решил направить усилия на промышленное развитие Индии.

Империя Тата

Джамшетжи верил: для расцвета промышленности в Индии необходимо выполнить четыре условия. Во-первых, улучшить техническое образование и обеспечить проведение научных исследований, чтобы ослабить зависимость Индии от иностранных технологий. Во-вторых, использовать огромные гидроресурсы страны для производства дешевой электроэнергии. В-третьих, построить роскошные отели и тем самым привлечь в Индию богатых иностранцев. В-четвертых, и это самое важное, Джамшетжи хотел производить сталь, «мать тяжелой индустрии», для строительства железных дорог и городов [64].

Утверждения, будто Индия в производстве стали может достичь уровня Великобритании, никто не принимал всерьез. Сэр Фредерик Апкотт, главный управляющий индийскими железными дорогами, пообещал «съедать каждый фунт железнодорожных рельсов, которые они изготовят» [65].

Однако за высокомерием скрывался страх конкуренции, долгое время заставлявший британских правителей Индии тормозить промышленное развитие страны. Лишь в 1890-х гг., когда Великобритания стала отставать в производстве железа и стали от Германии и США, они начали поддерживать развитие черной металлургии в Индии.

Наконец, в 1900 г., встретившись с лордом Гамильтоном, государственным секретарем по делам Индии, Джамшетжи сумел заручиться поддержкой правительства. К тому времени шестидесятилетний индийский патриот заработал приличное состояние. Джамшетжи объяснял Гамильтону, что его усилия по строительству сталелитейных заводов имеют целью развитие родной страны, а не личное обогащение. Гамильтон заявил, что хотел бы получить поддержку правительства. Вскоре Джамшетжи направился в США, где искал совета у Джулиана Кеннеди, главного эксперта Америки по стали и управляющего принадлежащим Карнеги известным заводом Edgar Thomson Steel Works. Затем он нанял группу геологов для поиска удобных месторождений железной руды, чем впервые начал заниматься еще 20 лет тому назад.

В 1904 г. Джамшетжи Тата умер. Из четырех его великих планов преобразования Индии удалось реализовать лишь один: построить Taj Mahal Hotel. Десять колонн из витого железа до сих пор поддерживают потолок в бальном зале этого уникального сооружения. Реализацией планов отца с неменьшей целеустремленностью занялись его сыновья, сэр Дорабжи Тата и сэр Ратанжи Тата. Тремя годами позднее Дорабжи нашел превосходное место для строительства сталелитейного завода Тата в небольшой деревне Сакхи, рядом с которой имелось достаточно железной руды, воды и песка. Позднее Сакхи переименовали в

Джамшедпур в часть Джамшетжи. В 1912 г. завод Тата выпустил первый слиток стали, тем самым обозначив рождение индийской металлургической промышленности. Во время Первой мировой войны Tata Steel экспортировала 2500 километров стальных рельсов. Это позволило Дорабжи заявить: если бы сэр Фредерик Апкотт отважился выполнить обещание съедать каждый рельс, произведенный Индией из высококачественной стали, то у него случилось бы «легкое несварение желудка» [66].

Первый сталелитейный завод Тата, возможно, никогда не был бы построен, если бы не вписывался в программу национального возрождения страны. В поисках инвестиций для строительства завода в Сакхи братья Тата призвали соотечественников вкладывать деньги в проект, который помог бы индустриализации Индии. Один обозреватель рассказывал, как «с раннего утра до позднего вечера офисы Tata в Бомбее осаждали толпы индийских инвесторов. Старые и молодые, бедные и богатые, мужчины и женщины приносили свои сбережения, и через три недели сумма, необходимая для строительства завода, была собрана усилиями 8000 коренных индийцев» [67].

На всех промышленных предприятиях Tata благополучию рабочих придавалось основное значение. Джамшетжи устанавливал в цехах хлопковых и текстильных фабрик увлажнители воздуха и огнетушители, предоставлял одноразовые средства личной гигиены и фильтрованную питьевую воду. Он также первым внедрил пенсионные планы и страховку от несчастных случаев, обеспечил равноправие полов. Члены семейства Тата, в отличие от Карнеги, не стремились к прибыли любой ценой. Они верили, что бизнес, поддерживающий развитие нации, должен заботиться также о здоровье и благополучии граждан. За 100 лет до того, как западный бизнес ввел понятия социальной ответственности корпораций, личной заинтересованности и тройного критерия оценки^[1], Тата уже использовали их у себя [68]. Они знали, что каждый аспект деятельности подразумевает соответствующую компенсацию. Когда акционеры пожаловались, что затраты на строительство жилья для рабочих первого сталелитейного завода Tata слишком велики, сэр Дорабжи ответил: «В Джамшедпуре мы строим не улицы с хижинами, а город» [69]. В 1895 г. он же писал: «Мы не призываем быть менее эгоистичными, более щедрыми или больше заниматься филантропией, чем кто-то другой. Но мы полагаем, что начали работать в соответствии со здоровыми и прочными принципами бизнеса, воспринимая интересы акционеров как свои собственные, а здоровье и благополучие работников – как основу нашего успеха» [70].

Вот один из немногих примеров нормальных взаимоотношений между бизнесом и обществом. Даже сегодня многие компании не могут соперничать в этом смысле с Tata. Некоторые по-прежнему следуют мантре американского экономиста Милтона Фридмана, гласящей: «Единственным делом бизнеса является бизнес» [71]. Они верят, что могут игнорировать окружающий мир, но, поступая таким образом, рискуют своей репутацией, своим правом на ведение коммерческой деятельности и своими покупателями. Сегодня, по мере того как финансовый контроль бизнеса становится как никогда строгим и государство требует от бизнеса делать все больше и больше помимо основной деятельности, полезно обратиться к примеру Tata и отметить все хорошее, что сделано ею для всей Индии.

В книге «Рассудительный индиец» лауреат Нобелевской премии по экономике Амартия Сен рассматривает роль ощущения идентичности и социальной мотивации в формировании экономического поведения. «В пределах реальной и разумной прибыли, – пишет он, – много вариантов выбора, и при рассмотрении каждого важны точка зрения и идентичность индивида» [72]. Мнение предпринимателей из семейства Тата о необходимости

индустриального развития Индии побуждало их действовать иначе, чем американские бароны-разбойники.

Подобно Карнеги, Джамшетжи Тата также выделял деньги на нужды нации. Ратанжи и Дорабжи, унаследовавшие огромное состояние, учредили филантропические организации, занимающиеся здравоохранением и образованием, и создали институты, имеющие общенациональное значение. Они и сегодня владеют крупными долями в Tata. Джамшетжи Тата помнят в Индии точно так же, как Карнеги в Америке. Они по-разному создавали свое богатство. Карнеги стремился заработать как можно больше денег, чего бы это ни стоило его рабочим, чтобы иметь возможность больше вернуть обществу; бизнесмены Тата не различали, где их личное состояние, а где богатство страны. И Карнеги, и Тата использовали железо для развития индустриальной мощи нации, для создания фундамента прочного бизнеса и в итоге для того, чтобы вернуть долг обществу.

Их подход оказался успешным в свое время и в своем месте, но ни один из них не достиг бы успеха сегодня. В обстановке беззакония первых лет промышленной революции в США кумовство и подкуп были единственными способами обеспечить выживание и развитие бизнеса. Сегодня такое поведение немедленно вызвало бы осуждение общественности, и выживание и развитие бизнеса, основанного на нечестных методах, оказались бы невозможными. Даже просвещенный и новаторский подход к ведению бизнеса, продемонстрированный семейством Тата, недостаточно действенен в современной деловой среде. Решение Дорабжи строить для рабочих «город», а не «улицу с хижинами» вступило бы в противоречие с фундаментальным принципом ведения бизнеса — максимизации акционерной стоимости. Акционерами Дорабжи были народы Индии, а сегодняшние акционеры — преимущественно физические лица. В современной деловой среде социальные инвестиции остаются важнейшим аспектом устойчивого развития, но помимо них требуется что-то еще. Перед лицом растущего неравенства филантропия остается важным механизмом перераспределения богатства, приобретенного немногими благодаря использованию земных богатств. Из историй Карнеги и семейства Тата мы и сегодня можем извлечь поучительные уроки.

Каждый год в третью субботу июля я приезжаю в Венецию на Феста дель Реденторе (Праздник Спасителя) и по вечерам с удовольствием наблюдаю, как огни фейерверка взлетают в темное небо. Вместе с друзьями мы берем гондолу на пристани у площади Сан-Марко и плывем мимо празднично украшенных лодок по узким, извилистым каналам. Даже сегодня гондола занимает привилегированное положение по сравнению с другими транспортными средствами в городе. Мы причаливаем у Доганы, старого здания таможни, и восхищаемся волшебным отражением огней в спокойных водах лагуны.

Феста дель Реденторе посвящена окончанию эпидемии чумы, которая свирепствовала в Венеции в 1576–1577 гг. и унесла жизни 51 000 венецианцев, в том числе и Тициана, великого живописца эпохи Возрождения. В конце 1577 г., когда чума отступила, на острове Джудекка был заложен первый камень в основание будущей церкви Иль Реденторе (Спасителя) в знак благодарности за избавление от бедствия. Был сооружен наплавной мост из барж между Джудеккой и главным островом лагуны, чтобы дож, верховный правитель Венецианской республики, мог пройти во главе процессии к церкви. Эта традиция сохраняется и по сей день, правда, уже без дожа.

Венеция возникла на топких малярийных островах лагуны и к XIII в. превратилась в процветающий общепризнанный центр торговли западного мира. Немного других городов внесли больший вклад в развитие живописи, скульптуры, архитектуры и музыки. Феста дель Реденторе – это праздник, прославляющий силу духа города, проявленную в трудные времена. Мы наблюдаем, как ракеты взлетают в небо и взрываются в вышине, разбрасывая вокруг сотни разноцветных искр. Атомы разных химических элементов придают праздничным огням особый цвет: медь – синий, стронций – красный, натрий – желтый [1]. Но среди них один имеет важнейшее значение. Это углерод. Без него ракеты никогда не оторвались бы от земли.

Углерод – один из компонентов черного пороха. В Древнем Китае, где впервые стали устраивать фейерверки, его источником служил мед; чем лучше он был высушен, тем больше в нем содержалось углерода. Как свидетельствуют древние источники, взрывчатая смесь опаляла руки и лица и даже служила причиной пожара домов. Позднее в качестве горючего вещества черного пороха стали применяться древесный уголь, изготавливаемый путем карбонизации (специального обжига) древесины [2]. Сейчас, как и во время первых фейерверков Феста дель Реденторе несколько столетий тому назад, главным веществом в ракетах остается углерод.



Материал, из которого в основном и построена Венеция, также непосредственно связан с углеродом. Чаще всего в городе использовалась разновидность известняка, которая добывается на полуострове Истрии, когда-то входившем во владения Республики. Из истрийского известняка изготовлены колонны, арки и фасады исторических венецианских палаццо. Удобный в обработке и устойчивый к воздействию погодных условий, этот минерал можно встретить в городе повсюду. Углерод также содержится в бумаге и чернилах, с помощью которых Венеция зафиксировала для потомков свои выдающиеся художественные и интеллектуальные достижения, и в деревянных кораблях – на них венецианцы вели войны, укрепляя могущество Республики [3].

Удивительная способность атомов углерода связываться друг с другом и образовывать длинные цепочки и кольца делает углерод одним из универсальных элементов [4]. К структурам углерода добавляются другие элементы, образуя новые вещества, делающие наш мир необычайно сложным. Это фундамент не только Венецианской республики, но и всей человеческой цивилизации.

Углерод – становой хребет ДНК, хранящей генетический код нашего организма. Углерод – основа жизни [5].

Но сам по себе углерод практически бесполезен. Для его атома огромное значение имеет контекст, в который он помещен. Черный порох не взорвется, если его приготовить на основе чистого углерода, воспламеняющегося только при очень высокой температуре. Для ускорения горения углерода требуется окислитель, иначе ракеты праздничного фейерверка не смогут взлететь в небо. Поэтому в фейерверках для Феста дель Реденторе используется сложная смесь углерода и кислорода [6].

Чистый углерод очень редко находит применение. Он присутствует в графите, из которого делаются карандаши, и в бриллиантах. Используется в ювелирной промышленности и для изготовления буровых коронок. Графен, чисто углеродная решетка толщиной всего в один атом, скоро сможет вызвать кардинальные изменения в высокотехнологичных отраслях [7]. Но, чтобы менять мир, углерод, как правило, нуждается в других веществах.

Вспышка чумы стала одним из первых гвоздей, вбитых в гроб Венецианской республики. Слава ее с XVI в. начала клониться к закату. В мае 1797 г., когда войска Наполеона Бонапарта перекрыли вход в лагуну, Республика прекратила существовать – у Большого Совета Венеции не оставалось другого выбора, кроме как сдаться. С буддийским спокойствием дож снял согно (традиционный головной убор венецианских дождей) и передал его слуге со словами: «Возьми, это мне больше не понадобится» [8].

После падения Республики город освоил ремесло совершенно иного типа: он стал привлекать все больше и больше туристов. Теперь все лето исторические набережные и площади полны путешественников со всего мира, приезжающих полюбоваться на сокровища культурного наследия Венеции. Несмотря на модернизацию экономики, город выглядит во многом так же, как в момент падения Республики.

Отсутствие четырехколесного транспорта создает впечатление, будто технический прогресс обходит здешние земли стороной. Однако без самолетов, непрерывно приземляющихся в аэропорту Марко Поло, автомобилей и автобусов, движущихся по мосту Свободы, экономика Венеции не смогла бы существовать. Углерод не только делает возможным фейерверки над церковью Иль Реденторе, но и также снабжает топливом современный транспорт [9].

Из всех химических соединений на основе углерода углеводороды в наибольшей степени способствовали изменению мира. Они относятся к группе молекулярных соединений, образованных из водорода и углерода. Обычно, когда они смешиваются с кислородом из воздуха и горят, выделяется тепло. При такой изотермической реакции, если кислорода достаточно, выделяется также двуокись углерода и водяной пар [10].

В ископаемом топливе – каменном угле, нефти и газе – углерод предоставляет нам удобные обильные источники энергии, позволяющие изменять мир. Быстрое улучшение условий жизни и рост населения Земли, произошедшие за столетия после начала промышленной революции, оказались бы невозможны без этих видов топлива. Каменный уголь, нефть и газ и займут центральное место в истории об углероде.

Начну с каменного угля. Его использование серьезно активизировалось в период промышленной революции и позволило человечеству встать на путь глобального экономического роста. Затем пришел черед нефти, которая в конце XIX в. выкачивалась из колодцев и затем использовалась как дешевый и чистый источник яркого освещения,

позволявшего удлинять время работы и отдыха. Однако лишь после появления автомобилей нефть поистине изменила мир. Автомобиль дает человеку свободу перемещения – возможность поехать, куда он хочет, в любое время. Но, помимо этого, нефть дает энергию глобальной сети грузового и пассажирского автомобильного, морского и авиационного транспорта и обеспечивает существование современного общества. И, наконец, природный газ – наиболее летучий из всех ископаемых видов топлива, который люди тысячелетиями рассматривали как нечто бесполезное, так как использовать его было слишком трудно. Теперь же он нашел широкое применение в электроэнергетике и может быстро перемещаться из мест добычи в места потребления. В конце истории об угле я затрону важный вопрос: являются ли уголь, нефть и газ энергоносителями, масштабное потребление которых будет иметь катастрофические последствия для человечества?

Впервые я начал осознавать колоссальные возможности углеводородов в 1950-х гг., когда ребенком жил с родителями недалеко от нефтяного месторождения Масджид-и-Сулейман в Иране. Мой отец работал в Англо-Иранской нефтяной компании (позднее British Petroleum) и часто возил меня на месторождение, на котором постоянно горели «факелы» считавшегося в то время бесполезным природного газа. Жар, шум и запах фосфора царили повсюду. В возрасте десяти лет меня взяли на участок, где находилась буровая вышка Naft Safid 20, на которой несколькими годами ранее случился пожар. Тогда на скважине произошел взрыв, разметавший куски труб на сотни метров вокруг. Обломки железа так и лежали там, где упали. Мне также запомнилось оранжевое пламя пожара над нефтяной скважиной Abvaz № 6 в 50 милях от нашего дома. Я был очарован мощностью нефти. Интерес к нефтяной промышленности сохранился у меня на всю жизнь, именно он и привел меня в BP в 1966 г. Работая в компании, я занимался решением технологических и политических проблем, связанных с нефтедобычей, побывал в политически нестабильных регионах России и Колумбии. Приходилось сталкиваться с олигархами, наркобаронами и бойцами партизанских отрядов. Я видел, как в борьбе за доступ к этому ценному ресурсу и контроль над ним проявлялась жадность и злоба. Но нефть приносит и пользу: она действительно изменила жизнь в странах, в которых есть месторождения, и во всем мире.

Однако история углевода начинается за тысячелетия до того, как мы стали использовать нефть в промышленном масштабе. В 1969 г., работая на Аляске, я наблюдал природное явление, заставившее меня задуматься над самыми ранними способами использования углеводородов человеком. Наша геологоразведочная группа проводила измерения в районе Брукс Рандж Маунтинс, по которому проходит нефтепровод с месторождений Аляски. Во время грозы я наблюдал, как молния ударила туда, где имелись выходы на поверхность битуминозных пород. Это привело к возгоранию. Вполне вероятно, что именно так, наблюдая сходное явление тысячелетия назад, наши далекие предки узнали о горючести каменного угля.

Каменный уголь

Сегодня крупнейший в мире потребитель каменного угля – Китай. Первые сообщения об использовании угля в области Шень-Ян на северо-востоке Китая относятся приблизительно к 4000 г. до н.э. Первобытные люди подбирали куски мягкой черной породы (другое название – лигнит), разбросанные по поверхности земли, и после обработки использовали их для

декоративных украшений, преимущественно бус и серег. Лигнит легко поддается резке и полировке, подходит для изготовления украшений и даже сегодня применяется в ювелирной промышленности. Именно лигнит дал жизнь термину «черный мрамор».

Каменный уголь – углеводород с наибольшим удельным весом. Водород присутствует в меньшей пропорции по отношению к углероду, чем в нефти или газе. Следовательно, его труднее поджечь, а во время горения он выделяет больший процент двуокиси углерода, чем каждый из этих двух углеводородов [11]. Каменный уголь существует в разных видах; чем больше водорода он содержит, тем легче его воспламенить. Первые жители Китая, вероятно, наблюдали, как молния или искра от костра поджигает его, а затем поняли, что и сами могут воспользоваться этим источником тепла и света.

В эпоху династии Хань, начиная приблизительно с 200 г. до н.э., уголь уже добывался в больших объемах как для домашних, так и для производственных нужд. Неудивительно, что впервые его ввели в обиход не где-нибудь, а в Китае: небольшие запасы топлива имеются в каждой китайской провинции, а самые крупные в мире месторождения находятся на севере Китая в провинции Шаньси.

Когда древесина, традиционный и наиболее доступный вид топлива, в XI в. оказалась в дефиците, использование каменного угля резко выросло, главным образом в развивавшейся железоделательной промышленности Китая. На этом историческом этапе Китай был мировым центром инноваций. Китайцы первыми создали черный порох, компас, бумагу и печатный станок – так называемые Четыре великих изобретения [12]. Лишь спустя несколько веков они стали известны Западу.

Научившись использовать энергию углеводородов, Китай занял место ведущей мировой державы. В то время казалось, что Китай находится на пороге промышленной революции, но вскоре после инновационного бума потребление угля пошло на убыль, а темпы развития стали отставать от западных.

Это породило Великую дивергенцию – растущее расхождение в мощи и богатстве Запада и Востока на протяжении последних веков минувшего тысячелетия.

Почему же так случилось? Было ли это вызвано различиями в географическом положении и в геологии? Или же главная причина – в несходстве культур, ведь Китай всегда подчеркивал превосходство коллективного над личным? Это один из вопросов, на которые пытается ответить Джозеф Нидхам в великой книге «Наука и цивилизация в Китае» [13]. Я склонен думать, что хотя бы отчасти такая ситуация обусловлена возможностью доступа к источникам энергии, и в этом – один из уроков для нынешних поколений. Но каким бы ни был ответ, Нидхам пишет: «К 1900 г. Китай вышел из гонки, и западная промышленность стала доминировать» [14].

Тем временем Великобритания, один из главных конкурентов Китая, использовала собственные крупные запасы угля для энергетической поддержки первой в мире промышленной революции.

Как избежать мальтузианской ловушки

В 1798 г. Томас Мальтус писал, что на протяжении всей истории человечества ни в одной из культур не происходило реального роста жизненных стандартов [15]. По его словам, человечество постоянно балансирует на грани нехватки основных продуктов питания.

Аграрные общества действительно создавали новые технологии для увеличения производства продуктов питания, но это приводило лишь к росту численности населения и возврату на прежний уровень жизни. Экономические ресурсы никогда не смогут развиваться быстрее, чем растет население, и поэтому человечество пребывает в мальтузианской ловушке. Однако в то время, когда Мальтус развивал свою теорию, в его родной Великобритании начали происходить глубокие изменения. Они доказали ошибочность его теории.

С 1750 по 1850 г. промышленное производство в Великобритании выросло в семь раз, а население – менее чем втрое. При этом уровень жизни британцев продолжал устойчиво повышаться. Не существует простого ответа на вопрос, почему это произошло впервые именно в Великобритании. Но подобно тому, как упадок Китая в сравнении с Западом был связан со стагнацией в угледобывающей промышленности [16], промышленный подъем Великобритании, по сути, был обусловлен использованием больших запасов каменного угля. В 1700–1830 гг. добыча угля выросла более чем в десять раз. Паровые машины заменили ручной труд, ведь уголь в количестве, равном весу человека, способен произвести такое же количество энергии, как человек за 100 дней работы.

Гораздо в большей степени, чем топливо для выработки пара, уголь важен для производства железа и стали. Он используется для плавления железной руды в печах и добавляется в расплавленную руду в виде кокса для удаления примесей. Заводы и фабрики, построенные с использованием стальных балок, работающие на энергии каменного угля, стали появляться по всей стране с невиданной ранее скоростью.

Манчестер, небольшой городок на севере Англии, развивался настолько быстро, что вскоре стал символом промышленной революции в Великобритании и вобрал в себя множество деревень, расположенных на милях вокруг от его исторического центра. Путешественники издали ощущали запах угольного дыма из труб многочисленных хлопкопрядильных фабрик Манчестера [17]. Французский историк и политолог Алексис де Токвиль, посетивший Англию в 1835 г., так формулировал двойственность тогдашней ситуации: «Из грязной сточной канавы вытекает величайший поток человеческого трудолюбия, удобряющий весь мир. Из мерзкой сточной трубы льется чистое золото» [18]. На юге страны Лондон превратился в «мировой центр политики и торговли», и экономика развивалась невиданными прежде темпами [19].

Великобритания превращалась из страны фермеров в державу промышленников и фабричных рабочих. Масса людей переселялась из сельской местности в города, чтобы работать на заводах, потреблявших энергию каменного угля. Приезжие жили в отвратительных условиях. Семьи с детьми ютились в крошечных комнатухах, люди болели и умирали намного чаще, чем в деревне. Немецкий философ, общественвед и исследователь промышленности Фридрих Энгельс отмечал: в результате промышленной революции рабочие потеряли больше, чем приобрели [20].

Однако рост городского населения продолжался, и к 1851 г. в городах жило больше людей, чем в деревне. Такое изменение структуры населения произошло в Китае только в 2012 г.

Добыча каменного угля в Великобритании росла во много раз быстрее, чем в остальном мире, но стремительно развивающаяся промышленность и быстро увеличивающееся население требовали все большего от угледобывающей отрасли. К концу XIX в. все легкодоступные залежи угля уже были, по-видимому, освоены. Для увеличения добычи

шахтерам приходилось все глубже и глубже вгрызаться в землю.

Ради удовлетворения спроса и получения прибыли загублены тысячи жизней [21]. Ядовитые газы, поднимавшиеся из угольных пластов, вызывали гибель людей от удушья или приводили к взрывам в шахтах [22]. Дети, иногда едва достигшие восьмилетнего возраста, часами сидели в холодных, темных и сырых шахтных туннелях, чтобы периодически открывать вентиляционные заслонки, обеспечивающие доступ в шахты свежего воздуха. Кроме того, их заставляли вытаскивать уголь наверх по тоннелям, которые были слишком узкими для взрослых. Условия в шахтах ужасали.

Со временем были приняты законы, направленные на улучшение условий труда шахтеров. Закон 1842 г. запрещал использование на подземных работах женщин и детей моложе десяти лет [23]. Другие законы способствовали охране труда. Также имело значение развитие технологий: паровые машины позволяли откачивать воду из затопленных шахт и поднимать уголь на поверхность, а изобретение в 1815 г. лампы Дэйви – предотвращать воспламенение взрывоопасных газов в шахтах [24].

Потребовалось гораздо больше времени, чтобы избавиться от густого черного дыма, выходящего из заводских труб. Уголь больше других ископаемых видов топлива загрязняет окружающую среду, поскольку в процессе горения в атмосферу выбрасывается большое количество сажи и экологически вредных веществ, включая и двуокись углерода. В 1950-х гг., когда ребенком я жил в Кембридже, об угле постоянно напоминал запах. Когда ветер дул с правой стороны, с близлежащего газового завода, отвратительный запах серы и аммиака врывался в открытые окна нашего дома на Честертон-роуд [25]. Тогда еще не были открыты крупные месторождения природного газа в Северном море, и для отопления и приготовления пищи домохозяйства нуждались в бытовом газе, а он производился из каменного угля.

В современных развивающихся странах загрязнение воздуха по-прежнему остается серьезной экологической проблемой, представляющей опасность для здоровья населения. Нигде это так не заметно, как в Китае. Здесь использование угля, когда-то замедлившееся, теперь растет невиданными темпами, за последние 30 лет обеспечив быстрое развитие национальной экономики. Великая дивергенция быстро сокращается, но по мере того, как Китай догоняет Запад, видно, что история повторяется.

Дилемма Китая

Я впервые посетил Китай по поручению British Petroleum в 1979 г. вскоре после того, как Дэн Сяопин открыл двери для международной торговли. После смерти Мао Цзедуна и ареста печально знаменитой «банды четырех» осенью 1976 г. к власти пришел Дэн и начал в Китае крупные экономические реформы, направленные на создание в стране рыночной экономики [26]. За первые семь лет реформ число людей, живущих в бедности, сократилось наполовину – с 250 000 000 до 125 000 000. С тех пор, раз за разом посещая страну, я замечал улучшение условий жизни городского населения. Продукты питания становились лучше, а люди – полнее. Изменение линии горизонта в Пекине было еще более впечатляющим. Небоскребы строились одновременно по три. В практических целях в ход шел один и тот же проект, и безостановочный рост города набрал удивительные темпы. Благодаря использованию углеводородов переживавшая бум китайская экономика за несколько десятилетий превратила недавно бедную страну в мировую экономическую сверхдержаву. В этой трансформации

каменный уголь играет главенствующую роль: он обеспечивает производство 80 % электроэнергии и удовлетворяет 70 % общей потребности Китая в энергоносителях. В 2010 г. Китай сжигал почти столько же угля, сколько все остальные страны мира. Однако, как и во время промышленной революции в Великобритании, потребление угля в Китае стало причиной серьезной угрозы экологии и здоровью нации.

Я до сих пор хорошо помню едкий, желтый от грязи воздух вблизи пекинского Летнего дворца в октябре 2003 г. Я приехал в китайскую столицу для встречи с Гэри Дирксом, тогдашним главой китайского подразделения BP. Чтобы немного отдохнуть от суматохи центрального делового района и продолжить дискуссию, мы отправились в Летний дворец, один из прекрасных императорских садов. Прогуливаясь по семнадцатиметровому мосту, соединяющему берег озера Кунминь с одним из островков, мы обсуждали, не следует ли продать наши доли PetroChina – что в итоге и сделали. Когда мы возвращались назад, ни один берег озера невозможно было разглядеть; плотный смог сократил видимость до нескольких метров, обеспечивая нашей беседе особую атмосферу приватности. Другие посетители сада, нередко с марлевыми масками на лице, появлялись как будто ниоткуда и так же быстро скрывались в плотной пелене смога.

Весной и осенью особое состояние атмосферы способствует удержанию в воздухе вредных веществ, что делает пребывание в городе почти невыносимым [27]. В это время становятся понятны истинные масштабы загрязнения воздуха оксидами фосфора и азота, сажей и другими веществами. Каменный уголь – главный виновник загрязнения атмосферы.

Пока я гулял вокруг озера Кунминь, мое горло стало сухим и воспаленным из-за воздуха, которым приходилось дышать. Вдыхание вредных веществ несет тяжелые последствия для здоровья: невидимые глазу частицы копоти накапливаются в респираторной системе, значительно повышая риск возникновения заболеваний легких. По официальным оценкам, более 350 000 китайцев ежегодно умирают от болезней, вызванных загрязнением воздуха.

Риск потерять здоровье еще выше для тех, кто работает в Китае в угольных шахтах. Болезнь черных легких поражает сотни тысяч китайских горняков. Аварии, взрывы газа – также обычное дело: так, в 2005 г. более 200 человек погибли в шахте Сунь-Яван в провинции Ляо-Нинь.

В 2009 г. в Китае сообщалось о гибели более 2500 шахтеров, а в предыдущее десятилетие число смертей на тонну добытого угля было в среднем в 88 раз выше, чем в США [28].

Ущерб экологии также весьма значителен. Ядовитые вещества, например мышьяк и ртуть, попадают из угольных шахт в ближайшие реки. Кислотные дожди, возникающие в результате выброса в атмосферу веществ, содержащих серу, проливаются теперь почти над третьей частью территории страны, что приводит к гибели урожая и разрушению природных экосистем.

Возможно, самый губительный из всех попадающих в атмосферу газов – двуокись углерода, не имеющая цвета и запаха. Она больше других влияет на изменение климата. Из всех ископаемых видов топлива каменный уголь выделяет наибольшее количество двуокиси углерода на единицу производимой энергии. Количество двуокиси углерода, производимое в Китае в расчете на душу населения, почти втрое меньше, чем в США, но огромное и быстрорастущее население делает Китай крупнейшим в мире источником выбросов двуокиси углерода в атмосферу [29].

Активное использование каменного угля за последние 30 лет способствовало быстрому

экономическому росту и сокращению бедности в стране. А по мере того, как Китай продолжает развиваться, ему требуется все больше энергии. К 2035 г. страна планирует потреблять столько же энергии, сколько Европа и США вместе взятые. Каменный уголь – очевидный источник энергии для поддержания экономического роста, ведь он относительно дешев, и его много. Ожидается, что при сохранении сегодняшних темпов потребления разведанных запасов Китаю хватит на 70 с лишним лет.

В этом состоит суть стоящей перед Китаем дилеммы: как поддерживать быстрый экономический рост и бороться с бедностью, не причиняя вреда экологии? Масштаб проблемы беспрецедентен: в Китае проживает одна пятая всего населения Земли, а в 2010 г. по потреблению энергии он обошел США. Еще в 2011 г. Чжоу Шеньян, министр охраны природы страны, предупреждал: «В многотысячелетней истории китайской цивилизации конфликт между человеком и природой еще никогда не был таким серьезным, как сегодня» [30].

Китай меняется

В последние годы проблема загрязнения окружающей среды приобрела в Китае политическое значение. Участились протесты населения против экологически вредных предприятий, и одновременно Китай испытывает усиливающееся давление мирового сообщества, требующего ужесточения природоохранного законодательства. Олимпийские игры 2008 г. ясно показали: Китай хочет, чтобы во всем мире его считали ответственным глобальным игроком. За несколько месяцев до начала Игр многие предприятия вокруг Пекина были закрыты. Это была попытка сделать чище воздух в столице.

Однако стремление улучшить экологию вызвано не только давлением извне. Китай понимает: если он хочет сделать свое социальное и экономическое развитие устойчивым, значит, производство чистой энергии крайне необходимо. Загрязнение воздуха и природной среды влияет на производство продуктов питания и чистоту источников питьевой воды. Истощение природных ресурсов уже сдерживает развитие экономики. Последствия изменений климата могут оказаться еще более серьезными. Китай осознает, что в его интересах принять решительные меры против экологической катастрофы.

И они уже предпринимаются. Условия работы шахтеров улучшены, хотя опасность, конечно, остается. На дымовых трубах предприятий устанавливаются специальные фильтры. В период с 1995 по 2004 г. количество вредных веществ, выброшенных в атмосферу, в расчете на единицу ВВП снизилось на 40 %. В Пекине и Шанхае введен запрет на использование каменного угля для обогрева домов и приготовления пищи, а среднее количество твердых частиц в воздухе сократилось.

В пятилетнем плане, принятом в 2011 г., произошла смена приоритетов: теперь вместо максимизации роста производства поставлена цель увязывания роста производства с достижением социальной гармонии и экономическим развитием, не причиняющим вреда окружающей среде. Тогдашний премьер-министр страны Вэнь Джибао говорил о новой модели «экологически чистого развития, предусматривающего сокращение потребления углерода и сбережение природных ресурсов» [31]. Впервые в истории деятельность местных руководителей может теперь оцениваться не только по экономическим показателям, но и по показателям социального развития и состояния экологии.

Каменный уголь невероятно изменил Китай, как 300 лет тому назад – Великобританию, но лишь сейчас, после трех десятилетий истощающего природную среду развития, китайцы начинают управлять взаимосвязью между позитивными и негативными последствиями активного использования этой разновидности топлива.

Нефть

С ранних лет Генри Форд осознал мощь углеродных видов топлива. Подростком он построил паровую турбину рядом с забором школы. Турбина взорвалась, забор загорелся, но юный изобретатель остался жив. «Обломок ударил Роберта Блейка в живот, – писал он в своем дневнике, – и причинил нестерпимую боль» [32].

Для Форда, имевшего очевидную склонность к механике, паровая турбина была всего лишь одним из детских изобретений. Он рос на ферме, где всегда находил способы облегчить тяготы сельской жизни. «Нужно было выполнять слишком много работы, – вспоминал он позднее. – Даже будучи маленьким, я догадывался, что многое можно делать более легким способом». Понимание того, как именно это сделать, пришло в двенадцатилетнем возрасте, когда он на повозке, запряженной лошадьми, отправился с отцом в Детройт. Впереди себя он увидел медленно едущую телегу, которую приводил в движение работавший на угле паровой двигатель. Эта сцена произвела на него неизгладимое впечатление; 47 лет спустя он вспоминал тот двигатель, «как если бы увидел его только вчера». Новинка продемонстрировала, как каменный уголь повышает мышечную силу и мобильность человека. Прошло еще два десятилетия, прежде чем Форд смог реализовать потенциал нефти как топлива для автомобильного двигателя.

В канун Рождества 1893 г. Форд принес экспериментальный двигатель к себе на кухню, где его жена Клара готовила обед. Примитивное изобретение не имело собственной системы зажигания, и он хотел получить искру с помощью электричества, подведенного на кухню. Он велел Кларе медленно заливать нефть в двигатель, а сам стал вращать маховик, чтобы происходило всасывание смеси углеводородов и воздуха в цилиндр. Он получил искру, вспыхнуло пламя, корпус затрясся, двигатель заработал. Успех вызвал у Форда прочный интерес к двигателям внутреннего сгорания.

Сейчас мы воспринимаем как нечто само собой разумеющееся свободу, которую дает нам автомобиль, забывая, сколько усилий приходилось затрачивать раньше на поездку всего в несколько километров. В XIX в. выючные лошади с трудом передвигались по тропам и импровизированным дорогам, «семьи на долгое время оказывались отрезанными от остального мира на своих фермах, и одиночество обволакивало мужчин и женщин серой паутиной» [35]. К моменту изобретения автомобиля в конце XIX в. железные дороги уже связали между собой крупнейшие города Америки. Товары и люди могли перемещаться дальше и быстрее, чем когда-либо прежде. Но огромные сельские территории, в которых по-прежнему проживала основная часть населения, оставались отрезанными от центров бурного развития промышленности.

Автомобиль стал новым оружием в «битве с расстояниями» [36]. Лишь нефть, имеющая больше углерод-водородных связей, чем уголь, а значит, и обладающая большей плотностью энергии, может создать силу, необходимую для движения автомобиля [37]. Первые автомобили были игрушками для богачей, поскольку собирались вручную и стоили очень

дорого, но Форд хотел, чтобы самые обычные люди, фермеры и рабочие, могли ездить на машинах. Первым внедрив метод массового производства, он начал изготавливать автомобили в таких количествах, что экономия от эффекта масштаба позволила ему сделать их доступными широкому рынку. Модель Т, впервые сошедшая с конвейера в 1908 г., увенчала его усилия – легкая, надежная и недорогая машина, способная удовлетворить растущие потребительские запросы населения [38]. Модель Т была выпущена в количестве 15 000 000 штук, и в 1920 г. на ее долю приходилось около половины всех автомобилей в США.

Владельцам автомобилей стали доступны новые возможности трудоустройства, образования и медицинского обслуживания. Рост городов требовал также новых дорог. В зарождавшемся обществе потребления автомобиль быстро стал символом не только практичности и удобства, но и социального статуса. А как символ свободы и преуспевания – одной из важнейших составляющих так называемой американской мечты.

Сегодня американская мечта носит глобальный характер. В китайских городах, где раньше люди ездили только на велосипедах, появилось множество личных машин, и широкие городские магистрали едва справляются со все нарастающим транспортным потоком. До того как в 2011 г. власти Пекина ввели специальные ограничения, только в этом городе каждый день появлялось 1000 новых легковых и грузовых машин.

Глобальный рост стал причиной постоянного повышения спроса на нефть на протяжении всего XX в. Однако задолго до изобретения автомобиля нефть использовалась в более простых целях: для освещения и для смазки.

Нефть

Нефть, этот «черный сок», «вытекающий из скал», впервые упомянута Георгом Агриколой в XVI в. [39]. В классической работе по горному делу «De re metallica» («О металлургии») он рассказывает, что жидкий битум, нередко плавающий на поверхности источников, ручьев и рек, можно собирать в ведра, а когда он встречается в малых количествах – с помощью гусиных крыльев, узких полосок льняной ткани или стеблей тростника [40]. На одной из гравюр в «De re metallica» изображен мужчина, сливающий «улов» в ведро [41]. Во времена Агриколы нефть считалась чем-то низшим по отношению к рудам металлов, из которых добывались железо, золото и серебро. Спрос на нее был невелик. Однако в середине XIX в. ситуация начала меняться. Промышленная революция способствовала увеличению числа состоятельных людей, желавших иметь яркие и чистые искусственные источники света. Нефть – как раз такой источник, но она предлагалась в малых количествах и поэтому стоила дорого. Видя здесь возможность извлечь прибыль, тогдашние самостоятельные геологоразведчики начали поиски новых, более крупных источников нефти.

В августе 1859 г. Эдвин Дрейк по прозвищу «Полковник» нашел нефть на глубине 20 м на территории фермы в Пенсильвании. Снабдив скважину простым ручным насосом, он, к изумлению собравшихся зевак, начал легко выкачивать нефть из-под земли. Его находка активизировала буровые работы на месторождении вблизи Ойл Крик, в результате чего в течение трех лет производство нефти выросло там практически с нуля до 3 000 000 баррелей в год. Сегодня во всем мире ежегодно добывается 30 000 000 000 баррелей – в 10 000 раз больше, чем всего 150 лет тому назад.

Разведка такого количества нефти была и продолжает оставаться исключительно трудной задачей. Геологам нужно решить, где проводить бурение и как добывать нефть, если она найдена. Кроме того, необходимо окупить инвестиции, удовлетворить аппетиты местных властей и требования проживающего вблизи населения. Все должно делаться безопасно, без нанесения ущерба природной среде, с использованием самых совершенных технологий.

Случайное бурение скважин в расчете найти нефть имеет мало смысла. Оно подобно попыткам отыскать иголку в стоге сена. Всегда имеются признаки, указывающие геологоразведчикам, какие области могут оказаться нефтеносными. Нефтяные месторождения имеют ряд специфических характеристик. Во-первых, источник – останки существовавших миллионы лет тому назад растений и животных, из которых под воздействием высокого давления и температуры и образуется нефть. Пролетая над лесами центральной части Тринидада, я видел озера черной нефти, которая с бульканьем выходила на поверхность из подземных источников. Горная смола, скапливающаяся в углублениях земли вблизи Ла Бреа в Калифорнии, имеет то же происхождение. Подобные признаки указывают на наличие подземных запасов. Во-вторых, нефть должна выходить из источника в находящуюся над ним геологическую структуру, которая может удерживать ее. Эта структура часто имеет форму шатра (так называемая антиклиналь) и иногда проявляет себя на поверхности земли. Антиклинали можно увидеть с воздуха в предгорьях Загроса, где я провел детские годы. Там находятся одни из крупнейших месторождений нефти в мире. В-третьих, структура должна быть запечатана прочной скальной породой. Если «пломба» разрушается, то нефть уходит. На Аляске пробурена одна из самых известных и дорогих скважин, Муклук, оказавшаяся «сухой дырой». В течение нескольких лет геологи из ВР были убеждены: их усилия увенчаются успехом. Но скважина не оправдала надежд, потому что горная порода, запечатывавшая пласт, разрушилась, и нефть ушла. Наконец, в-четвертых, структура должна быть наполнена осадочной породой, которая может содержать нефть в порах и позволять ей течь. Степень легкости, с которой порода позволяет нефти течь, называется проницаемостью. Если все эти факторы в наличии, значит, в данном месте имеются запасы нефти.

Какие-то из характеристик могут быть выявлены посредством анализа формирования геологической структуры местности. Например, в дельтах древних рек часто встречается пористый и легко проницаемый песок. В наше время методы дистанционного зондирования позволяют обнаружить запасы нефти на многокилометровой глубине под несколькими слоями скальной породы. Перспективно сейсмическое исследование, при котором волны сжатия используются для воздействия на глубоко залегающие слои породы. Необходимо тщательно продумать, как сейсмические волны будут распространяться и приниматься. Для анализа получаемых данных требуются сложные алгоритмы и мощные компьютерные системы. Обычно полезный сигнал плохо различим на фоне шумов, и поэтому имеет важнейшее значение компьютерный анализ. При самых благоприятных обстоятельствах может быть определена форма и идентифицирована порода пласта, найдены места пробок и даже выявлены характеристики нефти. Но обычно удается получить только часть информации. Ситуация еще больше осложняется, если пласт накрыт сверху толстым соляным слоем, как, например, в прибрежных водах Бразилии, Анголы и в Мексиканском заливе. Вибрационные волны проходят через соль настолько быстро, что этот слой фактически скрывает геологическую структуру всего, что располагается под ним.

Внезапное изменение скорости сейсмических волн при продвижении из донных

отложений в соляной слой вызывает преломление и отражение: соляной слой действует как зеркало. Лишь недавно разработаны компьютерные алгоритмы, позволяющие разделять эти сигналы и достаточно отчетливо видеть то, что находится под соляным пластом.

Добыча нефти

Проведя исследования, нужно пробурить скважину, чтобы выяснить, есть ли нефть. В последние годы новые технологии дистанционного зондирования снизили вероятность неудач, но и успех никогда не может быть гарантирован; напоминанием служит история скважины Муклук [42].

После обнаружения нефти месторождение должно эксплуатироваться таким образом, чтобы обеспечить прибыль инвесторам и ренту собственнику территории, обычно государству. Но месторождения, не требующие больших усилий для освоения, уже активно эксплуатируются. То, что еще можно освоить, находится в труднодоступных местах. В первые десятилетия XX в. компании начали переходить от разработки месторождений на суше к подводным месторождениям и стали бурить скважины в озерах Венесуэлы, Техаса и Луизианы. Освоение морского шельфа проходит труднее, потому что море глубже, ветры сильнее, а волны выше.

Самый впечатляющий проект морского бурения я видел в Каспийском море недалеко от столицы Азербайджана Баку. О нефтяных пятнах на воде давно сообщали капитаны местных судов, а многие морские скалы часто оказывались покрыты черной нефтяной пленкой. В 1947 г. в Каспийском море на прибрежных скалах построили первую, довольно шаткую буровую платформу. Позднее стало появляться все больше и больше платформ, которые соединялись временными деревянными мостами. С берега на баржах подвозили валуны для строительства новых искусственных островов. К 1955 г. Нефтяные Камни, как стало называться новое поселение, производили нефти больше, чем где-либо еще в Азербайджане, экспортируя 14 000 000 баррелей черного золота в год. Пятиэтажные многоквартирные дома, магазины и отели поднимались буквально из воды, обеспечивая проживание все большего количества людей, приезжавших работать на нефтяное месторождение. Но оставшая часть богатейших нефтяных запасов Каспийского моря находится восточнее Нефтяных Камней под более толстым слоем воды. Освоение этих месторождений, иногда находящихся на глубине шести километров ниже поверхности моря, потребовало бы чего-то большего, чем платформы на деревянных подпорках вблизи морского берега.

Я впервые посетил Баку и Нефтяные Камни в 1990 г. вскоре после распада СССР, когда British Petroleum начала обсуждать вопрос о создании предприятия для исследования глубоководной части Каспийского моря [43]. Плачевное состояние города меня поразило. Типы, подпиравшие заборы, казалось, взяты из известной сцены фильма «Звездные войны». Вследствие долгого пребывания страны за «железным занавесом» технология, использовавшаяся в Нефтяных Камнях, совершенно устарела и не позволяла рассчитывать на освоение глубоководных месторождений Каспия. Но не все надежды потеряны. В течение первых нескольких лет нового тысячелетия импортируемые с Запада технологии позволили освоить гигантское месторождение Чираг-Азери-Гунашли.

Освоение все более и более глубоководных месторождений требует огромных инвестиций в разработку новых технологий. Примером может служить месторождение

Тандер Хорс: здесь для добычи нефти пришлось построить гигантское плавающее сооружение, о котором рассказывалось в предыдущей главе, посвященной железу. Глубина залегания нефти составляет 2000 метров ниже уровня воды. Для сравнения: в Каспийском море этот показатель составляет 200 метров, а вблизи Нефтяных Камней – всего 20 метров. Капитальные затраты очень высоки, но каждый год технология совершенствуется, и себестоимость добычи барреля нефти снижается [44]. И здесь можно добиться еще очень многого – добычи нефти в более глубоководных районах, а также повышения процента нефти, извлекаемой из пластов (сегодня после прекращения эксплуатации месторождения обычно 60 или более процентов остается под землей). Причина чисто экономическая: извлечение большего количества нефти становится все более дорогим, а значит, неприбыльным. Издержки предполагается снизить благодаря применению новых технологий.

Как поддерживать текучесть нефти

Французский инженер Анри Дарси, работавший в XIX в. в Дижоне, был внимателен. Он пристально следил за тем, как вода проходит через разные типы горных пород на дне городских фонтанов, и задавался вопросом, что определяет ее скорость. Позднее он составил формулу для описания скорости течения жидкости через проницаемый материал. В его честь она получила название формулы Дарси [45], а степень проницаемости измеряется теперь количеством «дарси в час». Эта формула помогает объяснить четыре разных способа, которыми может быть улучшен показатель извлечения нефти из пласта, – или, как говорят специалисты, показатель повышения нефтеотдачи. Во-первых, если естественное давление нефти в пласте слишком низкое, чтобы заставить нефть подниматься на поверхность, можно повысить его, закачав воду, природный газ, азот или двуокись углерода [46]. Часто это самый простой способ повысить показатель извлечения нефти. Во-вторых, можно задействовать большую часть пласта, пробуриив горизонтальные каналы в стороны от основной скважины. В-третьих, можно сделать нефть менее вязкой или менее склонной оставаться в полостях нефтеносной породы (нефть удерживается там так называемой силой поверхностного натяжения жидкости). Один из способов достичь этого результата – закачать в пласт газ, в частности сжиженную двуокись углерода, чтобы он смешался с нефтью. Другой способ – нагревание нефти. Оно требуется для так называемой тяжелой нефти, которая встречается в нефтеносных песках Канады и Венесуэлы [47].

Наконец, в-четвертых, можно повысить нефтеотдачу за счет проницаемости нефтесодержащей породы. Это самый старый метод, используемый с первых дней существования нефтяной отрасли.

В 1865 г. полковник Эдвард Робертс учредил Roberts Petroleum Torpedo Company. До этого он три года участвовал в Гражданской войне и наблюдал, как артиллерийские снаряды, выпущенные армией конфедератов, взрывались, попадая в укрытия вдоль линии фронта. Он подумал: дробление нефтесодержащей породы может повысить извлечение нефти из скважины. Робертс наполнял порохом тонкие металлические трубки, опускал их в скважину и затем поджигал, благодаря чему удавалось повышать добычу нефти из скважины, пусть и совсем ненадолго. Позже предпочтительным взрывчатым веществом стал нитроглицерин. К сожалению, он нередко взрывался от неосторожного обращения, убивая и калеча людей [48].

Столь грубые методы перестали использовать с середины XX в. после создания технологии гидравлического разрыва пласта. Благодаря закачиванию жидкости (обычно смеси воды, химикатов и песка) в горные породы, содержащие нефть или газ, гидравлический разрыв значительно повышает проницаемость пород, в результате удается извлекать больше нефти или газа.

Сегодня эффективные методы повышения нефтеотдачи пластов очень востребованы. На некоторых месторождения неизвлеченной остается до 80 % нефти. На других же никакая добыча невозможна без гидравлического разрыва пласта – в частности, на американских месторождениях сланцевого газа и трудноизвлекаемой нефти.

Обычно дешевле разведывать и осваивать новые месторождения, чем пытаться выжимать максимум из давно эксплуатируемых. Однако в последние годы, когда цена на нефть резко поднялась, потенциал применения методов повышения нефтеотдачи также быстро вырос: по оценкам экспертов, за пять лет, то есть к 2009 г., потребность в них увеличилась в 20 раз.

«Пик нефтедобычи»

Добываемое количество нефти зависит не только от технологии, но и от прогнозируемых цен в будущем. Разумеется, они регулируются спросом и предложением. Однако существование Организации стран – экспортеров нефти (ОПЕК) – картеля, контролирующего около 40 % мировой добычи нефти, – означает, что предложение часто регулируется так, чтобы обеспечивать определенный уровень цен. Говоря простым языком, цены на нефть, по утверждению ОПЕК, не должны быть не только слишком низкими, чтобы подрывать экономику или вызывать внутренние беспорядки, но и чересчур высокими, чтобы ослаблять спрос или стимулировать слишком большое предложение стран, не входящих в картель. Цены постоянно изменяются в этих широких пределах на протяжении многих лет.

Разумеется, запасы минерально-сырьевых ресурсов не бесконечны, и поэтому всегда остается озабоченность тем, что мир может столкнуться с истощением запасов нефти. В 1956 г. американский геолог Марион Кинг Хабберт пришел к выводу, что мы скоро достигнем точки максимальной добычи нефти – так называемого пика нефтедобычи. Используя оценки будущего потребления и имеющихся запасов, он предсказал, что это событие произойдет где-то около 2000 г. [49].

Но 2000 г. наступил и прошел без «пика нефтедобычи». В действительности, он даже не просматривается на горизонте. И все потому, что мы разведываем запасы нефти быстрее, чем используем. А это происходит главным образом благодаря новым технологиям; мы обнаруживаем нефть на новых территориях и изобретаем методы повышения отдачи от разведанных месторождений. Повышение отдачи от последних всего на 1 % даст дополнительно около 90 000 000 000 баррелей, что эквивалентно приблизительно трехлетнему общемировому спросу. По мере совершенствования технологий процент извлечения нефти будет расти, а значит, и поставки продолжат увеличиваться. Я не вижу причин, по которым эта тенденция прекратилась бы в обозримом будущем, и на практике мы, вероятно, никогда не исчерпаем запасы нефти. Вероятнее, что просто прекратим использовать ее – задолго до того, как она кончится. Как говорил в 1970-х гг. шейх Ямани, бывший министр нефти Саудовской Аравии: «Каменный век закончился не потому, что у нас

закончились камни» [50].

Финансовые и технологические усилия, необходимые для добычи барреля нефти, необычайно велики. Еще труднее превратить нефть в бензин. Ведь из нее нужно выделить именно те типы углеводородов, которые обеспечат работу двигателя. После всех этих операций бензин по цене 4 долл. за галлон уже не покажется дорогим. Ведь, в конце концов, он даже дешевле бутилированной минеральной воды, подаваемой в дорогих ресторанах Нью-Йорка, Лондона или Флоренции. Несколько лет тому назад я испытал шок, когда мне предложили маленькую бутылку минеральной воды «Tennessee» по цене барреля нефти. А ведь разливать воду по бутылкам – не столь рискованный бизнес, как нефтедобыча.

Катастрофы продолжают случаться

24 марта 1989 г., когда я уже прощался с командой ВР, работавшей на Аляске, пришло тревожное известие. Нефтяной танкер «Эксон Вальдес» сел на рифы в проливе Принца Уильяма. Чтобы избежать встречи с айсбергами, судно пошло не по традиционному пути и наскочило на подводные скалы. Мы собирались лететь обратно в Анкоридж и решили немного изменить маршрут, чтобы пролететь над танкером. По мере того как прямо по нашему курсу начинал просматриваться затонувший танкер, мы видели, как из пробоины в борту выливается нефть, растекаясь вокруг черным пятном. Вскоре она покрыла площадь в 30 000 кв. километров.

Это не было первым или самым крупным крушением нефтяного танкера. Глядя через иллюминатор на «Эксон Вальдес», я думал об «Амоко Кадис», другом нефтяном танкере, севшем на мель у побережья Франции в 1978 г., и об «Атлантик Экспресс», столкнувшемся с другим кораблем недалеко от Тринидада и Тобаго в 1979 г. В промежутке между этими катастрофами в море вылилось 500 000 тонн нефти, а из «Эксон Вальдес» – «всего» 39 000 тонн. Однако на хрупкую северную экосистему впервые обрушилось такое количество нефти [51]. Штормы погнали огромное нефтяное пятно на скалистое побережье, что привело к загрязнению 2000 километров девственно чистой береговой линии и гибели 250 000 морских птиц. Погибло также много выдр и тюленей, а поголовье трески, ловлей которой занимаются местные жители, многократно уменьшилось. Фотографии пятен нефти на фоне белоснежных гор Аляски появились на первых страницах газет многих стран мира. Морских птиц, чьи измазанные нефтью перья слиплись, демонстрировали перед объективами фотокамер как живое напоминание об опасностях, сопряженных с добычей нефти.

Нефть – жидкость, и поэтому воспрепятствовать растеканию по любой поверхности очень трудно. В то же время и она, и сопутствующий ей газ огнеопасны и представляют серьезную угрозу для всего живого. 6 июля 1988 г., когда я находился по делам British Petroleum в Огайо, пришло сообщение об опасном инциденте на нефтяной платформе «Пайпер Альфа» компании Occidental Petroleum в Северном море. В результате серии взрывов газа платформа оказалась объята пламенем. Рабочие, уцелевшие при взрыве, попытались укрыться в задымленном жилом блоке. Другие же предпочли прыгнуть с высоты 60 метров в ледяную воду. Из 226 человек, находившихся на платформе на момент пожара, погибло 165. Этот инцидент стал серьезным сигналом: каждый сотрудник нефтяной отрасли осознал, что нечто подобное может произойти и с ним. После катастрофы на «Пайпер Альфа» многое было сделано для повышения безопасности в нефтяной индустрии, но

предпринятых мер не хватило, чтобы предотвратить самую ужасную трагедию, произошедшую в период моей работы в ВР. В марте 2005 г. при взрыве на нефтеочистительном заводе компании в Техасе погибло 15 и было ранено более 170 человек [52].

Не так давно, в апреле 2010 г., пузырь метана вырвался из глубоководной нефтяной скважины Макондо в Мексиканском заливе. Предохранительный клапан не сработал, и в результате газ поднялся до верхних секций буровой трубы и достиг буровой вышки «Дипуотер Хоризон». Там он воспламенился от случайной искры, и в результате взрыва погибли 11 человек. Нефть из скважины начала вытекать в море, что продолжалось почти три месяца. Я с отчаянием наблюдал за трагедией, а камеры, установленные на глубине 1500 метров, бесстрастно фиксировали непрерывную утечку нефти. Случай с Макондо стал первой техногенной катастрофой, за которой можно было наблюдать в режиме реального времени – включить телевизор и увидеть своими глазами, как нефть сплошным потоком вырывается в море.

Немалые риски связаны с добычей нефти. Даже учитывая уроки прошлых трагедий и используя передовые технологии, мы не можем их избежать. Так, в первое десятилетие нашего века происходило в среднем три крупных разлива нефти в год, в результате на поверхность вытекло более 700 тонн нефти. Беспрецедентная по масштабам авария на Макондо и последовавший за нею разлив служат горьким напоминанием о том, что, превышая возможности существующих технологий, мы подвергаем себя огромной опасности. В ретроспективе причина взрыва газа и разлива нефти кажется очевидной: сбои в работе техники плюс грубые ошибки. Но ни оборудование, ни действия людей не могут быть абсолютно надежными. И об этом мы должны обязательно помнить, когда пользуемся результатами нефтедобычи как чем-то само собой разумеющимся.

Новые технологии лежат в основе прогресса нефтяной индустрии, но это лишь часть истории. Нефтяной бизнес – один из самых жестоких и безжалостных в мире. Политические махинации с нефтью, личные амбиции, борьба компаний и стран за контроль над нефтяными запасами – и такие вещи этот вид углерода привносит в нашу жизнь. Особенно следует выделить одного человека, оказавшего наибольшее влияние на нефтяную индустрию.

Нефть дает власть

Джон Рокфеллер с неодобрением смотрел на первых добытчиков нефти. Посетив местечко Ойл Крик недалеко от скважины, пробуренной полковником Дрейком в Титусвилле, он ужаснулся – такая там царила атмосфера. Тысячи людей наводнили эту местность в надежде на удачу. Они несли с собой беспорядок, граничивший с хаосом, поскольку рыли колодцы везде, где могли купить землю. Никто толком не знал, где, когда и сколько нефти можно будет добывать, и цены менялись в немыслимых пределах. Вскоре нефть добывало так много людей, что в результате перепроизводства цены резко пошли вниз. Рокфеллер, владевший в то время нефтеочистительным заводом в Кливленде, решил: пришло время активных действий. В январе 1870 г. пять человек под предводительством самого Рокфеллера и его партнера Генри Флеглера основали компанию Standard Oil. Цель проста: объединить ведущие нефтяные компании Огайо, снизить избыток мощностей и взять под контроль хаотичный процесс установления цен, угрожавший бизнесу Рокфеллера. Он

проявил не меньшую смелость, чем первые проходчики недр, но он был также рационален, расчетлив и сдержан. Еще в детстве он осознал важность экономии от эффекта масштаба: покупал леденцы фунтами, а затем выгодно продавал их меньшими порциями сводным братьям и сестрам. Рокфеллер понимал также, что обеспечивает стабильность. Он интегрировал собственные поставки нефти со своей системой дистрибуции и создал инфраструктуру доставки, сначала изготавливая железные бочки, а затем покупая нефтепроводы, танкеры и железнодорожные цистерны. Рокфеллер усилил конкурентную позицию Standard Oil и защитил ее от других игроков рынка. Объем операций Standard Oil был столь велик, что Рокфеллер добился скидок от независимых железнодорожных и судовых компаний, что еще больше подрывало позиции конкурентов.

Рокфеллер вел бизнес безжалостно, его тактика часто требовала закулисных маневров. Если конкурент не соглашался продавать бизнес, то Рокфеллер заставлял его «хорошенько попотеть», снижая цены на нефтепродукты на конкретном рынке и вынуждая конкурирующую фирму работать себе в убыток [53]. Оказавшись в безвыходном положении, владелец конкурирующей фирмы продавал ее Рокфеллеру за полцены. Одного за другим Рокфеллер выводил конкурентов из игры. В Кливленде Standard Oil менее чем за два месяца приобрела и закрыла 22 из 26 фирм. К 1879 г. она контролировала в США 90 % мощностей по переработке нефти и значительную часть нефтепроводов и других средств доставки нефтепродуктов.

Американское общество считало Standard Oil могущественной, хитрой и беспощадной. Операции компании были совершенно непрозрачными и никому не подотчетными. Standard Oil не сумела осознать, до какой степени негативно относится к ней общество. В 1888 г. один из высших руководителей компании написал Рокфеллеру в манере, которая иногда копируется и нынешними лидерами бизнеса: «Я думаю, что антитрестовская лихорадка – безумие, на которое мы должны реагировать достойным образом, отвечая на каждый вопрос абсолютно правдиво, но без конкретных фактов» [54]. В 1911 г. Standard Oil была разделена на несколько компаний в соответствии с антитрестовским законом Шермана [55].

Учитывая вред, который Рокфеллер причинял своим рабочим, их семьям и другим компаниям отрасли, он приобрел репутацию барона-разбойника, стремящегося только к личной выгоде. Американская журналистка Ида Тарбелл написала: «Вряд ли он хоть раз после 1872 г., участвуя в гонке с конкурентами, честно стартовал вместе со всеми» [56]. Тарбелл верила, что Рокфеллер пал «жертвой страсти к деньгам, не позволявшей ему видеть другие стороны жизни» [57]. И действительно: в 1916 г. он стал первым отмеченным миллионером в мире [58].

Однако прочные религиозные убеждения Рокфеллера вынуждали его к противоречивым действиям: он решил отказаться от значительной части принадлежащих ему средств. Как филантроп Рокфеллер проявил исключительную дальновзоркость. В 1882 г., когда идея высшего образования для женщин и чернокожих вызывала неодобрение многих американцев, он финансировал школу для чернокожих женщин. Он полагал, что филантропическая деятельность «осуществляется на более-менее случайных принципах», и пытался сделать ее более эффективной [59]. Используя деловой подход к каждому потенциальному бенефициару и стараясь никогда не давать столько, чтобы породить зависимость от своих даров, он хотел побудить бедных строить жизнь самостоятельно и писал: «Если вместо раздачи милостыни можно что-то сделать для устранения причин нищеты, то удастся достичь чего-то действительно более широкого, глубокого и ценного» [60]. Он был в авангарде движения

сторонников «самосовершенствования».

Примерно так же, как Рокфеллер, ведут себя сегодняшние российские олигархи. Они аккумулировали богатства в сходных масштабах, причем многие начинали путь наверх в неблагоприятных условиях. Они также добывали деньги мошенническими или несправедливыми методами [61]. И, подобно Рокфеллеру, некоторые олигархи готовы теперь частично или полностью отдать накопленное обратно обществу [62]. Но такого поворота нельзя было предвидеть в момент моих первых встреч с ними на заре «дикого восточного» капитализма в 1990-х гг.

Нефтяные риски и выгоды для России

18 ноября 1997 г. в присутствии британского премьер-министра Тони Блэра и первого заместителя министра энергетики России Виктора Отта я подписал контракт на сумму около 600 млн долл. с Владимиром Потаниным, одним из самых крупных российских бизнесменов [63]. Сделка предусматривала покупку 10 % акций нефтегазовой компании СИДАНКО и была первой попыткой British Petroleum начать работать в России. Внешне Россия изменилась в лучшую сторону с момента моего первого посещения в апреле 1990 г., но по-прежнему оставалась страной беззакония, и никто не мог предсказать, в каком направлении пойдет дальнейшее движение. Подписав соглашение в Лондоне на Даунинг-стрит, 10, и обрета «крестных отцов» в лице Блэра и Отта, ВР надеялась защитить себя от крупных неприятностей.

Достичь соглашения было непросто. В условиях хаоса после распада Советского Союза объемы производства нефтяных и металлургических компаний резко сократились. Лишенное средств правительство попыталось продать их фирмам и частным лицам в обмен на кредиты. В результате семь частных лиц приобрели множество государственных активов по бросовым ценам, главным образом по печально известной схеме «залоговых аукционов», получивших название «распродаж века» [64]. Эти семеро стали называться олигархами; они оказались достаточно решительны и удачливы, чтобы сорвать колоссальный куш. Потанин – один из них, и тогда его империя контролировала около 10 % российского ВВП.

Летом 1998 г. ВР стала замечать, что нефтяные месторождения СИДАНКО, контролировавшиеся мелкими дочерними предприятиями компании, начали постепенно исчезать. Новый закон о банкротстве, принятый в начале года, использовался для приобретения активов по заниженным ценам. Директор одной из дочерних фирм СИДАНКО выпустил краткосрочное долговое обязательство. Затем оно было выкуплено третьим лицом. По истечении срока обязательства новый владелец потребовал денег, но директор отказался возвращать долг. Тогда третье лицо обратилось в суд с требованием признать ответчика банкротом, не поставив об этом в известность ВР. Третье лицо, выиграв дело, получило дочернюю фирму по многократно заниженной цене, а директор – щедрое вознаграждение за участие в махинации.

В ноябре 1999 г. ВР узнала: СИДАНКО лишилась крупнейшего актива, «Черногорнефти», обеспечивавшей три четверти объема производства компании. Месторождение было продано на аукционе по той же процедуре фиктивного банкротства Тюменской нефтяной компании (ТНК). К тому времени ВР потеряла большинство начальных инвестиций, но, позволив выдавить себя из России, она почти наверняка не смогла бы

вернуться туда снова. Россия оказалась слишком важной, и поэтому ВР была вынуждена играть в «игру ТНК». Чтобы выкупить долг СИДАНКО, ТНК взяла много денег в долг, и ВР проследила поступление заемных средств из нескольких западных банков. ВР объяснила заимодателям, что предоставляемые ими кредиты используются в коррупционных схемах. Постепенно кредитные средства иссякли. Когда они закончились, Михаил Фридман, главный акционер ТНК, вступил в контакт с ВР.

Оказалось, что, как часто бывает в конфликтных ситуациях, «воровство» активов СИДАНКО не совершенно очевидно. Фридман стремился реализовать свои законные права как одного из первых акционеров, доля которого была несправедливо приобретена Потаниным за малую часть действительной стоимости. Власть Потанина ослабла в результате финансового коллапса в России в 1998 г., и поэтому Фридман решил воспользоваться преимуществом. В конце концов British Petroleum пришла к соглашению с Фридманом: компания получала обратно свои активы и половину ТНК в обмен на инвестиции в 8 млрд долл. Казалось, что ВР прочно утвердилась в России. Однако уже в конце 2012 г. компания и ее партнеры были готовы продать ТНК-ВР с приличной прибылью контролируемой государством нефтяной компании «Роснефть». Так менее чем через два десятилетия «продажа века» повторилась в обратном направлении.

Олигархи становились все более успешными и влиятельными. Со временем они захотели защитить свои состояния и от государства, которое могло бы толковать законы для своей выгоды, и от простого воровства. В этом отношении они походили на американских баронов-разбойников XIX в. Они использовали политическое влияние, чтобы как можно дольше сохранять власть. Как показала история, добыча нефти приводит к концентрации власти и богатства в руках узкого круга людей. Даже после того как в 1911 г. был побежден «дракон» Standard Oil, власть, предоставленная нефтью, продолжала оставаться в руках немногих [65].

Om Standard Oil к «семи сестрам»

В первой половине XIX в. «семь сестер», то есть три крупнейших фрагмента Standard Oil, ее американские конкуренты Техасо и Gulf и европейские компании British Petroleum и Royal Dutch Shell контролировали добычу нефти на крупнейших месторождениях [66]. Действуя как картель, они уважали рынки друг друга и устраняли конкурентов – почти так же, как Рокфеллер в США.

«Семь сестер» получали поддержку от своих правительств. В 1914 г. Уинстон Черчилль, тогдашний первый лорд Адмиралтейства, приобрел для британского правительства контрольный пакет Англо-Иранской нефтяной компании, чтобы обеспечить надежное снабжение топливом британского военно-морского флота. А правительство США попросило свои нефтяные компании заключить на Ближнем Востоке соглашения, противоречившие тем самым законам, которые использовались для разделения Standard Oil.

Начальный успех British Petroleum и Royal Dutch Shell зависел от разведки нефтяных месторождений в Британской и Голландской империях. Хотя после Второй мировой войны они постепенно распадались, колониальные отношения сохранились, и «семь сестер» по-прежнему обладали значительной властью над странами – экспортерами нефти вплоть до 1940-х гг.

Баланс власти начал изменяться в пользу нефтедобывающих стран, когда Венесуэла заключила первую сделку «50 на 50» в 1943 г. В соответствии с новым законом о нефти нефтяные доходы государства должны были равняться прибыли после уплаты налога и величине роялти любой работающей в Венесуэле нефтяной компании. Принцип «50 на 50» вскоре распространился по всему Ближнему Востоку и стал стандартной практикой в глобальной нефтяной индустрии. Но многие экспортирующие нефть страны хотели большего: ведь нефть принадлежала им, и поэтому они полагали, что должны получать львиную долю прибыли.

Принцип «50 на 50» был в конце концов нарушен в 1957 г., когда Энрико Маттеи, президент итальянской нефтегазовой компании ENI, согласился на беспрецедентное разделение в пропорции 25:75 между ENI и Ираном. Италия хотела иметь долю в новых гигантских месторождениях нефти на Ближнем Востоке, открытых в 1960-х гг. и получивших название «слонов». Маттеи с иронией относился к связям между крупными международными нефтяными компаниями и хотел ослабить их положение на мировом рынке. Стремясь получить доступ к нефтяным месторождениям, он заключил сделку, на которую не соглашалась ни одна нефтяная компания.

Ослабление «семи сестер» наряду с неожиданным обнаружением огромных новых запасов нефти создало для компаний возможность активно включиться в игру. Рост числа новых месторождений привел к избытку нефти на рынке. Неспособные конкурировать с дешевой советской нефтью, компании начали снижать цену, которую готовы были платить («официально объявленная цена»), но это также подрезало доходы стран-экспортеров.

В ответ на сложившуюся ситуацию в сентябре 1960 г. пять крупных нефтедобывающих стран основали ОПЕК. Они надеялись взять под контроль мировые цены. Однако предложение нефти превышало спрос, и компании, контролировавшие рыночные площадки, относились к странам-экспортерам с пренебрежением. Соперничество внутри ОПЕК делало установление цены еще более трудным, и потому в следующем десятилетии нефть продолжала дешеветь [67]. ОПЕК не смогла не только поднять цену, но даже сохранить ее на прежнем уровне.

В 1970-х гг. спрос сравнялся с предложением. Осознав обретенную власть, страны ОПЕК начали использовать «нефтяное оружие».

Надежны ли поставки?

Шестого октября 1973 г. коалиция арабских государств во главе с Египтом и Сирией осуществила неожиданное нападение на Израиль, начав войну в еврейский священный праздник Йом Кипур. Выбрав для атаки день религиозного поста, арабские войска надеялись захватить израильтян врасплох. Израильская армия была сильна, но военачальники неверно рассчитали срок, на который ей должно было хватить запасов вооружения. Когда в сражениях с арабскими войсками, поддержанными Советским Союзом, запасы вооружений стали подходить к концу, израильтяне обратились за помощью к США и вскоре получили ее.

В ответ на поддержку Америкой Израиля арабские страны из ОПЕК сократили добычу нефти на 5 % относительно уровня сентября того же года. Затем они объявили о намерении снижать добычу еще на 5 % каждый месяц, с тем чтобы усиливать давление на США.

Постоянное снижение поставок нефти сдерживало развитие американской экономики.

Война продолжалась, и в конце октября президент Никсон заявил о предоставлении военной помощи Израилю на сумму 2,2 млрд долл. Саудовская Аравия, крупнейший в то время экспортер нефти, объявила о полном эмбарго на поставки нефти Соединенным Штатам. Другие арабские страны вскоре последовали ее примеру.

Цены мгновенно взлетели до 50 долл. за баррель в сегодняшних деньгах, достигнув наивысшего уровня со времен нефтяной лихорадки конца XIX в.

Повышение цены подкреплялось заявлением ОПЕК о намерении взять под полный контроль официальную мировую цену на нефть и поднять ее еще на 70 %. Все это послужило причиной серьезной озабоченности бесперебойными поставками нефти.

В то время я жил в Нью-Йорке и занимался вопросами нефтедобычи на Аляске. Заявление ОПЕК ввергло город в состояние хаоса. Очереди у бензоколонок растянулись на несколько кварталов, люди переезжали от одной заправки к другой. Даже при почти полных баках они были готовы несколько часов простоять в очереди, чтобы запастись под завязку: а вдруг завтра бензина не будет вовсе? Эмбарго подтолкнуло Америку к решительным действиям: в январе 1974 г. пришло долгожданное разрешение на строительство нефтепровода между гигантским нефтяным месторождением в заливе Прюдо на севере Аляски и терминалом Вальдес на юге [68]. Нефтепровод заработал в 1976 г., и в пиковые периоды (1988) по нему перекачивали более 2 000 000 баррелей в день, что составляло около 12 % потребности США в сырой нефти.

Нефтяной кризис 1973 г. положил начало новым отношениям между теми, кто добывал нефть, и теми, кто ее потреблял. Нефть перестала быть ресурсом, обильные поставки которого всегда гарантированы. Теперь она превратилась в политическое оружие, жизненно важный стратегический продукт и причину частых кризисов глобальной экономики. Следующий из кризисов возник в результате революции в Иране (1978). Иран в ту пору добывал 20 % мировой нефти, и, когда поставки прекратились, цена на сырье снова выросла.

Богатые иранские месторождения послужили причиной ирано-иракской войны 1980-х гг. и вторжения Ирака в Кувейт в 1990 г. Обеспокоенный большими запасами нефти у соседнего Ирана, Саддам Хусейн хотел усилить мощь Ирака, и одним из способов оказалось увеличение собственных нефтяных резервов. Когда Ирак вторгся в Кувейт в августе 1990 г., многие нефтяные скважины перестали работать, и поставки нефти вновь оказались нарушены. Через несколько месяцев иракская армия отступила под ударами войск коалиции во главе с США, но перед этим она подожгла нефтяные скважины, что вызвало длительный перерыв в поставках нефти. Мы все хорошо помним фотографии высоких столбов черного дыма, поднимающихся из горящих нефтяных скважин в Кувейте. British Petroleum давно занималась добычей кувейтской нефти и поэтому, будучи в то время единственным обладателем информации о местных месторождениях, активно участвовала в ликвидации последствий пожаров [70]. В конце того же года я посетил Кувейт и проехал по тамошним нефтяным месторождениям. Огонь только недавно был потушен, и груды искореженного и расплавленного металла – вот все, что осталось от нефтяных вышек. Черного цвета пустыня выглядела так, как будто ее кто-то заасфальтировал.

Нестабильность политической ситуации, рост спроса на нефть и усиление контроля ОПЕК привели к сохранению высоких нефтяных цен на протяжении 1970-х гг. Однако высокие цены также стимулировали увеличение инвестиций в разведку и добычу черного золота. Они принесли плоды, и к середине 1980-х гг. появились новые источники поставок. Вкупе с общим экономическим спадом они привели к падению цен до очень низкого уровня,

сохранившегося в 1990-е гг. Это стало для нефтяных компаний новым испытанием.

Чтобы выжить в сложившихся условиях, нужно было консолидировать отрасль и извлечь выгоду из эффекта масштаба. British Petroleum была слишком мала. Если бы она не приобрела другую компанию, то просто оказалась бы поглощенной кем-то другим. Я начал переговоры с Ларри Фуллером, председателем совета директоров и президентом Амосо, и в августе объявил о слиянии BP и Амосо, что вызвало волну слияний в нефтяной отрасли. Еххон слилась с Mobil, Chevron с Техасо, Conoco с Phillips и Total с Fina и Elf [71]. В 1998–2002 гг. отрасль претерпела самые серьезные изменения с момента разделения Standard Oil Trust в 1911 г. Самая заметная сделка – слияние Еххон и Mobil – объединила две крупнейшие компании на период до 1991 г., когда союз распался. Новый масштаб операций повысил эффективность, надежность и напористость недавно образованных гигантов. Теперь они могли конкурировать с государствами и правительствами и браться за более сложные в техническом отношении проекты. Ведь большее количество баррелей минимизировало риски.

В 1990-х гг. цены оставались низкими, и национальные нефтяные компании (ННК) не были уверены в своей конкурентоспособности. Размер супергигантов и их огромный опыт делали их бесценными партнерами для нефтедобывающих стран. Но сегодня увеличение размеров ННК и повышение цен на нефть вновь изменили баланс власти в пользу стран, обладающих большими запасами. Во всем мире нефтедобывающие страны передают зарубежным гигантам все меньшую долю запасов. В Боливии государство полностью вернуло себе все месторождения, в Венесуэле правительство переписало действующие контракты, чтобы поставить нефтедобычу под контроль национальных компаний. Недавно и в Аргентине контрольный пакет акций бывшей государственной энергетической компании YPF был отобран у испанской Repsol.

Отношения между супергигантами и нефтедобывающими странами часто становятся напряженными: одна сторона несет ответственность перед своими акционерами, другая – перед своими гражданами. Каждая хочет получить максимально возможный доход, и ответ на вопрос, кто и что получит, зависит от того, кто какой властью обладает.

Проблема ренты Рикардо

В 1999 г. я приехал в Лондон и поселился в отеле Claridge's, где должен был встретиться с Уго Чавесом, президентом Венесуэлы с декабря предыдущего года. Я был преисполнен надежд. Чавес не раскрыл деталей своих планов по развитию нефтяной промышленности страны, но заявил, что считает сохранение притока зарубежных инвестиций жизненно важным для Венесуэлы.

С 1993 г., во времена президентства Карлоса Андреса Переса, а позднее Рафаэля Кальдеры, международные нефтяные компании приглашали вернуться в страну в рамках политики придания венесуэльской экономике большей открытости (l'apertura) [72]. Новый глава государственной нефтяной компании Petroleos de Venezuela SA (PDVSA) Луис Хусти играл в этом ключевую роль, разумеется, так же как и исполнительный директор BP Питер Хилл. На протяжении нескольких лет сохранялся постоянный приток зарубежных специалистов и капиталов. Размеры инвестиций составили миллиарды долларов; добыча нефти на пришедших в упадок венесуэльских месторождениях стала расти. PDVSA и

международные нефтяные компании с оптимизмом смотрели в будущее.

С первых минут встречи с Чавесом стало ясно: скоро все изменится. Свою речь он начал с рассуждений о «зле, которое творят иностранные нефтяные компании» [73]. По словам Чавеса, мы продолжали дело тех, кто веками разграблял природные богатства Южной Америки. Для остального мира сам Чавес символизировал новый «ресурсный национализм».

Конфликт между частными нефтяными компаниями и нефтедобывающими странами разворачивается вокруг вопроса о ренте; эта концепция впервые была сформулирована Дэвидом Рикардо в начале XIX в. [74]. Согласно закону ренты, земля приобретает ценность исходя из ее «природной щедрости». Венесуэла традиционно была сельскохозяйственной страной, производившей какао, кофе и сахар. Их низкая стоимость могла обеспечить существование немногочисленному бедному населению; земля как таковая признавалась малоценной. Открытие запасов нефти в Венесуэле в начале XX в. произвело переворот в экономике страны. Цена на нефть была достаточно высокой, чтобы после вычета производственных издержек и разумной прибыли инвесторам оставалась еще приличная сумма. Этот избыток определяется как рента, то есть внутренняя ценность земли.

Кто должен получать ренту и в какой пропорции? Компании, добывающие нефть, или государство, владеющее землей? Обе стороны заявляли свои претензии. Нефтяные компании берут на себя большие риски, связанные с разведкой и добычей нефти в зарубежных странах: например, на Аляске British Petroleum едва не прекратила изыскательскую деятельность, понеся огромные убытки в результате бесплодных десятилетних усилий по поиску месторождений. С другой стороны, земля с ее «природной щедростью» находится в собственности государства, и оно хочет получить максимально возможную выгоду. Компании приглашают для поиска и освоения месторождений, и в идеале правила, по которым они работают, неизменны. Однако опыт показывает: когда появляется нефть, государство начинает усиливать давление. Инвестиции заканчиваются, и компании остаются незащищенными. В редких случаях государство отказывается от подобных тактик, чтобы не отпугнуть других инвесторов. В конце концов компании уходят, забирая с собой высококвалифицированный персонал, накопленный опыт и инвестиции.

Прогрессивные реформы в нефтяной индустрии, проведенные Хусти и Пересом в начале 1990-х гг., позволили преодолеть экономический спад 1980-х гг., но действия Чавеса прервали процесс экономического оздоровления страны [75]. Когда Чавес в 1998 г. пришел к власти, то сразу же объявил Хусти «дьяволом, продавшим душу Венесуэлы империалистам». Теперь государство хотело получать всю ренту. PDVSA быстро стала «денежным ящиком» государства. Поскольку финансовый контроль за деятельностью компании осуществляло правительство, то государство могло теперь делать все, что хотело. После забастовки, организованной его политическими противниками, Чавес уволил почти половину персонала. Многие из его сторонников, главным образом военные, заняли руководящие посты в PDVSA.

С момента избрания Чавеса президентом в 1997 г. добыча нефти в Венесуэле снизилась на 20 % с 3 500 000 до 2 700 000 баррелей в день. К счастью, рост цен на нефть работал в пользу Чавеса, сглаживая последствия падения объемов добычи. Но он лишился опытных специалистов и инвестиций, что серьезно замедлило разведку месторождений и лишило граждан Венесуэлы и остального мира части преимуществ, которые могла бы предоставить венесуэльская нефть.

Сходная картина наблюдалась и в Ливии после того, как полковник Каддафи провел

серию экспроприаций в 1970-х гг. Около 30 лет тому назад я посетил его шатер. Тогда он спросил меня, почему его страна лишилась всех ценных специалистов в нефтяной отрасли и почему добыча нефти в Ливии падает. Он восхищался другими африканскими странами. Ему хотелось, чтобы в Ливии было так же. Он видел, что даже после национализации части активов зарубежных нефтяных компаний [76] там сохранились ценные кадры, но не мог понять одного: люди бегут из страны, когда ничего своего у них не остается.

Чтобы добыча нефти оставалась устойчивой и осуществлялась с помощью современных технологий, между государством и частными компаниями должно сохраняться долгосрочное сотрудничество. Глобализм и национализм часто оказываются несовместимы. Правильный баланс между крайностями принесет выгоды от использования природных ресурсов всем сторонам. Когда отношения между государством и иностранным бизнесом принимают конструктивные формы, это позволяет успешно добывать нефть и для удовлетворения глобального спроса, и для обогащения нефтедобывающей страны. И об этом нужно помнить постоянно. Вчерашние Венесуэла и Ливия – не примеры для подражания, что стоит помнить африканским странам, новым экспортерам нефти.

Проклятье или благо

«Я называю нефть экскрементами дьявола. Она приносит горе. Взгляните на это безумие – растрата ресурсов, коррупция, государственные службы разваливаются. И долги, долги, которые мы будем иметь еще многие годы» [77]. Что же могло побудить Хуана Пабло Переса Альфонсо, одного из основателей ОПЕК, так выразиться? В 1948 г. Альфонсо впервые договорился о разделении ренты между международными нефтяными компаниями и государством в пропорции 50:50, что значительно увеличило государственную долю. Но с тех пор ему не раз приходилось наблюдать пагубное влияние нефтяного изобилия на венесуэльскую экономику и общество.

Джон Д. Рокфеллер всегда считал: «Нефть – как деньги» [78]. Легкое обогащение порождает самодовольство, а без достаточных усилий к достижению экономических успехов инновационность и конкурентоспособность снижаются. Время уходит на споры о доходах, а не на развитие. К тому же экономика, основанная на добыче нефти, крайне неустойчива: при высокой цене она процветает, но при обвале рушится. Алан Гринспен, один из лучших руководителей центральных банков нашего времени, прекрасно осознавал деформирующие эффекты нефти, говоря, что посоветовал бы лидеру любой африканской страны, в которой нашли нефть, забыть о ней и постараться скрыть эту новость.

Потенциал развития богатой нефтью страны может быть еще более ограничен при коррумпированной системе государственного управления, когда доходы от ренты никогда не попадают к рядовым гражданам. Такая система возникает в период гражданских войн или после ухода из страны бывших колониальных властей. Коррумпированные лидеры могут сохранять богатство и могущество, контролируя ключевую инфраструктуру. Им не нужно уделять никакого внимания экономике или заботам о гражданах. В этом заключается суть «нефтяного проклятия» [79].

В начале 1990-х гг. я посетил Анголу для обсуждения возможного участия страны в добыче нефти на морском шельфе [80]. Проезжая по улицам разрушенной в войну столицы Луанды, я убедился: очевидная бедность населения свидетельствует, что Ангола стала

жертвой «нефтяного проклятия». Гражданская война разразилась в Анголе сразу после освобождения страны от двухвекового владычества португальских колонизаторов. Война началась в 1975 г. и продолжалась с перерывами до 2002 г. Вооруженная борьба шла между двумя основными политическими силами: социалистическим Народным движением за освобождение Анголы (МПЛА) и антикоммунистическим Национальным союзом за полную независимость Анголы (УНИТА).

Ангола обладает огромными запасами полезных ископаемых, особенно нефти и алмазов (чистая форма кристаллического углерода) [81]. В начале конфликта УНИТА захватила самые богатые ангольские месторождения алмазов, а МПЛА получила контроль над нефтяными месторождениями. Две формы углерода, источники огромного богатства, обеспечивали две разные политические силы, воевавшие друг с другом. На первый взгляд, алмазы и нефть – только средства вести войну. Однако богатство и власть, которые они предоставляли обеим сторонам конфликта, делали их причиной продолжения боевых действий. Граждане Анголы, непосредственно затронутые конфликтом, впали в ужасающую нищету.

В 1998 г. британская неправительственная организация Global Witness опубликовала убийственный доклад о влиянии нелегальной торговли алмазами на продолжение военного конфликта в Анголе [82]. В докладе утверждалось: «Международное сообщество... стало соучастником преступлений алмазных баронов», помогающих УНИТА перевооружаться для продолжения войны, которая только в середине 1990-х гг. унесла около полумиллиона жизней [83]. Алмазы могут использоваться для сокрытия огромных богатств и, при отсутствии документальной регистрации сделок, бесконтрольно переходить из одних рук в другие. Запреты ООН на продажи часто нарушались, а компании-нарушители никак не наказывались. В частности, Global Witness называла в их числе De Beers, контролирующую около 80 % мировой торговли алмазами [84].

На следующий год Global Witness опубликовала еще один доклад о нефтяной индустрии Анголы [85]. Нефть оставалась главным источником валюты в стране и на тот момент обеспечивала 90 % доходов государства. Global Witness сообщала: значительная часть богатства присваивается коррумпированными чиновниками, а не используется для восстановления страны. Она предложила, чтобы ВР пошла на решительный шаг и опубликовала все данные о выплатах ангольскому правительству в соответствии с заключенными ранее контрактами. И ВР так и поступила.

Обеспечив прозрачность финансовых потоков и возможность тщательного анализа, ВР надеялась вынудить правительство Анголы использовать нефтяные доходы на нужды населения. В долгосрочной перспективе это могло бы ограничить размер налогов, которые пришлось бы платить ВР: если бы правительство использовало деньги разумно, оно не обращалось бы к компании за дополнительными средствами. Было ясно: чтобы сделать подобную практику устойчивой, ее нужно ввести во всех странах. Поэтому я обсудил этот вопрос с Тони Блэром, согласившимся поддержать наше начинание. В 2002 г. на Всемирном саммите по устойчивому развитию в Йоханнесбурге Блэр выступил с инициативой по обеспечению транспарентности ^[2] в добывающей промышленности (EITI). Он предложил механизм, поощряющий страны публиковать данные о выплатах, полученных от нефтяных, газовых и горнодобывающих компаний. Поощрение правительств к сотрудничеству имело важнейшее значение. Но независимо от того, сколько компаний публикуют финансовые отчеты, программа повышения транспарентности эффективна лишь в том случае, если

правительства также публикуют отчеты о расходах и возможно провести необходимое сравнение. Только тогда получится тщательно проверить финансовые данные [86].

Инициатива, выдвинутая Блэром, обеспечивает лишь частичное решение проблемы нефтяного проклятия, от которой страдают Венесуэла, Ангола и другие страны. В любом случае стремление обеспечить финансовую транспарентность – необходимое условие дальнейшего прогресса. Имеется много возможностей, чтобы сделать в этом направлении еще больше [87]. Например, в выступлении Блэра не были рассмотрены вопросы о том, как оплачивать контракты на разведку и освоение месторождений. Коррупция часто проявляется в более тонких формах, чем простое присвоение государственных средств. Чиновники могут заключать контракты с менее квалифицированными компаниями, если рассчитывают на значительные «откаты».

Инициативы по повышению транспарентности на данный момент добровольны. Но они должны стать обязательными, чтобы никто и нигде не мог скрывать свои действия. Компаниям необходимо предоставлять подробную информацию о выплатах иностранным правительствам, чтобы тамошние граждане знали, куда идут деньги от добытых на их территории природных ресурсов [88]. Тогда, возможно, нефть станет всеобщим благом [89].

Будущее нефти

Обнаружение и освоение новых месторождений и более полное извлечение нефти из старых по-прежнему имеют важнейшее значение, так как спрос на нефть, по-видимому, продолжит расти. Ожидается, что за следующие 25 лет он увеличится с 88 000 000 до 100 000 000 баррелей в день, главным образом вследствие быстрого роста числа грузовиков и личных автомобилей в странах Азии. Достаточная диверсификация поставок и резервные мощности для увеличения добычи в случае необходимости, вероятно, снизят наши тревоги по поводу возможного нефтяного дефицита. Остальное определит геополитика, прежде всего долю ренты, получаемой правительствами, и стимулы для специалистов, способных организовать добычу.

Недавно произошло одно замечательное событие, которое наверняка поспособствует ослаблению озабоченности Запада по поводу поставок нефти. То, что началось как революция в добыче природного газа, быстро распространилось и на добычу нефти.

Мыс Галеота Пойнт в юго-восточной части острова Тринидад – место обитания многих видов фауны региона; тропическая экосистема мыса служит важным «пит-стопом» для птиц на пути через акваторию Карибского бассейна. Но там же, на морском шельфе, находится и одно из самых крупных углеводородных месторождений Тринидада.

В мае 2004 г. Патрик Мэннинг, премьер-министр Тринидада и Тобаго, с вертолета показывал мне здешние панорамы. Наша остановка состоялась в центре острова, где имелись обширные выходы битума на поверхность. Чернильно-черные пятна резко выделялись на фоне тропического пейзажа, что указывало на большие запасы нефти и газа. На территории Тринидада имелось несколько «жемчужин», приобретенных ВР после недавнего слияния с Атосо, и я прилетел, чтобы гарантировать продолжение успешной работы компании в регионе. ВР открыла несколько крупных газовых месторождений в конце 1990-х – начале 2000-х гг., включая первое глубоководное у берегов Тринидада.

Природный газ состоит главным образом из молекул метана. Они образованы из одного атома углерода, соединенного с четырьмя атомами водорода. Метан, простейшая связь углерода с водородом, – один из самых изобильных источников энергии на планете. Мэннинг хотел сделать так, чтобы этот недавно открытый источник природного богатства использовался бы на благо его народа.

Тринидад жестоко эксплуатировался бывшими колониальными хозяевами: первые испанские конкистадоры обосновались на острове в XVI в. Великобритания осуществляла контроль над островами с начала XVIII в. и вплоть до получения ими независимости в 1962 г. Хищнические методы ведения сельского хозяйства постепенно приводили к деградации природного ландшафта. Все больше рабов привозили из Западной Африки для уборки сахарного тростника. Как объяснил мне позднее Мэннинг, местные жители экспортировали сахар, но не могли позволить себе импортировать изготовленные из него кондитерские изделия.

После открытия на Тринидаде нефти в 1986 г. экономические перспективы страны заметно улучшились. По всему острову оказались разбросано множество пустых бочек из-под нефти, что дало импульс для развития специфической карибской культуры стальных барабанов^[3]. Затем в конце 1950-х гг. на Тринидаде началась добыча газа, использовавшегося для производства аммиака, необходимого для получения минеральных удобрений. В 1970-х гг. новые месторождения обеспечили возможность дальнейшего развития газовой индустрии. Правительство страны хотело использовать газ на острове, а не экспортировать за рубеж, и вскоре началось успешное развитие энергоемких отраслей.

Зависимость благополучия страны от добычи нефти и газа породила свои проблемы. Падения и взлеты экономики Тринидада прочно зависят от волатильных цен на нефть: экономика процветала в 1970-х гг. в период высоких цен и едва дышала в 1980-х гг., когда на рынке возник переизбыток нефти. Кроме того, неэффективная работа местных химических предприятий ввергла экономику страны в глубокую рецессию.

Когда я разговаривал с Патриком Мэннингом в 2004 г., он занимал пост премьер-министра уже во второй раз. Его первый срок пришелся на начало 1990-х гг., когда газовая промышленность острова стремительно развивалась. Вскоре стало ясно, что газ – самый мощный сырьевой ресурс острова, так как добыча нефти достигла пика еще в 1978 г.

Опасаясь бремени нефтяного проклятия, Тринидад решил активнее использовать газ для развития энергоемких отраслей и построить новые предприятия по производству аммиака, стали и метанола, чтобы экспортировать эту продукцию на рынок США. В 2004 г., после открытия новых газовых месторождений, Мэннинг снова был настроен перерабатывать природные ресурсы у себя в стране. British Petroleum продолжала оказывать поддержку Тринидаду, вовлекая местную экономику в реализацию своих проектов: платформа для добычи газа, введенная в эксплуатацию в 2006 г., была в основном построена на Тринидаде с использованием местных трудовых и промышленных ресурсов [90]. Обеспечить экономический рост и защитить природу в районах месторождений – так формулировала свою миссию BP. Если бы местное население видело, что природе наносится ущерб, а люди не получают преимуществ, то протесты общественности быстро вынудили бы компанию уйти из страны.

Но Тринидад – маленький остров. Объемы месторождений позволяют и экспортировать, и использовать газ для поддержки местной промышленности. Во время нашей встречи Мэннинг поделился планами создания Всекарибского политического союза, в котором он продавал бы газ в обмен на другие аграрно-сырьевые товары Карибского региона. Но даже у соседей Тринидада спрос на газ был относительно невелик, и поэтому Тринидад с надеждой смотрел на США. Проблема заключалась в том, как доставлять газ с низкими издержками.

Сжиженный газ

Объем природного газа, необходимого для производства единицы энергии, всегда выше объема жидкой нефти, необходимой для производства того же количества энергии [91]. Следовательно, передача энергии газа на расстояние всегда очень затратна. Частичное решение проблемы нашли в середине XX в., разработав технологию сжижения природного газа и превращения его в так называемый СПГ – сжиженный природный газ [92]. В результате сжатия и последующего пропускания через небольшие клапаны газ охлаждается – так проявляется эффект Джоуля–Томсона [93]. В результате неоднократного повторения процесса газ охлаждается до температуры $-107,78^{\circ}\text{C}$, вследствие чего превращается в жидкость. При этом объем уменьшается в 600 раз относительно исходного состояния, что делает транспортировку СПГ экономически рентабельной. Однако сжижение газа – очень затратный процесс: средняя установка по сжижению газа потребляет столько же энергии, сколько 2 000 000 бытовых холодильников, стоит миллиарды долларов, а на строительство уходит несколько лет. Прибыльный СПГ должен производиться в больших количествах и по приемлемой цене.

В 1980-х гг. СПГ из Тринидада не мог конкурировать с дешевым природным газом, добываемым в США, где предложение в результате рецессии заметно превышало спрос. Поэтому от проектов поставки СПГ в США пришлось отказаться, как и от проекта продажи газа в Пуэрто-Рико: покупатели не соглашались подписывать долгосрочные контракты. Однако десятилетие спустя в США уже не было избытка природного газа. Теперь для СПГ появился новый и перспективный экспортный рынок. Первая в Тринидаде установка по производству СПГ, получившая название «Атлантик СПГ», управлялась компанией BP. Построенная на мысе Фортин на юго-западе острова, она была введена в эксплуатацию в марте 1999 г. Появление нового экспортного рынка активизировало геологоразведку в стране,

в результате чего объемы разведанных запасов газа заметно выросли. В 2002–2005 гг. построены еще три установки по производству СПГ, что способствовало дальнейшему подъему экономики острова [94].

В сжиженном виде природный газ может перевозиться практически в любую точку мира, где имеется терминал для приема СПГ и возвращения его в газообразное состояние. Создание новых мощностей по всему миру, главным образом в Катаре и Австралии, превращает разрозненные региональные рынки газа в более глобальный, на котором возможные нарушения поставок, вызванные политическими событиями или природными катастрофами, могут быть быстро компенсированы за счет поставок из более спокойных регионов [95]. К 2011 г. рынок СПГ значительно вырос и стал в 100 раз больше, чем 40 лет тому назад. Сейчас на его долю приходится треть всего газа, перемещаемого в мире. Природный газ довольно быстро стал ценнейшим источником энергии. Однако в Китае 2000 лет тому назад он рассматривался как воплощение духов зла.

Проблемы строительства трубопроводов

Приблизительно в 250 г. до н.э., когда начались работы на соляных шахтах в китайской провинции Сычуань, люди думали, что из разломов горной породы наверх выходят злые духи. Рабочие в шахтах внезапно ощущали слабость, падали и умирали. В те времена в шахтах часто происходили взрывы. Чтобы умиротворить злых духов, им приносили жертвы. Но затем шахтеры поняли: несчастные случаи имеют научное объяснение. Невидимый взрывоопасный газ выходит из трещин в горной породе. Уже к 100 г. н. э. потоки дарового топлива использовались для выпаривания воды из рассола прямо в шахтах, облегчая добычу соли. Строительство трубопроводов стало следующим шагом. К 200 г. н. э. китайцы использовали бамбуковые трубы, замазывая стыки смесью грязи и рассола для предотвращения утечки газа. Природный газ мог теперь транспортироваться в солеварни более эффективно и в больших масштабах.

Однако главный интерес по-прежнему представляла соль. В 1835 г. глубина шахты Шень-Хай в Дзи-Гонге достигла километра – своего рода рекорд. На глубине 800 метров шахтеры обнаружили месторождение природного газа, но продолжили копать дальше: они ведь искали соль, а природный газ – просто полезный побочный продукт.

В прошлом природный газ часто рассматривался как источник дополнительных неудобств. Ведь он существует не только в чистом виде. Иногда он растворен в нефти, и тогда его нужно отделить, чтобы стала возможной транспортировка нефти. На рассвете современной нефтяной промышленности в конце XIX в. газ просто сжигали, так как не было придумано никакого экономически выгодного способа его применить. Проще было привезти каменный уголь туда, где имелась потребность в энергии, а затем превратить его в бытовой газ для приготовления пищи и отопления. Лишь после 1935 г. природный газ стал продаваться в больших объемах, чем бытовой.

«Сжигание неиспользуемого газа» долгое время было важной задачей для нефтяных компаний: если газ не сжигался, то он мешал добыче нефти. Я помню рев пламени газовых факелов, который слышал, играя в бадминтон в саду нашего дома в Иране. На удивление, даже сегодня огромные количества природного газа сжигаются в России – ему не находят экономически выгодного применения. Сжигание газа продолжается и на других нефтяных

месторождениях, расположенных в зонах с тяжелыми климатическими условиями. Опасения по поводу изменения климата и чисто экономические соображения (использование газа может быть выгодным) привели к сокращению этой порочной практики. В 1998–2006 гг. объем сжигаемого газа в расчете на каждый баррель добываемой нефти снизился примерно на 30 %. Существуют предпосылки для дальнейшего сокращения. Каждый год по-прежнему сжигают около 150 миллиардов кубометров газа (почти 4 % общего мирового потребления).

Современная газовая индустрия начала развиваться в США в 1920-х гг. вместе с развитием сложной сети трубопроводов. Достижения металлургии и сварки и новые технологии перекачивания жидкостей и газов сделали возможным строительство протяженных трубопроводов, подобных тому, что проложен от тexasского Панхендла до Чикаго (длина 1600 километров). В 1940–1970-е гг. доля газа в общем энергопотреблении США выросла с 10 до 30 % и выше. Несмотря на произошедший с 1970-х гг. значительный рост производства ядерной энергии и энергии из возобновляемых источников, в 2000 г. на долю природного газа по-прежнему приходилось около четверти всей энергии, потребляемой в США. Газ из самых удаленных уголков континента, служащий дешевым источником энергии, может теперь доставляться в дома городских жителей и на тепловые электростанции. Сегодня это главное применение природного газа, обеспечивающего эффективный способ производства электроэнергии, которая всем так нужна [96].

Трубопроводы и политика

На то, где начинаются и заканчиваются трубопроводы, могут влиять и география, и политика. США в обоих этих аспектах – идеальная страна для развития газовой индустрии. Трубопроводы относительно легко строить на обширных равнинных пространствах и протягивать к крупным потребительским рынкам, для чего часто достаточно пересечь границу между штатами, а не двумя государствами. Но Америка – скорее исключение из общего правила.

«Как я могу быть уверен, что, когда трубопровод будет построен, Китай не откажется от своих обязательств и не снизит цену за газ вполтину относительно согласованной?» – говорил мне Владимир Путин в 2004 г., когда я предложил ему построить газопровод от гигантского Ковыктинского газового месторождения в Восточной Сибири до границы с Китаем. Удаленный от любого другого газового рынка, Китай с растущим спросом на энергоносители казался очевидным вариантом выбора. Удивительно, но очень мало трубопроводов пересекают границу двух соседних стран, хотя Россия – мировой лидер по добыче углеводородов, а Китай – крупнейший в мире потребитель энергии.

«Но как я могу быть уверен, что, когда трубопровод будет построен, Россия не станет брать с нас за газ вдвое больше заранее согласованной цены?» – так отреагировал премьер Вэнь Джибао, когда я обратился к нему в поисках разумного решения. Я объяснил ему опасения Путина и выразил надежду: мы сможем найти способ гарантировать России, что Китай не откажется от своих обязательств. Строительство трубопровода обходится очень дорого. Чтобы получить необходимое финансирование и затем оправдать инвестиции, нужен гарантированный долгосрочный контракт между поставщиком и покупателем газа. Каждая сторона должна верить, что другая выполнит обязательства по сделке. Но в случае с Китаем и Россией это невозможно.

Благодаря преодолению политических и географических барьеров природный газ теперь широко используется во всем мире. А благодаря возможности торговать газом на международном рынке благосостояние газодобывающих стран заметно выросло. Но конец трубопровода все равно остается концом трубопровода. Внутренние ограничения того, откуда и куда может транспортироваться газ, часто приводят к появлению регионального, а не глобального рынка. Производство СПГ глобализировало рынок, но для строительства станции по сжижению газа нужно найти рынки, готовые покупать СПГ на протяжении многих лет. Однако всегда можно ожидать сюрпризов, так как новые технологии разведки и добычи будут открывать новые источники газа. Нечто подобное произошло в США, которые ранее были вынуждены импортировать СПГ, но теперь нашли способ добывать весь необходимый газ. Это произошло благодаря добыче так называемого сланцевого газа, которая прежде казалась технически очень сложной.

Фрекинговая революция

Революция сланцевого газа стала возможна благодаря новаторской работе техасского бизнесмена и филантропа Джорджа Митчелла. На территории, известной в Техасе как Барнетт Шейл, Митчелл в конце XX в. проводил эксперименты по поиску экономичного способа извлечения газа, сосредоточенного в очень плотном слое сланцевой породы. Было известно, что природный газ здесь имеется, но он считался бесполезным, так как не существовало способа его извлечь. Проведя первые эксперименты в 1980-х гг., большинство нефтяных и газовых компаний вышло из игры, но Митчелл сохранял веру в сланцевый газ.

Надежды Митчелла оправдались после того, как технология фрекинга (гидравлического разлома) позволила высвободить газ, скрытый под землей. Предусматривалось впрыскивание под высоким давлением воды с песком и малым количеством химикатов для разрушения горной породы. Идея не нова, она использовалась в нефтегазовой отрасли на протяжении десятилетий. Полковник Робертс пытался делать то же самое еще в XIX в. Но никто до сих пор не преуспел в добыче экономически оправданных объемов газа. Благодаря дополнительному использованию горизонтального бурения, позволяющего разрушать большее количество сланцевой породы, Митчелл сумел завершить начатое полковником Робертсом.

США получили огромные выгоды от применения этих технологий на многочисленных сланцевых месторождениях. В начале нынешнего тысячелетия все выглядело так, как будто Америке требуется импортировать большие объемы СПГ. Тогда сланцевый газ обеспечивал всего 1 % поставок природного газа. К 2002 г. его доля увеличилась до 36 %. Запасы природного газа в стране практически удвоились. При нынешних темпах добычи США хватит природного газа еще на 100 лет, причем половина находится в сланцах и других породах, содержащих углеводороды. Технология Митчелла сделала газ дешевым, а возможности добычи – огромными. Теперь в производстве электроэнергии газ успешно конкурирует с каменным углем. А в большинстве отраслей не могут даже припомнить, когда в последний раз газ был так дешев в сравнении с нефтью, учитывая относительную теплотворную способность каждого из углеводородов. В сравнении с нефтью газ за десятилетие подешевел почти на 80 %.

Спустя 12 лет после начала нового тысячелетия США собираются стать экспортером

СПГ. Это намерение идет вразрез с интересами Тринидада. Американский рынок больше не нуждается в тринидадском газе [97]. Бывший премьер-министр Мэннинг прав: надо сделать так, чтобы использование вашего газа приносило максимальную пользу вашей собственной стране, прежде чем отправлять его на экспорт. Я полагаю, эта мысль в конце концов посетит головы современных политиков.

Успешная добыча сланцевого газа в США стала возможна благодаря либеральным правилам получения доступа к трубе, субсидиям и наличию большого числа буровых вышек и другой специальной техники. Эти факторы не присутствуют в таком же сочетании ни в одной другой стране, но добыча сланцевого газа и нефти тем не менее начинает расти по всему миру, хотя и более медленными темпами. Страны мечтают о новом изобильном источнике энергии у себя под ногами, и кое-кто надеется стать хотя бы чуть более энергетически самодостаточным.

Однако рост добычи сланцевого газа в США и других странах вызывает озабоченность местных жителей, экологических организаций и других общественных групп. Они опасаются того, что гидравлические удары могут вызывать землетрясения, что эта технология требует большого расходования дефицитных запасов воды, при этом использованная вода становится отравленной и не восстанавливается, а применяемые химикаты заражают подземные водоносные слои, при этом природный газ, высвобождаемый после гидравлического удара, может попадать в источники питьевой воды. Фотографии американцев, поджигающих воду из водопроводных кранов на кухне, вызвали немало беспокойства.

Многие из страхов вызваны чрезмерной подозрительностью и дезинформацией. Например, степень заражения воды, показанная в фильме 2010 г. «Земля газа» («Gasland»), как доказала Комиссия по сохранению запасов нефти и газа штата Колорадо, во многом вызвана деятельностью, не имеющей отношения к фрекингу [98]. Однако кое-какие опасения вполне обоснованны. Как и в случае с ядерной энергией, новая технология будет вызывать страх и противодействие, пока бизнес не учтет интересы всех. В идеале дискуссия должна основываться на фактах. Есть примеры некачественной работы отдельных американских компаний, нарушающих законы ради повышения прибыли. Стандарты и правила должны действовать везде, чтобы действия нескольких недобросовестных игроков не нанесли ущерб репутации всей отрасли.

Глобальные изменения

Сланец и технология гидравлического разрыва символизируют начало больших перемен в поставках энергоносителей в США. То, что сделал Митчелл для газа, теперь применимо к нефти (и другим сходным жидкостям). Их можно заставить течь из практически непроницаемых в естественных условиях пластов сланца или других пород на так называемых месторождениях «трудноизвлекаемой», или «сланцевой», нефти.

Мнения сводятся к тому, что США наконец-то могут стать энергетически самодостаточной страной, которой не нужно ниоткуда, кроме ближайшего соседа, Канады, импортировать энергию, если они сами не решат иначе. Каждый президент США, начиная с Ричарда Никсона, стремился к такой независимости, стараясь освободиться от необходимости полагаться на ненадежные поставки с Ближнего Востока и из Южной

Америки [99]. Если так пойдет, это будет иметь далеко идущие политические последствия: снижение потока нефти и газа с Востока в США и страны Запада, увеличение потока углеводородов с Ближнего Востока в страны Азии. Как пишет мой друг и лауреат Пулитцеровской премии Дэниел Ергин, это «не меньше, чем перебалансировка мировой нефти» [100]. США получили бы много вариантов дальнейшего развития традиционных энергетических и военных отношений как в Западном полушарии, так и на Ближнем Востоке. Китаю также придется пересмотреть политику, так как он продолжает импортировать энергоносители, и особенно нефть, с Ближнего Востока. Благодаря сланцевой нефти и сланцевому газу США для внутренних нужд получают дешевые и надежные источники энергии, которые обеспечат стране значительные экономические преимущества. В действительности мы не можем предугадать, как США отреагируют на возможность удовлетворять энергетические потребности за счет ресурсов континента. Однако выбор, который сделают США и становящиеся все более энергетически зависимыми азиатские экономики, повлияет на формирование глобальной политики в XXI в.

Важным побочным эффектом увеличения потребления газа Соединенными Штатами станет сокращение эмиссии двуокиси углерода. Природный газ – «легкоуглеродный» вид топлива, так как при производстве единицы энергии при сжигании выделяется вдвое меньше двуокиси углерода, чем при сжигании каменного угля. В результате у США за последние пять лет объем эмиссии двуокиси углерода сократился почти на 500 000 000 тонн, или на 7,7 % – больше, чем в любой другой стране. Увеличение во всем мире потребления природного газа – важный фактор снижения риска глобальных изменений климата.

Страх перед углеродом и изменение климата

«Численность населения настолько превосходит возможность Земли производить продукты питания, что преждевременная гибель должна в той или иной форме настичь человеческую расу... Гигантский неизбежный голод подкрадывается незаметно, и одним могучим ударом он приведет численность населения в соответствие с запасами продовольствия в мире» [101]. Томас Мальтус, написавший эти слова в 1798 г., предсказывал будущие голод, болезни и войны. Он смотрел на эти несчастья как на необходимые и естественные реакции на экспоненциальный рост населения, опережавший линейный рост запасов продовольствия. Он верил, что эти реакции ограничат численность населения возможностями производства продуктов питания – то есть человечество попадет в так называемую мальтузианскую ловушку. Но Мальтус не сумел предвидеть промышленной революции.

Мальтус был одним из первых в длинной череде известных прогнозистов, которые предсказывали гибель человечеству, но ошибались, потому что не могли понять способность технологических инноваций изменять мир.

В 1972 г. международный «мозговой центр», Римский клуб, опубликовал доклад под символическим названием «Пределы роста» [102]. Не предполагая никаких технологических или политических изменений, он рассматривал опасность быстрого роста населения в мире с ограниченными ресурсами и прогнозировал, помимо прочего, серьезный дефицит продовольствия к началу нынешнего тысячелетия. Этот своего рода «Мальтус наших дней» не сумел предвидеть последствий Зеленой революции, позволившей удвоить

производство пшеницы за последние сорок лет [103]. Сегодня потребление продуктов питания на душу населения на 20 % выше, чем в 1972 г. Марион Кинг Хабберт и другие нефтяные пессимисты, включая членов Римского клуба, так же до сих пор делали неверные прогнозы. Когда спрос превышает известный уровень предложения, цены растут, и появляются технологии для освоения новых или более полного использования существующих запасов нефти. В 1980 г. разведанные запасы нефти оценивались в 650 000 000 000 баррелей. С того времени было добыто более 700 000 000 000 баррелей, и сейчас запасы оцениваются минимум в 1 500 000 000 000 баррелей.

Мировых пессимистов и предсказателей конца света одолевает страх перед глобальным изменением климата. Они, в духе Мальтуса, предрекают голод, болезни и мировые войны. Есть ли основания верить им, раз в прошлом они столько раз оказывались неправы? Есть лишь две причины чуть больше доверять новому поколению пессимистов – это наличие убедительных научных доказательств антропогенного влияния на изменение климата и видимая неспособность человечества взяться за решение этой проблемы. Среди ученых сложилось единодушное мнение, что деятельность человека приводит к повышению температуры на планете, а это может иметь самые серьезные последствия для всех людей и окружающей среды [104]. Потребление энергии и эмиссия парниковых газов продолжают расти, а перспективы глобального соглашения о контроле над ними туманны. Мы оказываемся биологически неспособны сотрудничать друг с другом для противостояния реальной угрозе.

Наука и опасность изменения климата

Впервые я осознал реальную опасность изменения климата в 1992 г. на Саммите Земли в Рио-де-Жанейро [105]. Более 100 глав государств собрались на этом форуме, чтобы обсудить, помимо прочего, возможные меры противодействия глобальному потеплению. Проблема была не нова, но впервые попала в общую повестку дня.

Характер дискуссии в Рио никак не согласовывался с успехами нефтяной индустрии и British Petroleum. Однако очевидно, что изменение климата не та проблема, от которой можно отмахнуться. Мне хотелось узнать о ней побольше, выяснить, может ли ВР решить задачу «квадратуры круга». Ведь надо сделать нечто значительное для снижения риска.

После Рио я встречался со многими учеными и экспертами, чтобы лучше понять суть проблемы. В конце концов нашелся человек, который помог мне больше, чем все остальные. Джон Хаугхтон был председателем Межправительственного экспертного совета по вопросам изменения климата (IPCC) [106]. Он говорил на языке теории вероятности и убеждал меня: мы больше не можем пассивно взирать на стремительный рост глобальной эмиссии парниковых газов.

Изменение климата часто представляется как простой, линейный процесс проявления причинно-следственной связи: увеличение потребления энергии приводит к увеличению концентрации двуокиси углерода в атмосфере. Это вызывает рост температуры вблизи поверхности Земли, а он имеет катастрофические последствия для окружающей среды. Но, как я понял из бесед с Джоном Хаугхтоном, имеется несколько возможных исходов на каждом этапе причинно-следственной зависимости, и предсказать каждый можно с довольно большой погрешностью.

Моделирование такой сложной системы, как атмосфера и климат Земли, основанное на предположениях о еще более сложных системах человеческой деятельности, неизбежно порождает высокую степень неопределенности. Еще труднее оценить конечное влияние изменения климата на окружающую среду, человеческую жизнь и экономику. ИРСС называет это «каскадом неопределенности»; мы не знаем в точности, как изменится климат или какими окажутся последствия изменения [107].

Это не оправдывает бездействия: неопределенность не равна неведению. Трудно узнать, каким будет мир через 100 лет, но мы можем дать оценки, осознать неопределенность и действовать соответствующе. Мы продолжаем улучшать понимание и снижать неопределенность. Карл Поппер недаром описал науку как находящуюся в переходном состоянии [108]. В этом состоит центральный принцип: все открытия могут и должны подвергаться сомнению. Наши знания о связях между человеческой деятельностью, состоянием атмосферы и окружающей среды должны постоянно оспариваться и подвергаться критике.

Научные аргументы в поддержку антропогенных причин изменения климата весьма убедительны. Еще 15 лет тому назад представление об изменении климата выглядело как идея, требующая серьезного научного обсуждения. Вот почему 19 мая 1997 г. я выступил с официальным заявлением, что ВР собирается предпринять действия, направленные на борьбу с изменением климата [109]. Стоя под ослепительными лучами калифорнийского солнца в Амфитеатре Фроста в Стэнфордском университете, я объяснял: для ВР настало время «перейти от анализа к поиску решений и действиям» [110]. В тот день мы нарушили единство рядов в нефтяной индустрии.

Следующие десять лет вопрос об изменении климата становился все более актуальным. Несколько ведущих мировых политиков стремились поставить его на повестку дня всего человечества. Президент США Билл Клинтон и вице-президент Эл Гор прокладывали путь к Киотскому протоколу – первому и пока единственному международному соглашению по ограничению выбросов в атмосферу парниковых газов. Протокол – важное начинание, но он страдает рядом фатальных недостатков. Прежде всего, он не касался развивающихся стран, включая Китай и Индию, и никогда не был ратифицирован США и Австралией. Но Гор продолжил борьбу и был удостоен Нобелевской премии за «усилия по получению и распространению более глубоких знаний о влиянии человека на изменение климата», которые нашли наиболее яркое воплощение в документальном фильме «Неудобная правда» [111].

В Калифорнии губернатор штата Арнольд Шварценеггер возглавил одну из самых амбициозных в мире программ по противодействию изменению климата. В 2006 г. мне довелось встретиться с ним в Сакраменто. Он хотел узнать мое мнение о законопроекте, направленном на снижение выбросов парниковых газов в штате на 25 % от уровня 1990 г. к 2020 г. и на 80 % – к 2050 г. Хотя цели были амбициозны, Шварценеггер демонстрировал: на изменение климата правительство штата отвечает конкретными действиями, а не пустыми дискуссиями в формате ток-шоу.

В Великобритании Тони Блэр выбрал изменение климата главной темой саммита G8, происходившего в 2005 г. в шотландском Глениглсе. Я уверен, что это наивысшее проявление политического интереса к изменению климата на международном уровне. Блэр убеждал руководителей восьми крупнейших экономик мира в наличии серьезных рисков того, что изменения климата отразятся на нашем общем будущем, но ему не удалось достичь

соглашения, на основе которого могли бы быть предприняты реальные действия. Несмотря на озабоченность общественности и решимость мировых лидеров, никаких практических усилий в глобальном масштабе не сделано. Все снова свелось к привычной политической риторике.

Провал международных инициатив

С тех пор шансы заключить эффективное соглашение по изменению климата снижались с каждым прошедшим годом и с каждой очередной Конференцией ООН по проблемам климата. Очередная такая конференция, 22-я по счету, состоялась в декабре 2011 г. в Дурбане (ЮАР). Хотя было дано немало обещаний работать в ближайшие годы над достижением юридически обязывающего соглашения, никаких реальных результатов не достигнуто [112]. Главы государств больше озабочены разрастанием кризиса в зоне евро. И вновь вопрос о противодействии изменению климата отложен в долгий ящик.

Так почему же человечество, столкнувшись с серьезнейшей проблемой, угрожающей его существованию, не смогло договориться, как ее решить?

Я думаю, что многое объясняется особенностями поведения человека, столкнувшегося с угрозой, которая выглядит неясной и отдаленной. Выдающийся британский социолог Энтони Гидденс пишет: мы не предпринимаем действий против изменения климата, поскольку сопряженные с ним опасности не слишком заметны в повседневной жизни [113].

Избиратели не очень хорошо воспринимают рассуждения о вероятностях, прогнозах и жертвах. Какой бы ни была реальность, они предпочитают верить тем, кто обещает: все будет хорошо.

По мере того как правительства принимают жесткие программы, а медленный экономический рост и инфляция снижают жизненные стандарты во многих странах мира, многие избиратели смотрят на противодействие изменению климата как на непозволительную роскошь [114]. Результаты его кажутся неопределенными и отдаленными, в отличие от счетов, которые приходится оплачивать прямо сегодня. Естественно, что политики, приходящие к власти на короткие сроки, учитывают эти настроения. Изменение климата – нечто такое, чем они будут заниматься, приведя экономику в порядок. Или после того, как их переизберут. Но проблема здесь не в близорукости. Даже если бы мы смогли справиться со своим иррационализмом и начать защищать собственные долгосрочные интересы, заключить глобальное соглашение о противодействии изменению климата оказалось бы непросто.

Трудность заключается в осуществлении коллективных действий: нашу ситуацию условно можно назвать «трагедией глобальных общинных земель» [115]. Двуокись углерода не знает национальных границ, а ущерб от закачивания в атмосферу все большего ее количества распределяется на всех. Если одна страна сокращает эмиссию парниковых газов, а другие нет, то мы все равно сталкиваемся с риском изменения климата. Хотя в наших общих интересах сократить эмиссии, ни одна отдельно взятая страна не вынесет издержек без гарантий того, что другие последуют ее примеру. Ведь дешевле и проще «ехать без билета» [116].

Следовательно, требуется общее согласие о том, как распределить между странами сокращение объемов эмиссий. Но издержки и выгоды в каждом случае окажутся

различными. Малые островные государства опасаются последствий подъема уровня Мирового океана и поэтому требуют самых жестких ограничений на выбросы парниковых газов. В то же время большие по площади северные страны, такие как Канада и Россия, могут даже выиграть от потепления: их земли станут более плодородными, а минеральные ресурсы – доступными.

Наибольшее расхождение существует между богатыми и бедными странами. Развивающиеся страны, главным образом Китай и Индия, утверждают: проблема возникла не по их вине. Китай выбрасывает в атмосферу двуокиси углерода больше, чем любая другая страна, но объем этих выбросов в пересчете на душу населения втрое ниже, чем в США. Доступ к дешевой энергии углерода был основой развития всех ныне процветающих экономик. Почему же, обоснованно спрашивает Китай, мы должны отказываться от пути к процветанию, которым шел Запад?

Один китайский делегат на Киотском саммите так описывал различие в точках зрения: «То, что делают [развитые страны], – это эмиссия ради жизни в роскоши. То, что делаем мы, – это эмиссия ради выживания» [117]. Развитые страны и, что самое важное, США утверждают: соглашение, которое позволит развивающимся странам избежать бремени ограничений эмиссии, может поставить их в экономически невыгодное положение по отношению к набирающим мощь конкурентам.

Поскольку мы столкнулись с различиями в национальных интересах и с неопределенной и отдаленной проблемой, нам нужно получить больше знаний, а не просто возлагать надежды на некое международное соглашение.

Мы находились в подобной ситуации, когда пытались наладить контроль над распространением ядерного оружия: каждая страна готова от него отказаться, только если будет уверена, что другие сделают то же самое. Даже столкнувшись с риском ядерного Армагеддона, мы не достигли соглашения о запрете ядерного оружия или хотя бы о предотвращении его распространения.

Изменение климата – проблема коллективных действий в самом широком масштабе. Оно требует, чтобы каждая страна и почти каждый человек на планете изменили образ жизни в расчете на то, что другие сделают то же самое, чтобы защитить интересы будущих поколений. Решить этот вопрос не под силу демократическим институтам, действующим на международном уровне.

Удивительно, но даже при отсутствии глобального соглашения изменение уже происходит, стимулируемое технологическими инновациями в системе энергоснабжения и хаотичными политическими подвижками, обусловленными местными, региональными и национальными интересами.

Технология утилизации углерода

В начале каменноугольного периода, примерно 360 000 000 лет тому назад, древние леса поглощали двуокись углерода из атмосферы Земли. Со временем под влиянием температуры и высокого давления останки вымерших лесов превратились в 5 000 000 000 000 тонн углеродных полезных ископаемых. С начала промышленной эры человечество вернуло в атмосферу около 5 % от этого количества углерода в виде эмиссии двуокиси углерода.

Человечество, движимое желанием обладать энергией, очень быстро изменило

распределение углерода. И так будет продолжаться, если мы не изменим принцип использования энергии; к 2050 г. на Земле будет жить на 2 000 000 000 человек больше, чем сейчас, и глобальное потребление энергии почти удвоится.

Технология предлагает нам три способа восстановить баланс: консервация энергии, «низкоуглеродная» энергия и создание специальных приемников углерода.

Прежде всего, мы можем использовать меньше энергии. Если мы не хотим снижать жизненные стандарты, то сокращение должно сопровождаться ростом энергоэффективности. Во многих обстоятельствах это выглядит относительно просто и экономически привлекательно, так как эффективность расходования энергии часто приносит большую экономию средств. Инновации в цифровых технологиях, такие как видеоконференции и совместная дистанционная работа, могут иметь особенно важное значение.

Однако энергоэффективность – не панацея, как может показаться на первый взгляд. Когда что-то становится более эффективным, люди хотят этого побольше [118]. Экономя деньги благодаря повышенной эффективности использования энергии, люди тратят эти деньги на товары, также потребляющие энергию. Энергоэффективность – совсем не то же самое, что энергосбережение. Чтобы добиться сбережения энергии, мало новой технологии; для этого требуются также соответствующее воспитание, стимулы и, возможно, законодательное регулирование.

Второе технологическое решение восстановления углеродного баланса – сократить долю углерода в производстве энергии. Наиболее перспективно создание «безуглеродных» источников энергии, в том числе и возобновляемых – например, использующих энергию ветра и солнца.

Еще десять лет тому назад это относилось к области экспериментальных технологий, очень дорогих и применяемых в крайне малых масштабах. Но в 2000 г. возобновляемые источники обеспечили почти половину суммарной мощности новых электростанций, построенных во всем мире. За последние семь лет мощность ветровых электростанций выросла в четыре раза, а мощность солнечных – почти в 13 раз. Быстрый рост обеспечил значительное увеличение масштабов производства энергии. Новые знания позволили повысить эффективность и снизить издержки электростанций. Например, в 2008 г. солнечный фотоэлектрический элемент стоил 4 долл. в расчете на 1 Вт мощности. Сегодня ту же мощность можно генерировать менее чем за 1 долл. Вдали от международных конференций в Копенгагене и Дурбане происходит тихая революция, начинающая преобразовывать нашу энергетическую систему.

Тем не менее в энергетическом миксе возобновляемые источники играют не основную роль, и углеродное топливо останется с нами еще несколько десятилетий. Следовательно, для сокращения потребления углерода нужно изменить пропорции ископаемых видов топлива, сократив доли каменного угля и нефти и увеличив долю природного газа. Газ производит, в расчете на единицу вырабатываемой электроэнергии, вдвое меньше двуокиси углерода, чем каменный уголь. В минувшее десятилетие каменный уголь удовлетворял почти половину потребности в энергии, но недавний бум в добыче дешевого природного газа сможет быстро привести к замене традиционных угольных тепловых электростанций работающими на природном газе. Газовые электростанции также могут быстро увеличивать производство электроэнергии, компенсируя падение мощности возобновляемых источников, например, в случаях, когда солнце скрывается за облаками, а ветер прекращается.

Заменить нефть труднее, так как энергоемкость делает ее уникальным топливом для автомобилей и самолетов. Автомобили на природном газе значительно улучшились с тех пор, как в Китае в 1960-х гг. появился автобус «da qi bao» («большой мешок с газом»). Гигантские наполненные газом серые пузыри, кое-как размещавшиеся на крыше автобуса, требовали частой подкачки, так как довольно быстро сдувались.

Природный газ продолжает использоваться на транспорте, и если единица энергии, производимой газом, будет продаваться за долю стоимости единицы энергии, производимой нефтью, как сейчас происходит в США, то применение газа станет более широким. Электромобили и автомобили на водородном двигателе – еще одно возможное решение, но потребуются дорогостоящие инвестиции в инфраструктуру, прежде чем их использование сможет стать массовым.

Более близкая альтернатива дизельному топливу и бензину – биотопливо. Вместо того чтобы полагаться на процессы, которые в течение миллионов лет превращали останки растений и животных в сырую нефть, из которой мы вырабатываем дизельное топливо и бензин, мы можем воспользоваться более быстрым способом: вырастить подходящие сельскохозяйственные культуры и превратить их в топливо для автомобилей. При этом двуокись углерода поглощается в процессе роста этих культур, а при сгорании биотоплива в двигателях выбрасывается обратно в атмосферу. Законы США, принятые с целью сокращения выбросов двуокиси углерода, предполагают, что бензин для личного автотранспорта должен будет содержать 10 % этанола, изготовленного из кукурузы. Но существует серьезная опасность: выращивание урожая для производства биотоплива не должно приводить к сокращению глобальных поставок жизненно необходимого продовольствия.

Третий способ снизить уровень двуокиси углерода в атмосфере – улавливать ее и помещать в специальные приемники углерода. Наиболее очевидный вариант – сохранение, восстановление или расширение существующих приемников в виде лесов и некоторых видов почвы. Но есть также вероятность, что со временем мы сможем создавать искусственные хранилища – регулируя процесс сжигания ископаемых видов топлива, улавливать двуокись углерода и затем хранить под землей.

В ноябре 2010 г. я посетил расположенную вблизи Пекина электростанцию «Гаобейдянь», построенную компанией Huaneng, и увидел новую китайскую технологию улавливания углерода в действии.

Сложное сооружение из стальных труб занимает площадь примерно в половину футбольного поля. Внутри труб циркулирует жидкость, охлаждающая двуокись углерода, которая выделяется в процессе сжигания каменного угля в расположенной под трубами печи. Пока я рассматривал это сооружение, двое рабочих в защитных костюмах вышли вперед и, открыв боковую дверцу агрегата, выкатили наружу контейнер с замороженной двуокисью углерода. Надев перчатки, я взял в руки несколько кусочков «льда» и стал наблюдать, как он быстро тает и улетучивается в атмосферу. Однако эта электростанция – экспериментальная: она улавливает всего 3000 тонн двуокиси углерода в год, то есть менее одной миллионной от общего объема эмиссии в Китае. Пройдет еще немало времени, прежде чем углерод удастся улавливать в более значительных масштабах.

Кроме того, уловить углерод – лишь полдела, требуется еще найти место для хранения [119]. Для этого имеются самые разные возможности – от толщ горных пород до огромных искусственных озер из двуокиси углерода на глубине трех километров ниже уровня моря (оттуда она будет просачиваться в морскую воду). Многие люди с недоверием относятся к

идея хранения огромных количеств двуокиси углерода под землей, опасаясь последствий того, что газ может внезапно вырваться наружу. Те же самые страхи, которые возникали по поводу хранения ядерных отходов и тормозили развитие атомной энергетики, возникают теперь и в отношении отходов сжигания ископаемых видов топлива.

Технология улавливания и хранения углерода повлияет на выбросы двуокиси углерода лишь в том случае, если станет экономически конкурентоспособной. Ведь энергия, которая в противном случае использовалась бы потребителями и промышленностью, должна расходоваться на улавливание углерода. Электростанция компании Huaneng продает немного замороженной двуокиси углерода для приготовления шипучих напитков и использования на рок-концертах (так создаются спецэффекты), однако рынок очень мал в сравнении с общим объемом выбросов. Более реально закачивать двуокись углерода в нефтяные пласты, чтобы извлекать из них больше нефти [120].

Политика снизу вверх

Итак, человеческая изобретательность позволяет находить самые разные технические решения: товары, сокращающие потребность в энергии; новые источники энергии, выделяющие меньше углерода; методы улавливания углерода, который в противном случае попал бы в атмосферу. Мы имеем в распоряжении разные инструменты для контроля разрушительного воздействия углерода на планету.

Но еще важнее то, что мы создали для этого соответствующие общественные структуры. «Низкоуглеродная революция» уже началась, но благодаря не масштабным многосторонним соглашениям, централизованным решениям и новым финансовым механизмам, а спонтанным, прерывистым малым изменениям, идущим снизу вверх.

На каждом уровне – страны, региона, компании и домохозяйства – изменения происходят там, где соответствуют интересам каждого из субъектов. Немногие изменения впечатляют, но в совокупности они весьма значительны. Независимые страны, имеющие общие интересы, могут совместно работать над эмиссией парниковых газов, установлением цен на углеродное топливо и поддержкой низкоуглеродных технологий без предоставления кому-либо из участников конкурентного преимущества. Европа, вероятно, наилучший пример того, как это происходит: там уже достигнуто общее согласие по получению энергии из возобновляемых источников и работает схема торговли квотами на эмиссию [121].

Отдельные страны, движимые заботой об энергобезопасности и противодействующие загрязнению воздуха и воды в своих регионах, также предпринимают односторонние действия. Более сотни стран мира, как развитых, так и развивающихся, поддерживают освоение возобновляемых источников энергии. Китай, крупнейший потребитель «чистой» энергии, собирается получать 15 % из возобновляемых источников к 2020 г.

Использование возобновляемых источников энергии продолжает расти везде, где правительствам удастся разъяснить преимущества возобновляемых источников энергии и убедить людей, что, снижая издержки, можно отказаться от субсидий. Туда, где правительства могут предложить реальную финансовую поддержку на ясных условиях, обязательно приходят инвестиции. За последние семь лет инвестиции в производство «чистой» энергии ежегодно росли в среднем на 30 %.

На уровне домохозяйства многие западные потребители меняют привычки: они

стараятся потреблять меньше энергии, экономя деньги и защищая окружающую среду. Опасения по поводу изменения климата влияют на решения о тратах и вынуждают компании повышать экологическую эффективность.

По всему миру создаются малые политические коалиции, делающие позитивное изменение возможным. Оно не будет таким же всеобъемлющим, продуктивным или эффективным, как глобальное соглашение, но главное, что оно в принципе осуществимо. Изменения происходят, и вселяют надежду.

Однако одного этого недостаточно. Мы должны найти группу лидеров, которые одинаково видят цель – максимально ограничить риск губительных последствий изменения климата для всего человечества. Им следует поощрять усилия на уровне стран и на уровне рядовых граждан, как минимум сдерживая рост температуры на Земле. Так как эффективность лидеров зависит от контекста, в котором они действуют, им нужно создавать подходящие экономические и политические условия для продвижения к общей цели. А если им не удастся ее добиться, то они должны подготовить нас к адаптации к новым климатическим условиям. Углерод очень хорошо послужил человечеству, и теперь следует сделать так, чтобы он не запросил за это невозможно высокую цену.

Впервые я посетил Музей золота в столице Колумбии Боготе в конце 1980-х гг. Наибольшее впечатление произвел экспонат, известный как «золотой плот Эльдорадо» [1]. Индейский вождь в изысканном головном уборе сидит в центре, а вокруг него 12 фигур меньшего размера. Одна стоит с краю, будто управляя движением плота, а остальные, в богатых одеждах и масках, напоминающих головы леопардов, располагаются ближе к вождю. Вся композиция отображает церемонию, которая, как предполагается, происходила на озере Гуатавита к северо-западу от Боготы во время коронации нового вождя племени муисков.

Утром, при появлении первых лучей солнца, нового вождя раздевали, и его тело, предварительно обмазанное глиной, покрывали тонким слоем золотой пыли. Вождь всходил на плот, и к его ногам предводители крупнейших родов племени складывали золото, изумруды и другие драгоценности, после чего плот направлялся к центру озера. Когда под неистовые крики собравшихся на берегу индейцев плот достигал середины озера, на нем при полной тишине поднимался флаг. Затем новый вождь, ранее сидевший неподвижно, приносил дары озеру, сбрасывая в воду лежащие у ног сокровища. Когда последний предмет уходил на дно, флаг опускался, и празднования в честь нового вождя возобновлялись. Обнаженный золотой человек продолжал блистать в лучах солнца, демонстрируя связь с источником всего живого [2].

Эльдорадо (el dorado) по-испански и означает «золотой человек». Однако после того, как это слово было использовано испанским историком Фернандесом де Овьедо в 1541 г. для обозначения позолоченного вождя муисков, оно быстро превратилось в название сначала мифического города, а затем целой империи, в которой все построено из золота, – страны-мечты, лежащей где-то за далекими горными хребтами.

Плот был обнаружен в 1969 г. тремя местными крестьянами в небольшой пещере к югу от Боготы. Помимо пещер, муиски поклонялись горам, озерам и лагунам. Вблизи этих священных мест возводились храмы, и некоторые племена даже верили, что человек появился на свет из глубин озера. Но самым почитаемым божеством у муисков был Ксю, бог Солнца, олицетворявший цивилизацию и мудрость [3]. Поскольку он приносил в их жизнь свет, тепло, день вместо ночи, их вера в Солнце была непоколебима. Они поклонялись Солнцу, а значит, золоту, которое представлялось им овеществленным солнечным светом. Золото, не вступающее в реакцию с газами, содержащимися в воздухе, не тускнеет; его блеск так же постоянен, как ежедневный восход солнца [4].



Возглавляя службу геологоразведки British Petroleum, я часто посещал Боготу. Это типичный колониальный испанский город, в центре которого широкая площадь, а рядом красивый Президентский дворец. После нескольких лет геологоразведочных работ ВР открыла гигантское нефтяное месторождение Кусиана в западной провинции Касанаре в 200 километрах от Боготы. В один из моих приездов менеджер ВР Ричард Кемпбелл подарил мне древнюю терракотовую скульптуру местного происхождения. Это фигурка человека времен древней цивилизации кимбайя, существовавшей в I–X вв. на гористых склонах вдоль реки Каука. Мне стало интересно: кого изображает эта фигура? И какое религиозное значение она могла иметь в культуре кимбайя? Я прочитал несколько книг и, по мере того как мой интерес рос, добавлял к своей коллекции другие предметы доколумбовой эпохи. Именно тогда я и решил посетить Музей золота. Когда я осматривал музей впервые, внимание привлекали главным образом золотые предметы. Изделия из золота отличаются от камня или терракоты благодаря уникальному свойству – благородству облика. Есть нечто

успокаивающее и даже приятное в том, чтобы купаться в блеске золота. В музее я впервые оценил его особую привлекательность – не только как средства накопления. Золото обладает притягательной силой. В самых разных культурах ему всегда придавали большое значение [5]. Но при столкновении цивилизаций борьба за обладание золотом имела разрушительные последствия.

В 1537 г. испанские конкистадоры впервые встретились с индейцами муиска. Развитое сельское хозяйство племени обеспечивало пропитанием более миллиона человек, проживавших в окрестностях современной Боготы и на высокогорных равнинах Восточных Кордильер. Быстро и безжалостно конкистадоры завоевали огромную территорию в 25 000 квадратных километров. Немногочисленные кавалеристы с мечами и щитами, во многом превосходили воинов муиска, чье вооружение составляли деревянные палки, обожженные для прочности в огне. С момента высадки Колумба на Багамских островах в 1491 г. сходная судьба постигла все местные племена, встречавшиеся на пути конкистадоров. Кто бы ни противостоял испанцам – маленькие племена островов Карибского моря или огромные империи ацтеков и инков, – они неизменно сокрушали своих противников. Конкистадоры шли по стопам Колумба в поисках плодородных земель и торговых путей в южные моря, но больше всего их интересовало золото. Испанский король Фердинанд приказал: «Добывайте золото, по возможности гуманным путем, но во что бы то ни стало – добывайте золото!» [6].

Ничто так ярко не иллюстрирует ненасытную страсть конкистадоров к золоту, как история пленения и убийства императора инков Атагуальпы. В ноябре 1532 г. Франсиско Писарро осадил принадлежавший инкам провинциальный город Кахамарка. Когда императора вынесли из военного лагеря на золотом троне, Писарро дал всадникам сигнал к атаке. Испанцы многократно уступали в численности воинам инков, но они убивали их «как муравьев», так как те панически боялись лошадей^[4] и ружейных выстрелов [7]. Атагуальпа был взят в плен и, опасаясь за свою жизнь, разослал распоряжение по империи: обеспечить испанцам свободу передвижения и давать столько золота и драгоценностей, сколько они пожелают. Сам он пообещал Писарро наполнить золотом комнату длиной семь и шириной пять метров. Каждый день толпы инков приносили золотые кувшины, наполненные золотом доверху. Несмотря на попытки умиротворить испанцев император был обвинен в измене и приговорен к сожжению. В последний момент он согласился принять христианство и вместо сожжения был задушен. Писарро быстро двинулся вглубь страны, чтобы захватить главный город империи инков Куско.

Запасы золота у муисков и инков превосходили самые смелые ожидания. Они послужили основой для создания мифа о неисчислимых богатствах Эльдорадо. В 1541 г. из Куско на поиски Эльдорадо отправилась первая экспедиция. Губернатором Куско, нынешней столицы Эквадора, был в то время харизматичный Гонсало Писарро, брат Франсиско. Гонсало сопровождали более 200 жаждавших золота испанцев и более 4000 рабов из числа местных жителей. Конкистадоры на лошадях двинулись на запад от Кито и вскоре оказались в одном из самых диких и опасных районов Южной Америки. Люди Писарро несколько недель пробивались через непроходимые леса. Им приходилось спасаться от крокодилов, гигантских змей и ягуаров; после каждого удара мачете со срубленных ветвей на них обрушивались мириады насекомых. Люди Писарро, с трудом продвигавшиеся вперед через труднопроходимые джунгли и болота, все чаще умирали от неизвестных ранее болезней. Когда запасы провизии подошли к концу, сильно поредевший отряд испанцев в сопровождении немногочисленных оставшихся в живых рабов вынужден был повернуть

назад.

Испанские конкистадоры проводили безжалостную захватническую политику, близкую к геноциду. В процессе колонизации они убили десятки, если не сотни тысяч местных жителей. Еще больше индейцев погибло от болезней, в частности, кори, занесенной из Европы: у них не было иммунитета. Местное население находилось на грани полного истребления. Записи судебных разбирательств рисуют картину чудовищных преступлений, совершавшихся конкистадорами. В городе Кота вождь местного племени дал Хуану де Аревало меньше золота, чем тот требовал, и поэтому испанцы «разрушили город, убили многих индейцев, отрубали руки и отрезали носы мужчинам, отрезали груди женщинам и носы маленьким детям» [8]. Когда Гонсало Писарро прибыл в некую дальнюю деревню, то стал выяснять местонахождение города из чистого золота; если местные жители не давали ему ответов, которые он хотел получить, он пытал их, сажал на кол или просто сжигал заживо [9].

Писарро возглавил первую из нескольких неудачных экспедиций по поискам Эльдорадо [10]. Три следующих века тысячи человек, включая сэра Уолтера Рэли^[5], отправлялись на поиски Эльдорадо через непроходимые джунгли и широкие равнины Колумбии. Были исследованы огромные территории, и легенда постепенно вызывала все меньше доверия, но заманчивые слухи продолжали распространяться. Сравнительно не так давно, в начале 1900-х гг., семейство «стальных баронов» Крупнов организовало собственную экспедицию в бразильскую провинцию Мату Гроссу в поисках сказочных богатств Эльдорадо. Эта экспедиция, подобно всем предыдущим, также окончилась неудачей.

И конкистадоры, и инки ценили золото, но испанцев отличала дикая и ненасытная жажда. Инки не могли этого понять: хотя они и придавали золоту религиозную ценность, в повседневной жизни или в качестве средства платежа они его не использовали. Для них мерилom денежной стоимости был человеческий труд. Золото – непрактичный металл, слишком мягкий и тяжелый для изготовления инструментов или оружия; плуг из золота не оставляет в поле борозды, а золотой меч не может иметь острого лезвия. Инки считали более ценными изделия из железа, привезенные в Америку испанцами. Но для испанцев иметь больше золота значило иметь больше богатства, а чем богаче человек, тем большей властью он обладает. Золотые предметы, художественные и религиозные для индейцев, переплавлялись. Слитки отправляли в Испанию, обычно караванами из 60 кораблей. Каждый перевозил на борту по 200 тонн золота, предназначавшегося для чеканки новых монет [11]. Но золотой дождь закончился так же быстро, как начался. Значительная часть сокровищ была потрачена на покупку экстравагантных предметов роскоши с Востока и на финансирование бессмысленных войн. Легкие деньги не создали стимулов к труду, и местная промышленность стагнировала; ситуация еще больше ухудшалась из-за эмиграции рабочей силы в Америку. Испания быстро скатилась в долговую яму и в конце концов оказалась банкротом. Так и в конце 2000-х гг. легкий доступ к «бесплатным деньгам» в виде дешевых кредитов ослабил экономику [12].

Систематическое воровство и переплавка золотых изделий доколумбовой эпохи привели к уничтожению значительной части культурного наследия народов Южной Америки. В 1939 г. в Боготе был основан Музей золота с целью сохранения того немногoго, что сохранилось. Первым экспонатом музея стал небольшой предмет в форме тыквы, так называемый *pororo*, изготовленный древними людьми цивилизации кимбайя. *Pororo*s использовались для хранения и измельчения извести, которую индейцы жевали вместе с листьями коки, чтобы

извлекать из этого растения химические соединения, напоминающие кокаин. Форма сосуда напоминала половые органы человека и растительный плод одновременно. Этот музейный экспонат – свидетельство высокого художественного уровня золотых дел мастеров, и поэтому я решил подыскать сходный предмет для своей коллекции. После нескольких фальстартов и сомнительных предложений я наконец приобрел то, что хотел. Золотые изделия культуры кимбая оказали большое влияние на развитие скульптуры Центральной Америки. Но они также повлияли и на великих художников нашей эпохи. Подобные формы можно встретить в работах Пикассо и Матисса, а в Великобритании – в работах Генри Мура и Джейкоба Эпштейна. Напоминания об утонченных формах произведений древних золотых дел мастеров можно встретить теперь повсюду.

Золото способно очаровывать. Одно из его главных качеств – устойчивость к порче, о чем знали люди еще во времена первых фараонов. Древние египтяне почитали золото как частицу плоти бога солнца Ра, во многом подобно тому, как спустя 2000 лет племя муиска украшало своих новых вождей золотым порошком и прочими драгоценностями, что символизировало связь с главным божеством.

Однако лишь недавно, в 1995 г., двое ученых из Дании выяснили, почему золото не тускнеет [13]. Им удалось узнать, что это происходит благодаря особому распределению электронов по поверхности золота. Оказывается, электроны не позволяют атомам других веществ, таких как кислород или сера, образовывать с золотом новые химические соединения. Золото также обладает высокой электропроводностью. Его электропроводность и способность не тускнеть, то есть не покрываться пленкой в результате соединения с другими веществами, способствует широкому применению в электронных микросхемах. Вы можете убедиться в этом, взглянув на SIM-карту вашего мобильного телефона. В электронной промышленности используется почти 20 % золота, которое не направляется на изготовление слитков, чеканку монет или осуществление инвестиций. Остальные 80 % идут на украшения. Золото обладает такой высокой ковкостью, что из одного грамма можно изготовить нить длиной почти два с половиной километра или тончайший лист площадью около одного квадратного метра. Бесконечно многообразие форм украшений, которые делают золотых дел мастера. Хранящаяся в Британском музее в Лондоне Молдская золотая пелерина, выкованная 4000 лет назад из одного слитка, – один из ранних шедевров ювелирного искусства [14]. Скифские золотые украшения, хранящиеся в Золотых кладовых петербургского Эрмитажа, поражают тонкостью работы [15]. В лавках ювелиров в Иране и в странах Персидского залива продаются изделия необыкновенной красоты. В этом регионе приданое невесты может состоять только из золотых предметов. Я помню женщин в одной южной провинции Ирана, вшивавших полученные в наследство золотые монеты в подрубочные швы своих юбок и носивших многочисленные браслеты, блеск которых свидетельствует, что они изготовлены из чистого золота. А на площади Сан-Марко в Венеции по-прежнему находится мастерская, в которой уже несколько поколений ювелиров изготавливают и продают замечательные ожерелья и кольца. Золотые украшения тысячелетиями оставались важной частью ритуалов. Цвет золота может доставить удовольствие каждому. Вот почему женщины от Гонконга до мыса Антиб уверены: они настолько очаровательны, насколько очаровательно золото, которое они носят. Это очарование способно ввергнуть мужчин в лихорадку, что и произошло в свое время в Калифорнии.

Утром 24 января 1848 г. Джеймс Маршалл совершал обычный обход строящейся лесопилки Саттерс Милл на берегу южного рукава реки Америкен-ривер в Калифорнии. Строительство, которым он руководил, близилось к завершению, но канал для подвода воды все еще был недостаточно широким и глубоким. Каждый вечер Маршалл открывал заслонки канала, чтобы позволить реке углублять русло, пока рабочие спали. Однако в то утро порода, обнаженная рекой за ночь, выглядела иначе, чем обычно [16]. Какая-то блестящая частица привлекла внимание Маршалла. Сначала он подумал, что это просто кусочек кварца, блестящий на солнце, но затем разглядел еще несколько необычных частиц, причем некоторые размером с пшеничное зерно. «Я поднял одно или два зернышка, – вспоминал он, – и внимательно их изучил, а поскольку я имел кое-какие познания в минералогии, то пришел к выводу, что передо мной одно из двух: либо сернистое железо, блестящее и хрупкое, либо золото, блестящее, но ковкое. А затем я обнаружил, что металлу действительно легко можно придать другую форму» [17]. Вернувшись в барак, где завтракали рабочие, он воскликнул: «Ребята, я нашел золотую жилу» [18]. Открытие вызвало золотую лихорадку в Калифорнии, изменившую жизнь тысяч мужчин и женщин: они бросились туда в надежде найти собственное Эльдorado.

Сохранить открытие Маршалла в тайне оказалось невозможно, но прошло больше месяца прежде, чем поблизости от Саттерс Милл появились другие старатели. Золото находили в Калифорнии и раньше, но никогда в таких больших количествах. Местные жители проявляли скептицизм, будучи уверены: лучше направлять усилия на развитие процветающей сельскохозяйственной отрасли штата. Но так продолжалось лишь до тех пор, пока они не увидели первые результаты открытия. Один калифорниец вспоминал, как старатель открыл свой потертый вещмешок, и оттуда посыпалось золото «не в виде песчинок или чешуек, а в виде самородков размером с горошину и даже с куриное яйцо. Я смотрел на это богатство несколько мгновений; затем безумие охватило мой разум, мои ноги стали выделять немыслимые па... горы золота росли перед моими глазами... и вскоре я испытал жесточайший приступ золотой лихорадки» [19].

Лихорадка быстро охватила Калифорнию и вскоре достигла восточных штатов. Когда в декабре 1848 г. президент Польш сообщил Конгрессу, что слухи об открытии золота в Калифорнии подтвердились, золотая лихорадка охватила весь мир [20]. Самодеятельные золотоискатели приезжали со всего света: с Восточного побережья США, из Чили, Австралии, Китая и Европы. Они жили в переполненных, наспех сколоченных бараках, страдая от болезней и отсутствия простейших удобств, в неимоверно тяжелых условиях. Но каждый думал только о золоте, никто не считал нужным тратить время на строительство нормального жилья и инфраструктуры. Они проявляли чудовищную жестокость по отношению к индейцам, считавшим их захватчиками. Целые индейские поселения окружались и уничтожались дотла, причем нередко в отместку за нападение на какого-то одного старателя [21]. Однако они не крали золото у индейцев, а просто пытались извлечь его из-под земли. И хотя золотоискатели во многом были похожи на конкистадоров, все же ничто не могло сравниться с жестокостью и тиранией испанских колонизаторов.

Те, кто прибыл в Калифорнию первыми, быстро наталкивались на месторождения рассыпного золота, которое легко можно было добывать из русла реки голыми руками или

карманным ножом. За семь недель работы один старатель сумел добыть 100 кг золота, стоимость которого составила тогда 40 тыс. долл. (более 1 млн долл. сегодня). В первые несколько месяцев, когда граница зоны поисков все дальше отодвигалась от лесопилки Саттерс к Америкен-ривер, несколько тысяч старателей сумели добыть золота на более чем 2 млн долл. (60 млн долл. в сегодняшних деньгах). Но для многих надежды на скорое обогащение так и не оправдались. Золото на поверхности скоро закончилось, и людям приходилось проводить долгие часы за промывкой золотосодержащего речного песка или выкапыванием туннелей, идущих вбок от русла реки. По мере того как запасы легкодоступного золота иссякали, постепенно иссякал и оптимизм. Многие не имели иного выхода, кроме как продолжать заниматься поисками и дальше, чтобы найти в земле хоть немного золота для оплаты своего проживания в лагерях; таких людей называли «роющими землю за бобы». Джеймс Маршалл, вызвавший золотую лихорадку, умер горьким пьяницей.

В начале 1850-х гг. находить золото стало труднее. Промышленной добычей начали заниматься многочисленные горнодобывающие компании. Они двигались к источнику металла, углубляя русла рек и срывая склоны холмов с помощью мощной струи воды, чтобы получить доступ к золотоносной породе. Самородков больше не встречалось, и горную породу нужно было измельчать в порошок, чтобы извлечь все более мелкие золотые крупинки. Поселки золотодобытчиков, в которых прежде царили антисанитария и беззаконие, начали принимать цивилизованный вид. Многие неудачливые золотоискатели превратились в лавочников. В 1853 г. молодой иммигрант из Германии по имени Леви Страусс перебрался в Сан-Франциско, который служил воротами к золотым приискам, и открыл там магазин. Через 20 лет он первым в мире начал выпускать синие хлопчатобумажные джинсы – униформу золотоискателей, ковбоев Дикого Запада, а в наше время – всего мира.

Когда в январе 1848 г. Маршалл нашел золото, Калифорния была небольшой территорией, не имевшей статуса штата. Здесь жили около 20 000 белых и сколько-то индейцев. За несколько лет население выросло до сотен тысяч человек, а в 1880 г. достигло почти миллиона. Сегодня это самый населенный штат США с одной из самых крупных в мире экономик. Здесь масштабы и прибыльность инвестиций носили беспрецедентный характер. Открытие золотоносных месторождений способствовало стремительному экономическому росту в период промышленной революции в США. Благодаря потокам иммигрантов и строительству железных дорог Калифорния, превращавшаяся из сельскохозяйственного штата в промышленный, оказалась связана с переживавшим экономический бум Восточным побережьем. Процесс подкреплялся посредством инвестиций. И в то время как возможности для золотоискателей сокращались, возникали новые способы сколотить состояние в зарождающихся отраслях промышленности штата. Казалось, каждый имеет возможность быстро обогатиться в период беспрецедентного экономического роста.

Золотые монеты

В Древнем Египте искусство изготовления золотых украшений достигло высокого уровня. С их помощью фараоны демонстрировали свою власть и близость к богам. Позолотой покрывали статуи богов, храмы, обелиски и пирамиды. Божественная природа

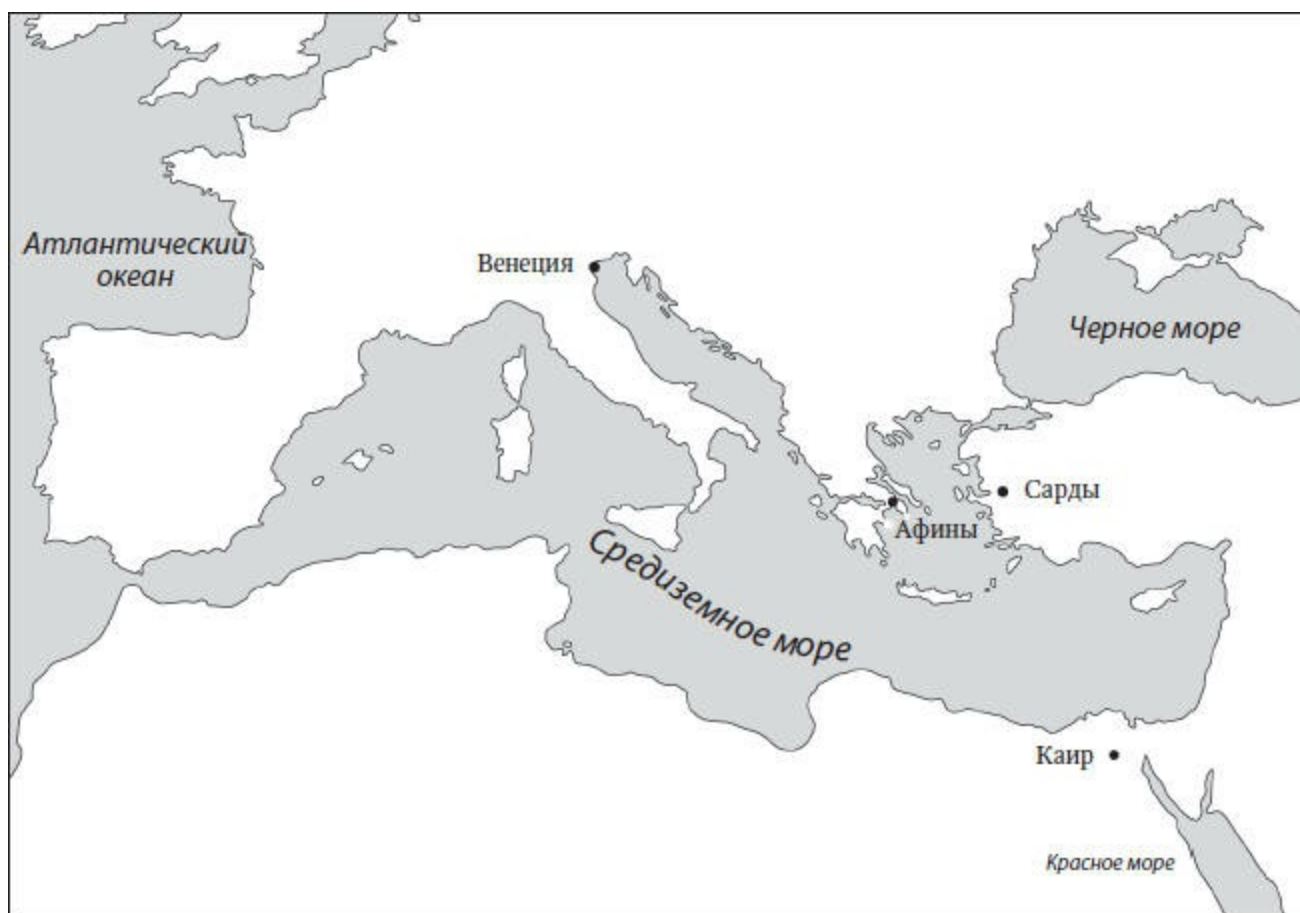
золота предполагала также его использование для прославления умерших. Самый известный пример – посмертная маска и саркофаги Тутанхамона. Благодаря этим ассоциациям золото высоко ценилось и становилось общепризнанным средством сберечь богатство. Известно, что египтяне изготавливали золотые слитки еще в 4000 г. до н.э. В отличие от урожая и домашнего скота, золото не громоздко, не подвержено порче, его можно перевозить, чтобы осуществлять платежи в других городах и странах. Оно хранится как угодно долго. Однако есть и свои недостатки. Ценность золота зависит от чистоты, и поэтому всегда нужно иметь надежный способ удостовериться, что предлагаемый вам платеж заслуживает доверия [22].

В VII в. до н.э. процветающий торговый город Сарды (столица государства Лидия, находящегося на территории современной Турции), имевший собственные источники золота и серебра, одним из первых предложил решение этой задачи. Так как река Пактолюс, протекавшая через город, извивалась на пути к средиземноморскому побережью, в местах изгибов русла она выносила на берег частички золота и серебра, которые естественным образом соединялись между собой, образуя сплав, получивший название электрон.

Согласно греческой мифологии, река получила это богатство, когда царь Мидас купался в ее водах, чтобы избавиться от дарованной богами способности превращать в золото все, к чему он прикасался. Соотношение золота и серебра в электроне менялось в широких пределах, а значит, менялась и ценность сплава. В естественном состоянии он не мог служить надежным средством проведения расчетов. Тем не менее лидийцы чеканили из электрона монеты, номинальная стоимость которых была всегда одной и той же, независимо от фактического количества золота и серебра [23]. Трудная и часто неточная процедура проверки чистоты электрона каждый раз, когда он переходил из рук в руки, стала ненужной. Купцы могли спокойно совершать транзакции, даже не доверяя тем людям, с которыми имели дело.

В середине VI в. до н.э., в эпоху правления царя Креза, лидийцы нашли способ разделять электрон на практически чистое золото и серебро посредством нагревания с солью. Крез стал первым монархом, при котором монеты чеканили из чистого золота и чистого серебра; на них изображались символы лидийского царствующего дома – лев и бык, символизирующие две противоположные силы – жизнь и смерть [24]. В результате удалось избавиться от серьезного недостатка монет из электрона, которые использовались только для внутреннего хождения; теперь монеты царской чеканки принимали и в других странах, что было очень важно для Сардов. Расположенный между Эгейским морем и рекой Евфрат, этот город мог использовать преимущества растущего товарообмена между Востоком и Западом. Монеты Креза повысили эффективность и надежность международных торговых операций и вскоре получили хождение по всей Малой Азии. Золото перестало быть исключительно средством сбережения богатств правителей. Теперь оно оказалось в руках купцов. По мере роста объема международной торговли увеличивалось количество золота и серебра, переходившего из рук в руки.

Что касается государства Лидии, то его богатства расходовались на предметы роскоши и амбициозные военные походы. В 546 г. до н.э. Крез напал на Великую персидскую империю Кира, но на этот раз он зашел слишком далеко [25] – через год он потерпел полное поражение. Однако его наследие не пропало бесследно: его монеты стали использовать персы, начавшие продвигаться на запад. Изобретение Креза превратило золотые и серебряные монеты в стандарты ценности, со временем распространившиеся по всему миру.



В моей библиотеке имеется альбом гравюр, изготовленных Джованни Баттистой Брустолоном по рисункам Каналетто. На одной изображена толпа народа на площади Сан-Марко. Ее едва сдерживают охранники, вооруженные палками, с собаками на поводках. В центре площади на porzzetto (разновидность портшеза) восседает дож Венеции. Он только что принял власть в соборе Сан-Марко, который виднеется на заднем плане. И в то время как дожа несут через площадь, он бросает в толпу сотни золотых и серебряных монет, что и порождает показанный на гравюре хаос. Здесь, как и в джунглях далекой Южной Америки, мужчины и женщины сражаются за золото.

Эта сцена произошла в XVIII в., в городе, который шестью столетиями ранее стал новым торговым центром Евразии. В Венеции, как и в Сардах, золото поддерживало благосостояние. В XII–XIII вв. объемы торговли между Востоком и Западом неуклонно росли, так как экономика Западной Европы быстро развивалась. Шелк, пряности и другие предметы роскоши привозились в такие крупные торговые города, как Генуя, Флоренция и Венеция, где продавались по высоким ценам. К 1252 г. Флоренция накопила столько золота, что смогла начать чеканить свою монету – флорин. В 1284 г. при правлении дожа Джованни Дандоло Венеция последовала примеру Флоренции и впервые стала чеканить золотые дукаты, вес и чистота которых были такими же, как и у флорина [26]. Золотые дукаты вскоре стали эталоном ценности, переняв эту роль у серебряных гросси, также чеканившихся в городе. Мощный венецианский торговый и военный флот гарантировал хождение дукатов по всей Европе.

Дукат стал европейским стандартом, известным и принятым повсюду, а также своего рода рекламой мощи и власти Венеции. В декрете, выпущенном венецианским Сенатом в 1472 г., утверждалось: «Деньги наших доминионов – мускулатура, а возможно, и душа Республики» [27]. Дзекка, монетный двор, где изготавливались венецианские монеты,

оказался физическим и политическим центром города. Это трехэтажное здание вытянулось вдоль набережной, а входы в него находились напротив Дворца дождей. Каждый дож гордился монетным двором и дукатами, на которых выбивали его профиль. Здесь пять веков вплоть до падения Республики в 1797 г. чеканились венецианские дукаты, всегда сохранявшие неизменные вес и чистоту.

Однако иногда находившиеся в обращении золотые дукаты подделывали, а их края обрезали, в результате чего монеты теряли часть ценности. Нечистые на руку люди переплавляли обрезки, а затем полученные слитки продавали на монетный двор. Фальшивомонетчики же просто чеканили дукаты из менее ценных сплавов. Такие практики подрывали доверие к венецианской валюте [28]. Масштаб бедствия стал таким огромным, что Совет Сорока, высший судебный орган Венеции, объявил обрезание краев золотых монет грехом, противным Богу. Мужчины, пойманные за этим занятием, подвергались штрафу, отрубанию правой руки и ослеплению на оба глаза. Женщины за то же преступление осуждались на пожизненное заключение [29].

С этой проблемой сталкивалась не только Венеция. В Англии, в правление королевы Елизаветы, тех, кто «обкусывал» края монет, могли повесить или сжечь заживо, но эти меры мало кого останавливали. К 1695 г., в эпоху правления Стюартов, фальшивые монеты составляли около десятой части всех находившихся в обращении в Англии. «Исключительно от случая зависело, окажется ли шиллинг, десятипенсовик, шестипенсовик или гроут^[6] тем, за что его выдают», – писал историк лорд Маколей, живший в викторианскую эпоху^[7] [30]. На следующий год министр финансов назначил смотрителем монетного двора Исаака Ньютона. Ньютон больше известен благодаря истории с упавшим яблоком и законом движения тел, но, работая на монетном дворе, он сумел оставить о себе более материальную память: современные монеты. До Ньютона эта должность была sinecurой, но он работал с огромным энтузиазмом. Одна из его функций как смотрителя заключалась в использовании силы закона против преступлений, направленных на подрыв национальной валюты. Он стал одновременно и детективом, и прокурором, используя свой научный гений для борьбы с преступлениями в сфере финансов. Чтобы расстроить планы фальшивомонетчиков, Ньютон рекомендовал заменить все имевшие хождение в Англии монеты. Многие из них, давно находившиеся в обращении, были сильно истерты, подделать их ничего не стоило. Однако монетный двор изобрел сложную технологию нанесения по краю золотых монет слов «*Deus et tutamen*» («Украшение и защита»). Эту надпись до сих пор можно увидеть на кромке золотых монет достоинством в один фунт [31]. В XVII в. ни один фальшивомонетчик не имел оборудования, чтобы наносить такие надписи, и поэтому английский банк хотел заменить все старые монеты на новые, защищенные. Но у Ньютона имелась даже более важная причина. С некоторых пор серебряные монеты стали активно вывозиться из Англии. Так как серебряные монеты более низких номиналов были необходимы для оплаты повседневных покупок, то их исчезновение причиняло вред отечественному бизнесу. Ньютон решил использовать свой интеллект для решения этой экономической проблемы.

Стандарт ценности

Британская монетная система страдала от феномена, получившего название закона Грешема. Суть в том, что «плохие» деньги вытесняют «хорошие». Отношение стоимости

унции золота к унции серебра было зафиксировано законом, и получалось, что внутри страны серебро ценится ниже, чем за ее пределами. Люди могли извлекать прибыль, переплавляя серебряные монеты и продавая их по более высокой цене на международном рынке. Так серебро, или «хорошие» деньги, исчезало из страны. Лорд Маколей писал: «Огромные количества монет переплавлялись, огромные количества экспортировались, огромные количества тайно накапливались, но едва ли какую-то новую монету можно было найти в кассе магазина» [32].

Ньютон понимал: одних только новых законов недостаточно для прекращения тайного экспорта серебряных слитков за границу. Он видел, как рисковали жизнями фальшивомонетчики и «обрезатели кромок» ради быстрой прибыли. Поэтому он рекомендовал очевидную меру: сделать курс обмена золота на серебро более близким к преобладавшему за рубежом и запретить расплачиваться золотыми гинеями или получать их в оплату иначе, чем по курсу в 21 серебряный шиллинг. Но такой корректировки оказалось недостаточно, и серебро продолжало уплывать за границу. Золотые монеты вскоре стали главным средством расчета, и Великобритания *de facto* перешла к золотому стандарту, при котором стоимость денежной единицы определяется фиксированным количеством золота. Ошибка в расчетах Ньютона усилила позицию золота; почти столетие спустя, в 1816 г., английский банк ввел в обращение британский золотой соверен.

Подобно венецианскому дукату, золотой соверен стал символом самой могущественной в мире торговой державы и начал приниматься по всему миру как самая надежная валюта. Я помню, как в 1950-х гг., когда мы с родителями жили в Иране, я отправился с отцом в отдаленную деревню, чтобы купить персидский ковер. Наша торговля с продавцом была меновой; мы увезли с собой три ковра, которые и сегодня лежат в моем доме, отдав за них три золотых соверена и старый костюм. Даже в захолустье британский соверен был известен и пользовался полным доверием.

Когда крупнейшая мировая экономика перешла к использованию золотого стандарта, другие страны вскоре последовали ее примеру. Золотой стандарт был введен в Германии в 1872 г. после окончания франко-прусской войны, а чуть позже в Голландии, Австро-Венгрии, России и скандинавских странах. Закон о чеканке монет 1873 г. *de facto* ввел золотой стандарт в США, а Франция присоединилась к системе в 1878 г. К началу 1900-х гг. только Китай, несколько стран Латинской Америки и Персия не последовали примеру ведущих экономик мира. Эти изменения стали возможны благодаря открытию новых месторождений золота, которое стали активно добывать в Америке, Южной Африке и Австралии. В первые шесть лет калифорнийской золотой лихорадки старатели добыли золота приблизительно на 350 млн долл. (около 10 млрд долл. из расчета на сегодня). Всего через 60 лет после открытия, сделанного Маршаллом, мировая добыча золота выросла в 100 раз. Подобно тому как правители Лидии и Венеции использовали внезапный приток драгоценного металла для реформирования денежной системы, новые потоки золота в мире изменяли международную валютную систему. Эта система принесла много преимуществ странам, все больше и больше полагавшимся на торговлю друг с другом. Для этого требовалась стабильность валютных курсов, которая достигалась благодаря привязке стоимости каждой национальной валюты к фиксированному количеству золота. Правительства гарантировали каждому человеку возможность обмена валюты на золото, что создало условия для перемещения валют между странами. Международный золотой стандарт обеспечил безопасность и стабильность, необходимые для глобализации капиталов и торговли. Он также установил фиксированную

цену на золото.

С 1880 г. и до начала Первой мировой войны система золотого стандарта процветала. В период относительного спокойствия и благополучия благоговение всего мира перед золотом поддерживало глобальный экономический рост. Подобно тому как золотые монеты царя Креза и венецианские дукаты имели ключевое значение для возвышения двух великих евразийских цивилизаций, так и золотой стандарт сделал возможным процветание мировой экономики. Но в действительности все обстояло не так гладко. США использовали и золото, и серебро в качестве законного платежного средства, и это порождало те же проблемы, что в свое время в Великобритании. После Гражданской войны США перешли на монометаллический золотой стандарт. Это ограничило рост инфляции и облегчило мировую торговлю, но привело к уменьшению денежной массы. Сторонники новой системы – «золотые демократы» и большинство республиканцев – говорили о финансовой дисциплине, способствующей процветанию, а их оппоненты – большинство демократов и «серебряные республиканцы» – хотели возвращения серебра, которое увеличило бы предложение денег, позволило бы «сражающимся массам» почувствовать себя более процветающими за счет «ленивых владельцев бесполезного капитала» [33] и принесло бы выгоду местной промышленности, занимающейся добычей серебра. Кульминацией противостояния стала знаменитая речь Уильяма Дженнингса Брайана, произнесенная в 1896 г. Выступая против жесткой монетарной политики, он заявил: «Вы не будете надевать на голову трудового народа этот терновый венец, вы не станете распинать человечество на золотом кресте» [34]. Но яркая речь не возымела действия. В мире были открыты новые месторождения золота, и предложение денег увеличилось.

В период Первой мировой войны золотой стандарт испытывал все более сильное давление. Огромные военные расходы привели к разбалансировке бюджетов, что вызвало рост инфляции, и в результате не все правительства оказались в состоянии гарантировать обмен валюты на золото. Во время обеих мировых войн многие страны выходили из системы золотого стандарта. После окончания кампаний огромные государственные расходы на восстановление нормальной жизни сказывались на финансах. Многие правительства не хотели ограничиваться рамками золотого стандарта и предпочитали иметь монетарную систему, предоставлявшую больше свободы для достижения внутривалютных целей. Британский экономист Джон Мейнард Кейнс ясно видел, что участие в системе золотого стандарта ограничивает способность демократии проводить собственную внутреннюю политику, например, направленную на сокращение безработицы.

Несмотря на все эти трудности, желание сохранить золотой стандарт не исчезло. Бреттон-Вудское соглашение успешно возродило его. В попытках обретения стабильности и единства после Второй мировой войны международный золотой стандарт снова ввели в 1944 г. В соответствии с новым соглашением стоимость доллара привязывалась к цене золота. США смогли добиться этого соглашения, так как их экономика была в хорошей форме и мало пострадала от войны. Но ни одна валюта не является столь же прочной, как золото. В 1960-х гг. ранее процветавшая американская экономика начала слабеть. Большие внутренние расходы и огромные затраты на вьетнамскую войну усиливали дисбаланс платежей и поступлений. Инфляция и безработица росли, а золотые запасы страны стремительно таяли. США больше не могли гарантировать конвертируемости валюты в золото, и Бреттон-Вудское соглашение стало ограничивать возможность правительства заниматься укреплением экономики.

Президент Никсон имел два варианта: поднять налоги, поднять процентные ставки и ввести жесткую бюджетную дисциплину или отказаться от привязки стоимости доллара к золоту и допустить свободно плавающий курс доллара на валютном рынке. В пятницу 13 августа 1971 г. для обсуждения сложившейся ситуации президент отправился со своими экономическими советниками в Кемп-Дэвид, где и принял решение отказаться от золотого стандарта. В результате наступившего после этого всеобщего смятения цена золота начала устойчиво расти и к 1980 г. достигла рекордного уровня в 859 долл. за унцию: инвесторы, пытаясь уберечь свои средства от инфляции, вкладывали их в золото. И как раз тогда, когда цена достигла максимума, счастливое открытие нового месторождения в бразильских джунглях снова показало, какие трудности готов преодолеть человек ради обладания этим притягательным химическим веществом.

Вечное очарование

В 1980 г. вблизи небольшого городка Трес Баррас на юге Бразилии местный крестьянин, работая на участке земли, отвоеванном у джунглей, увидел, что из грязи торчит блестящий золотой самородок. Он продал самородок в соседнем городе, и весть об этом быстро распространилась по окрестностям. Вскоре 10 000 золотоискателей-garimpeiros появились вблизи фермы в надежде найти что-нибудь для себя. Быстро строились временные поселения, подобные тем, что возникали во времена золотой лихорадки в Калифорнии. Рабочие жили в нечеловеческих бытовых условиях. Воровство, проституция и грабежи стали обычным явлением. В 1979–1980 гг. объем добываемого золота в Бразилии вырос более чем вчетверо, до 37 тонн, во многом благодаря месторождению в Трес Баррас [35].

В 1986 г., когда фотожурналист Себастиро Сальгадо прибыл в Трес Баррас, ныне называемый Серра Пелада, городок выглядел уже гораздо лучше. Территория месторождения была разбита на небольшие участки, на каждом трудилась небольшая бригада рабочих. Владелец участка платил рабочему всего 20 центов за каждый пятидесятикилограммовый мешок грунта, поднятого на поверхность. Когда на участке обнаруживалось золото, каждый рабочий получал право выбрать один из мешков. «Внутри они могли найти богатство и свободу, – писал Сальгадо. – Их жизнь – непрерывная череда спусков в шахту и подъемов вверх с мешком земли и надеждой на золото» [36]. Шахта вырыта в тяжелом грунте, а значит, механическое оборудование использовать невозможно. На фотографиях Сальгадо запечатлел рабочих, похожих на муравьев: они карабкаются вверх по лестницам, установленным вдоль ненадежных стенок шахты. Кажется, черно-белые снимки сделаны в давнюю эпоху; показанное на них больше напоминает добычу золота испанскими конкистадорами, чем сцены из современной жизни. Золото помогает поддерживать развитие экономики, но слишком часто обеспеченные им преимущества сосредоточены в руках немногих влиятельных людей. В Серра Пелада несколько богатых землевладельцев долгое время забирали себе львиную долю доходов, а затем, когда в 1992 г. шахта закрылась, оставили тысячи рабочих без средств к существованию [37].

Использование людьми золота не сильно изменилось со времен фараонов, индейцев муиска или ренессансной Венеции. Во все эпохи золото использовалось в ювелирных украшениях и в качестве средства сбережения богатства, символизируя власть и безопасность. Во времена процветания богатство выставляется наружу, и монеты легко

переходят из рук в руки; в беспокойные времена золото припрятывают. В эпоху широкого распространения международного золотого стандарта в конце XIX в. значительная часть золота размещалась в подземных хранилищах в виде слитков. В 1930 г. Кейнс так рассуждал об исчезновении золота: «[Оно] больше не переходит из рук в руки, и жадные пальцы людей больше не касаются благородного металла. Маленькие домашние божки, обитавшие в кошельках, чулках и оловянных коробках, в каждой стране были проглочены одним золотым идолом, который живет под землей и никому не виден. Золото вышло из поля зрения и вернулось обратно вглубь земли. Но, перестав видеть богов, шествующих по планете в желтых доспехах, мы начинаем рассуждать о них рационалистически, и вскоре от них ничего не остается» [38]. Кейнс предсказывал, что золото утратит иррациональное очарование. Но недавняя история свидетельствует об обратном. В августе 2011 г., вскоре после финансового кризиса 2008 г., цена золота достигла рекордного значения в 1900 долл. за унцию, то есть за четыре года выросла более чем вдвое.

Чтобы извлечь золото из земли, шахтерам всегда приходилось вгрызаться глубоко в землю. Я впервые посетил шахту в Бингхем Кэньон, где добывались золото и медь, в 1986 г., когда она принадлежала British Petroleum. Шахта шириной 4,4 километра и глубиной 1,2 километра – самое большое рукотворное отверстие на поверхности Земли. Ее вырыли с помощью оборудования, которое заставило меня почувствовать себя муравьем среди великанов. В то время медь стоила настолько дешево, что только золото обеспечивало безубыточную работу шахты. Южноафриканский золотой рудник Тау Тона, расположенный на уровне четырех километров ниже поверхности земли, – самое глубокое горнодобывающее предприятие в мире. Извлекаемая из него горная порода содержит лишь мельчайшие частицы золота. Каждый год в рудниках Южной Африки добывают 500 тонн золота, для чего требуется поднимать на поверхность и измельчать миллионы тонн горной породы. Ценой огромных издержек мы извлекаем золото из глубин – только для того, чтобы снова упрятать его под землю в виде слитков.

Очарование золотаечно, и мы продолжаем относиться к нему почти с религиозным благоговением. К нему не привязана никакая валюта, и оно никак не облегчает торговлю, но мы по-прежнему хотим иметь его больше и больше. Оно все так же остается общемировым символом богатства и успеха. В попытках современной имитации Эльдорадо элегантные, загорелые женщины украшают себя золотыми украшениями; олимпийских чемпионов и нобелевских лауреатов награждают золотыми медалями; а во время венчания жених и невеста по-прежнему обмениваются золотыми кольцами. Наша вера в золото сохраняется; наши отношения с ним никогда не прекратятся [39]. Золото не исчезает, потому что не подвержено порче. Так где же сейчас золото фараонов и конкистадоров? Оно переплавлено и приняло иные формы. Обручальное кольцо на вашем безымянном пальце могло быть сделано из золота, добытого на шахтах Бингхем Кэньон или Тау Тона. Но вряд ли в нем есть хотя бы малая толика золотых россыпей Эльдорадо.

Серебро впервые вошло в мою жизнь вместе с увлечением фотографией. В детские годы, проведенные в Сингапуре, я часто чувствовал себя одиноко: родители каждый день уезжали на работу, оставляя меня на попечение няни. То, что они оба работали, в 1950-х гг. выглядело необычно, а вот няня воспринималась как норма. Чтобы я не скучал, мне подарили фотоаппарат, и с тех пор всю мою жизнь длится роман с фотографией, благодаря которому серебро изменило мой мир, дав источник радости и способ изучать окружающую жизнь.

Задолго до изобретения фотографии серебро, подобно золоту, использовалось как средство накопления и символ богатства. Именно с этого я начну свой рассказ. В Южной Америке слухи о La Sierra de la Plata, Серебряных горах, распространялись среди конкистадоров вместе с возникшей чуть ранее легенде об Эльдорадо. Эти горы, как они слышали от индейцев, находятся в жаркой и засушливой области Чако Бореаль. Страдая от тяжелого климата и жестоко мучая местное население, испанские конкистадоры достигли горной области Кордильера Реаль. Их усилия оказались не напрасны, чего не скажешь об экспедициях, отправлявшихся на поиски Эльдорадо. Поднявшись на вершину высотой почти 5000 метров над уровнем моря, они увидели перед собой конус горы Серро де Потоси. Прокопав тонкий слой земли на склонах, они обнаружили: гора действительно состоит из серебра [1].

Серебряная гора

Приблизительно в начале XVI в., за несколько десятилетий до появления испанских конкистадоров на территории государства инков, император Уайна Капак (отец Атагуальпы, впоследствии предательски убитого конкистадорами) увидел идеальную коническую форму Серро де Потоси и почему-то сделал вывод, что она должна состоять из драгоценных камней и металлов. И оказался прав. Десятки миллионов лет тому назад вулканический материал, содержащий большое количество металлов, вырвался на поверхность земли в скальные разломы формировавшейся Серро де Потоси. Там он затвердел и образовал часто расположенные серебряные жилы. Скрытые под тонким слоем почвы на склонах горы, они не разрабатывались до появления государства инков. Согласно легенде, люди императора, начавшие раскапывать склон горы, внезапно услышали громкий голос, сказавший: «Бог приберег это для других, которые придут после вас» [2]. Они бросились наутек и дали горе название Потоси, что на языке куэкан означает «большой гром».

«Другими», по-видимому, и должны были стать испанские конкистадоры. Никто не знает, кто первый открыл серебряные жилы горы Потоси. Об этом сохранилось немало историй. Одна из них рассказывает об индейце-охотнике. Преследуя дикую ламу, он споткнулся о кусок серебра на склоне горы. Вполне вероятно, что моменту появления испанцев в 1540-х гг. добычей драгоценностей в малых объемах уже занимались, но масштабные работы начались только после прибытия в империю инков Гонсало Писарро. К 1545 г. конкистадоры глубоко вгрызлись в серебряное сердце горы. Небольшое поселение под названием Потоси, расположенное в тени горы и получившее ее имя, вскоре стало центром Перу и одним крупнейших и богатейших городов мира. Когда четверть века спустя по

приказу вице-короля Франсиско Толедского была проведена первая перепись, выяснилось, что деревушка из нескольких хижин превратилась в город с населением 120 000 человек.

Здесь, на высоте 4000 метров над уровнем моря, воздух сух и холоден, часто дуют сильные ветры. Луис Капоке, мастер по добыче и очистке серебра, живший в XVI в., писал о сильнейших ветрах, которые «приносят с собой так много пыли и песка, что воздух делается непрозрачным» [3]. В этом суровом месте, окруженном вершинами Анд, испанцы построили богатый город. Вдоль узких улиц – роскошные особняки в колониальном стиле; купцы продавали «фетровые шляпы из Франции... стальные инструменты из Германии... стекло из Венеции» [4]. Для развлечения были построены игорные дома, танцевальные залы и театры. В городе жили около 700 профессиональных игроков и более 100 проституток. Обычным делом стали вооруженные столкновения между многочисленными группировками искателей удачи со всего мира, а дуэли происходили регулярно и не запрещались властями. Потоси стал южноамериканским центром колониального распутства и экстравагантных празднеств. В 1608 г. в честь дня Святого Причастия театральные представления длились подряд шесть дней, ночные маскарады – шесть ночей, бои быков – восемь дней, фиесты – три дня и рыцарские турниры – два. В один из дней фиесты на центральной городской площади выступал «цирк, показывавший разнообразных зверей из Ноева ковчега, и били фонтаны воды, вина и местного хмельного напитка» [5]. Золотой город Эльдorado, возможно, миф, но из богатств горы Серро де Потоси конкистадоры создали серебряный город.

Расточительство в городе отражало рост добычи серебра – более чем на 700 %, достигнутый с 1573 по 1585 г. благодаря новым методам гидравлической разработки. Они требовали круглогодичного использования большого количества воды. В результате были построены широкая дамба и система из соединенных между собой 32 озер, содержавших более 6 000 000 кубометров воды. В 1592 г. добыча серебра достигла рекордного значения в 200 тонн, после чего в XVII–XVIII вв. она продолжала медленно снижаться. Два столетия кряду гора обеспечивала более половины мировой добычи серебра, а в целом из ее недр было извлечено более 30 000 тонн благородного металла.

Испанская поговорка «vale un Potosi», «богатый как Потоси», стала выражением высшего призвания [6]. Потоси стал мировым символом богатства, в результате чего глава Священной Римской империи присвоил ему звание императорского города; на гербе изображен щит с надписью, которую можно перевести следующим образом: «Я богатый Потоси, сокровище мира, король гор, предмет зависти королей» [7].

Но под внешним блеском роскоши скрывалась ужасающая реальность – фактическое рабство миллионов индейцев. Общество инков основывалось на системе принудительного труда, так что индейцы имели «врожденное согласие с представлением об обязательной дани» [8]. По сути, конкистадоры успешно использовали существовавшую социальную структуру, позволившую им превратить местных жителей в рабов. Система просуществовала около 250 лет. Ежегодно более 10 000 мужчин насильственно отправляли сюда из родных горных районов Боливии и Перу [9]. Испанцы смотрели на них как на «бесхозных животных» и иногда заставляли работать на глубине полукилометра под землей по 23 недели в течение года без перерыва, день и ночь [10]. Их жестоко избивали, нередко убивали. Серро де Потоси стала называться «горой, пожирающей мужчин», и это название используется до сих пор шахтерами, которые, рискуя жизнью, по-прежнему добывают здесь олово [11]. Каждый год перед входом в шахту шахтеры приносят в жертву ламу в надежде умиловить дьявола, живущего внутри горы. Но сегодня город Потоси, как и гора, – лишь пустая оболочка,

лишенная содержимого. Высоко в Андах, где климат не позволяет заниматься сельским хозяйством, вдали от крупнейших городов Южной Америки, серебряные копи поддерживали роскошную жизнь города в XVI–XVII вв. Когда добыча драгоценных металлов прекратилась, из города исчезли люди, закрылись игорные дома, закончились шумные праздники. В отличие от Калифорнии, благополучно пережившей золотую лихорадку, Потоси не обладала возможностями для диверсификации экономики. Гора, изрытая туннелями, с тех пор оставалась в ужасном состоянии, со склонами, заваленными пустой породой, придававшей Серро де Потоси красноватый оттенок.

Вместе с золотом Атагуальпы и индейцев племени муисков огромное количество добытого в Потоси серебра было перевезено в Европу купцами или отправлено королю Испании как дань. Но, как заметил комментатор, живший в XVII в., «то, что отправляется в Испанию из Перу, – не серебро, а пот и кровь индейцев» [12].

Серебряные рудники Богемии

Серебро из Потоси проходило через такие центры торговли, как Генуя, Флоренция и Венеция. Добыча серебра в Европе также быстро росла. В конце XV – начале XVI в. современные месторождения были открыты в Саксонии и Тироле, а современные технологии добычи опять сделали прибыльными старые, заброшенные шахты [13]. В 1527 г., во время горнорудного бума, в маленьком богемском городке Иоахимшталь, расположенном недалеко от границы с Саксонией, работал городским врачом Георг Агрикола. Иоахимшталь (ныне Яхимов) расположен на склонах Рудных гор на территории современной Чехии, в самом центре европейской горнодобывающей промышленности. Здесь Агрикола увидел, как наука и технология добычи и переработки руды изменяют окружающий мир. Городок был основан всего за 11 лет до приезда Агриколы, но за эти годы население его выросло с 1000 до более чем 14 000 человек благодаря успешной добыче серебра на близлежащих рудниках и чеканке монет, называвшихся талерами [14]. Агрикола отдал много времени изучению горного дела, посещал шахты и плавильни на склонах окрестных гор. В 1530 г. он ушел с должности городского врача и провел несколько лет в путешествиях. Его последующие исследования вылились в фундаментальный труд по горнорудному делу «De re metallica» – самый авторитетный в этой области вплоть до эпохи Просвещения.

Агрикола не только подробно объясняет, как находить, извлекать и переплавлять руды ценных металлов, но и выступает защитником интересов шахтера и горнорудной индустрии в целом. Для самого Агриколы преимущества горнорудного дела очевидны: это в первую очередь получение ингредиентов для лекарств и красок и металлов для монет. «Ни один смертный, – пишет Агрикола, – никогда не возделывал землю без [металлических] орудий» [15]. Тех, кто подвергал сомнению важность шахтерского труда, Агрикола, считавший, что рудокопы влачат «самое горькое и несчастное существование», спрашивал: «Насколько прибыльность золотых и серебряных рудников превосходит прибыльность сельского хозяйства?.. Те, кто осуждает горнорудное дело, говорят, что оно очень ненадежно, и сверх меры прославляют сельское хозяйство. Но я не вижу причин для подобных утверждений, так как серебряные рудники до сих пор не истощились после 400 лет разработки» [16]. Но, добавляет он, горное дело прибыльно лишь для тех, кто проявляет к нему заботу и внимание [17]. Чтобы добиться успеха, горнозаводчик должен освоить много наук и ремесел [18]. Он

должен знать, как сохранять здоровье своих рабочих и «защищать свои права» с помощью закона. Складывается впечатление, будто Агрикола описывает то, чем должны заниматься сегодняшние горнодобывающие компании.

Агрикола подробно рассказывает о «случайном» открытии в XII в. крупной серебряной жилы в реке Заале вблизи города Фрайбурга, в 50 милях от Иоachimшталя, под руководством маркграфа Отто Мейсенского, более известного как Отто Богатый [19]. В XIII в. Фрайбург был центром добычи серебра в Европе; в его окрестностях постоянно происходило освоение новых рудников. Но ситуация стала меняться во второй половине XIV в., когда новых месторождений становилось все меньше, и серебро перестало притекать в Европу [20].

Рудокопы, продвигаясь вглубь серебряных жил, достигли в конце концов тонких черных жил урановой смолки, которую мы также называем урановой рудой или уранинитом (настураном). Ее появление обычно сигнализирует об окончании серебряной жилы. Урановая смола в Иоachimштале была очень богата ураном и позднее использовалась для создания атомной бомбы. Другие рудники были заброшены, потому что в них находились «демоны свирепого облика», которых, как писал Агрикола, нужно было «изгонять с помощью молитвы и поста» [21]. Теперь мы догадываемся, что под демонами следует понимать ядовитые и взрывоопасные газы. С тех пор горнорудное дело сделало огромный шаг вперед. Мы больше не используем астрономию для определения направления залегания жил и не верим в демонов и троллей. Расположенная на глубине четырех километров золотоносная шахта Тау Тона в Южной Африке и сложные технологии добычи редкоземельных металлов – за пределами самых смелых фантазий Агриколы. Однако его утверждения о преимуществах, которые разработка месторождений полезных ископаемых может принести обществу, справедливы и сегодня. Удастся ли нам реализовать эти возможности, зависит от того, как мы станем извлекать и использовать полезные ископаемые. Агрикола понимал, что сами по себе химические элементы не являются ни хорошими, ни плохими: «Ибо хорошие люди используют их во благо, и тогда они полезны. Дурные же люди используют их плохо, и тогда они вредны» [22].

Серебро из Богемии изменило монетную систему Европы. Отто Богатый и его наследники открыли десятки монетных дворов в Германии. Там чеканили серебряные монеты, направлявшиеся в Англию в обмен на шерсть и одежду. Серебряные монеты выпускались в невиданных ранее масштабах. Они были во многих отношениях более практичными, чем золотые. Их более низкая ценность позволяла использовать их в некрупных сделках между представителями бурно развивавшегося в Европе торгового класса. Серебряные монеты даже попадали в руки крестьянам – возможно, впервые со времен Античности.

Афинские совы

«Афинскими совами» называют толстые и тяжелые серебряные монеты. На одной стороне изображена голова Афины в шлеме, а на другой – сова, символ мудрости. Впервые отчеканенные в Афинах в конце VI в. до н.э., они вскоре распространились далеко за пределы города. «Совы» использовались в качестве инструмента международной торговли и служили символом могущества города-государства. Другие монеты появлялись и исчезали, а форма и вес «сов» оставались неизменными на протяжении более чем трех веков.

Стабильность гарантировала афинским монетам признание и доверие во всем Средиземноморье. Только венецианский дукат в Европе, чеканившийся более 500 лет, по долговечности мог соперничать с «совой». Первые «совы» появились, когда Афины вступили в эпоху невиданного политического и экономического подъема, сопровождавшегося установлением прочной демократии [23]. Процветание Афин зависело от способности благодаря мощному флоту контролировать Эгейское море, его острова и прибрежные города. Но оно также зависело и от серебра, значительная часть которого поступала из Лаврийских серебряных рудников, расположенных в 65 километрах к югу от города. Рудники помогли Афинам стать самой выдающейся цивилизацией Средиземноморья. Ксенофонт писал: «Щедрые боги даровали нам неиссякаемые серебряные рудники, обеспечившие нам преимущество перед соседями, которым не удалось открыть в своих владениях ни одной серебряной жилы» [24].

Но в 413 г. до н.э. спартанцы захватили ближний к рудникам город и превратили его в крепость и форпост для захвата соседних земель [25], и Афины начали терять контроль над добычей серебра. Один афинский военачальник перешел на сторону спартанцев и рассказал им, как отрезать Афины от Лаврийских серебряных рудников [26]. План удался, рудники были потеряны, и в порыве отчаяния город переплавил золотые украшения Акрополя, включая и восемь золотых статуй Nike, богини победы. В 404 г. после продолжительной осады Афины сдались спартанцам. Фукидид называл хроническую нехватку серебра главной причиной поражения города. Серебряные рудники поддерживали развитие великой цивилизации, и утрата ускорила ее падение. Nike покинула город.

Из статуй были изготовлены новые золотые монеты того же веса и той же формы, что и серебряные, которые они заменили. Но из-за более высокой ценности золота каждая новая монета стоила в 12 раз дороже прежней. Это мешало использовать золотые монеты в местных торговых сделках, и они имели хождение главным образом при оплате товаров из других стран. Именно серебро, а не золото играло главную роль в период политического, экономического и культурного расцвета Афин. Важность серебра очевидна: в Афинах золото стоило в 12 раз дороже, что примерно соответствовало десятикратной разнице в стоимости этих металлов, установленной царем Крезом в Лидии. Более 3000 лет она варьировалась в диапазоне от 9:1 до 16:1, а в 2011 г. золото стоило минимум в 50 раз дороже серебра.

Относительная стоимость серебра и золота свободно изменяется в зависимости от спроса и предложения. Местные вариации в распределении источников золота и серебра приводят к местным различиям в соотношении их стоимости, но по мере развития международной торговли эти различия постепенно сглаживались. Унция серебра всегда стоила намного меньше, чем золота. Это всегда шло в плюс, потому что из него можно чеканить мелкие монеты для повседневных расчетов. Чтобы дать торговцам возможность всегда знать их реальную ценность, государственные казначейства и министерства финансов должны были фиксировать соотношение стоимости золота и серебра. Это раз за разом создавало возможности совершать арбитражные сделки в ущерб государству. Например, еще в Средние века, когда серебро имелось в Европе в избытке, было выгодно отправлять слитки через Средиземное море в страны Северной Африки, чтобы обменивать их на золото. Серебра всегда было больше, чем золота, и для государственных казначейств, желавших увеличить денежную массу, оно было удобно. Но «нездоровая» монетарная практика никогда не приносила устойчивых позитивных результатов. Со временем золото становилось более предпочтительным стандартом ценности: спрос повышался, а относительная цена

укреплялась [27]. Серебро играло все менее значительную роль по сравнению с прошлым, пока в середине XIX в. для него не нашлось новое применение – в фотографии.

Светочувствительные соли серебра

Один из уик-эндов жаркого нью-йоркского лета 1973 г. я провел в Вашингтон-Сквер-парке, фотографируя пейзажи и сюжеты. В центре парка за шахматными столиками всегда сидит много пожилых людей, сосредоточенно следящих за перемещениями фигур на черно-белых досках. Я нажимал кнопку затвора фотоаппарата. Свет, отраженный от участников и зрителей шахматных баталий, шел сквозь объектив на фотопленку, покрытую слоем коллоидного серебра. Там, куда попадали фотоны, образовывались атомы чистого серебра, фиксирующие текущий момент [28].

Идея фиксации изображений впервые пришла в голову англичанину Томасу Веджвуду, сыну прославленного изготовителя изделий из фарфора Джосайи Веджвуда, в конце XVIII в. Джосайя использовал камеру-обскуру, проецирующую изображения окружающих предметов на экран, чтобы быстрее и точнее наносить рисунки на фарфоровые изделия. Веджвуд задумался, как можно зафиксировать изображения, и начал экспериментировать с азотнокислым серебром, высокая светочувствительность которого стала известна после случайного открытия, сделанного в 1725 г. Тогда профессор Иоганн Шульце исследовал свойства азотной кислоты и раствора углекислого кальция (иногда содержащего небольшое количество серебра) в Университете Альтдорф, расположенном недалеко от Нюрнберга. Он работал поблизости от окна, и так как день был солнечный, яркий свет падал на прозрачный сосуд с раствором. Он заметил, что часть раствора, обращенная к окну, внезапно окрасилась в пурпурный цвет, а часть, обращенная внутрь лаборатории, оставалась белой. Он повторил эксперимент снова, но на этот раз держал сосуд в темноте. Никаких изменений цвета не произошло.

Шульце понял: смесь изменяет цвет под влиянием солнечного света, и после дальнейших исследований пришел к выводу, что именно серебро играет главную роль в этой реакции [29]. Веджвуд воспользовался его открытием. Он покрывал листы бумаги раствором азотнокислого серебра и затем размещал над ними различные предметы. Подвергая листы воздействию солнечного света, он получал силуэты этих предметов, но на свету остальная поверхность азотнокислого серебра постепенно делалась темной, и изображения исчезали [30]. Разочарование и слабое здоровье вынудили его прекратить дальнейшие эксперименты. Изобретения фотографии, позволявшей получать устойчивые изображения, пришлось ждать еще 30 лет.

В октябре 1833 г. другой англичанин, Уильям Генри Фокс Тальбот, проводил медовый месяц на берегах озера Комо. Он пытался зарисовать пейзаж с помощью устройства под названием камера люцида – еще одного приспособления для рисовальщиков, в котором используется призма для перенесения изображения ландшафта на бумагу. Но он был не очень удачлив. Отведя глаза от призмы, он «обнаружил, что неуверенный карандаш меланхолически оставлял на бумаге едва заметные линии» [31]. Фокс Тальбот захотел найти лучший метод и по возвращении домой, не зная, по-видимому, об экспериментах Веджвуда, начал создавать силуэты листьев, кружев и других плоских предметов, используя бумагу, покрытую азотнокислым серебром. Но, как и Веджвуд, он обнаружил, что не может

остановить постепенного исчезновения изображений. Как-то он заметил, что края бумаги, которые обрабатывались лишь небольшим количеством соляного раствора (использовавшегося как основа для последующего нанесения слоя азотнокислого серебра), часто оказывались намного чувствительнее к свету. Используя концентрированный соляной раствор, он обнаружил, что может делать бумагу намного более светочувствительной. И тогда он понял, что если обработает освещавшуюся светом бумагу концентрированным соляным раствором, то сможет надежно зафиксировать изображения предметов. Но это только полдела. Изображения, созданные камерой-обскурой, были слишком тусклыми, чтобы производить впечатление. Тальбот начал эксперименты по повышению светочувствительности бумаги и с помощью линз, фокусировавших свет на небольшой площади, смог создавать изображения размером с почтовую открытку, кажущиеся, по словам Тальбота, «работами какого-то художника-лилипута» [32]. Он пошел дальше Шульце и Веджвуда, но, как и они, не смог осознать значения своего открытия и отложил его в сторону ради удовлетворения других интересов.

Тем временем по другую сторону Ла-Манша французский театральный художник экспериментировал со светочувствительными свойствами серебра, используя покрытые серебром медные пластины и йод. Весной 1835 г. Луи-Жак-Манде Дагер убрал облученную светом, но не давшую изображения пластину в шкаф, чтобы позднее отполировать ее и использовать снова. Через несколько дней он увидел: на ней каким-то чудом появилось изображение. Оказалось, что пары ртути из стоявшей в шкафу бутылки способствовали проявлению «скрытого» изображения. Когда пластина подверглась первоначальному воздействию света, атомы серебра создали скрытое изображение, но число их оказалось слишком мало, чтобы сделать его видимым. Пары ртути соединялись с атомами серебра в скрытом изображении и обнаруживали его. Используя этот процесс, Дагер смог сократить время экспонирования всего до 20 минут, что вполне приемлемо при съемке неподвижных предметов. 19 августа 1839 г. Парижская Академия наук объявила об изобретении дагеротипа [33]. Когда об этом узнал Фокс Тальбот, он быстро разработал собственный метод проявки скрытых изображений, используя новый тип светочувствительной бумаги, позволявшей сократить время экспонирования приблизительно до одной минуты [34]. Он назвал новый процесс калотипией [35].

Прошло почти 40 лет после того, как Томас Веджвуд впервые попытался закрепить изображения, используя светочувствительные свойства серебра. Теперь имелось два успешных конкурирующих продукта; и Фокс Тальбот, и Дагер вскоре начали активно убеждать публику в преимуществах своего метода фотографии. Поначалу Фокс Тальбот столкнулся с трудностями продвижения своего процесса [36], который не обеспечивал такой же четкости изображений, как дагеротип, но зато давал возможность получать несколько изображений с одного негатива. Метод Дагера позволял получать с негатива всего одно изображение, и поэтому его применение было более дорогим и часто сводилось к изготовлению фотопортретов богатых людей. Изобретение Тальбота победило, заложив основы для развития фотографического процесса с использованием серебра на ближайшие два столетия.

Я сделал первые фотографии в четыре года, когда жил с родителями в Сингапуре. На них я запечатлел приезд недавно вступившей на престол королевы Елизаветы II в Сингапур, в то время колонию Британской империи. Своим Kodak Brownie я фотографировал родителей, друзей и все, что видел вокруг себя, пока не кончалась пленка. Вместо Brownie я вскоре получил более совершенную модель, а затем сам стал покупать себе все более современные фотоаппараты и сейчас пользуюсь превосходными фотокамерами «Лейка». Эти устройства помогают мне фиксировать быстротечные события и сцены из жизни, хотя и не всегда удачно. Kodak выпустил фотоаппарат Brownie, названный так по имени популярных героев комиксов, в 1900 г. Портативный аппарат с рулонной пленкой исключительно прост в использовании. Он имел мгновенный успех и был особенно популярен у детей. Стоивший пять шиллингов (около четверти средней недельной зарплаты), он был доступен практически всем. Его создание стало возможным благодаря появлению фотопластин, покрывавшихся желатиновым слоем бромистого серебра. Они могли подвергаться экспонированию, хранились достаточно продолжительное время и затем проявлялись в фотолаборатории. Это и есть так называемые сухие фотопластины. Влажные коллоидные пластины, покрытые специальным химическим составом, должны экспонироваться и проявляться в течение короткого времени, вследствие чего фотографа приходилось постоянно носить с собой тяжелые и громоздкие переносные фотолаборатории.

Джордж Истмен, основатель Kodak, впервые познакомился с технологией влажных пластин в 1877 г. и быстро осознал их непрактичность [37]. «Мой набор оборудования, содержащий только самое необходимое, включал фотокамеру размером с коробку из-под мыла, треногу, достаточно прочную и тяжелую, чтобы выдержать вес бунгало, большой ящик для пластин, черную накидку, ванну с раствором нитрата и емкость для воды» [38]. Он прочитал об изобретении сухих пластин и решил провести эксперименты. К 1879 г. он создал собственные сухие пластины, которые могли храниться до проявки намного дольше, чем другие, имевшиеся на рынке. Правда, стеклянные пластины были тяжелыми, хрупкими и дорогими. Но Истмен на этом не успокоился: подобно тому, как позднее действовал Генри Форд со своей Моделью Т, он попытался сделать фотографию доступной широкой публике.

Он хотел «фотоаппарат столь же удобный, как карандаш», но для этого требовался более дешевый и простой фотографический процесс [39]. Он создал «негативную фотобумагу Истмена», которая сматывалась в рулоны и была намного удобнее стекла, для фиксации изображений. Рулон фотобумаги Истмена помещался в небольшой черный ящик, на основе которого он создал простой фотоаппарат, содержащий только самые необходимые приспособления: объектив и затвор. Чтобы открыть его, нужно было дернуть за шнурок [40].

Фотоаппарат «Кодак» впервые поступил в продажу в 1888 г. и стоил 25 долл. (600 долл. на сегодня). Его популярность позволила Истмену начать массовое производство по все более низкой цене. В 1896 г. был выпущен стотысячный фотоаппарат «Кодак». К тому времени цена устройства составляла всего 5 долл. (120 долл. на сегодня). «Кодаки» завоевали рынок благодаря простоте и доступности. Истмен сделал то, что всегда делают великие изобретатели потребительских товаров. Он позволил пользователю (фотографу) сосредоточиться на задаче (фотографировании), делая выполнение технических функций (проявки и печати) незаметными [41]. Фотоаппараты Истмена продавались заряженными фотопленкой, на которую можно было сделать 100 снимков, после чего она отсылалась на фабрику. Через несколько дней владельцу доставляли готовые снимки. Девиз Kodak гласил: «Вы нажимаете кнопку, мы делаем остальное» [42]. К концу следующего года фабрика

обрабатывала около 700 фотопленок в день. Теперь каждый мог стать фотографом. Фотоаппараты «Кодак» дали людям возможность вести фотолетопись своей жизни и фиксировать самые дорогие сердцу моменты. Теперь фотографии можно было видеть повсюду. Они не только получили широкое распространение, но и стали документами, хранящими память об изменявших мир событиях, а запечатленные образы влияли на формирование целых поколений [43].

Моменты истины

Некоторые фотографии иллюстрируют случаи бессердечия, жестокости и нетерпимости. Фотография вьетконговского пленника, к виску которого перед исполнением смертного приговора приставлено дуло пистолета, для меня стала синонимом вьетнамской войны. Фотография тысяч людей, стоящих в очереди за едой в лагере для руандийских беженцев, всегда будет служить напоминанием о геноциде в этой стране. А снимок истощенных узников Освенцима, прижавшихся к забору из колючей проволоки, напоминает о судьбе многих моих родственников, ставших жертвами Холокоста. Однако на других снимках запечатлены более счастливые мгновения. Фотографии, сделанные мною из окон, выходящих на Большой Канал, пытаются передать смену атмосферы в Венеции при переходе от одного времени года к другому. На фотографии, висящей напротив моего рабочего стола, я запечатлел очарованных посетителей церкви Санта-Мария Новелла во Флоренции, разглядывающих фреску работы Мазаччо. Поэтичные снимки коронации Елизаветы II в Вестминстерском аббатстве делались Сесилом Битоном для того, чтобы доставить радость Великобритании, приходящей в себя после Второй мировой войны. Благодаря фотографии мы узнаем о важных моментах мировой истории и храним память о них. Всеми узнаваемые образы создают общие переживания людей [43].

К началу Второй мировой войны появление портативных фотоаппаратов с более чувствительной фотопленкой давало фотокорреспондентам возможность следовать за солдатами, идущими в бой. Первые военные фотографы, например Мэттью Брейди и Роджер Фентон, вынуждены были снимать только неподвижных людей – тогдашняя фототехника оставалась несовершенной. Военный фотограф Роберт Капа находился во втором эшелоне войск союзников, высадившихся в Нормандии в 1944 г. Стоя по пояс в водах Ла-Манша, под свист вражеских пуль Капа сделал несколько исторических снимков этой крупнейшей военной операции. «Если ваши снимки нехороши, значит, вы делали их с недостаточно близкого расстояния», – говаривал Капа [44]. Фотографии помогают запечатлеть мимолетные образы мира, которые при отсутствии в нем серебра сохранялись бы только в виде слабеющих воспоминаний. «Вы делаете снимок в течение малой доли секунды, – объяснял известный фотограф Анри Картье-Брессон в 1957 г. – Ваш глаз должен увидеть композицию или выражение лица, которые предлагает сама жизнь, и нужно интуитивно понимать, когда должен щелкнуть затвор фотоаппарата» [45].

Вовремя нажатая кнопка затвора – и становится понятно, как гражданские лица оказались втянуты во вьетнамскую войну. На фотографиях враг перестает быть безликим чудовищем и превращается в страдающее человеческое существо, с которым зрители могут почувствовать связь. Показывая простых людей на другом краю планеты, фотография пробуждает глобальное общественное сознание. Фотография Эдди Адамса «Казнь в

Сайгоне», о которой говорилось выше, вызвала протесты, ведь изображенное выглядело бездумным убийством невинного вьетнамца. Снимок демонстрирует еще одну способность фотографии – исказить фактические события. Адамс объяснял: «Генерал убил вьетконговца, а я убил моим снимком генерала. Неподвижные фотографии – самое мощное оружие в мире. Люди верят им, но фотографии лгут, даже не прибегая к манипуляциям. Они сообщают только половину правды... Вот то, о чем умолчала фотография: “Что сделали бы вы, если бы оказались генералом в том месте в тот жаркий день и к вам привели бы так называемого плохого парня, который подорвал одного, двух или трех американцев?”» [46].

Хотя фотография близко подходит к истинному отображению реальности, она никоим образом не является абсолютно надежным источником информации. Снимки могут вводить и вводят в заблуждение. Фотографии Иосифа Сталина в окружении соратников постоянно изменялись: по мере того как люди из его окружения уничтожались в ходе партийных чисток, они исчезали и с фотографий. Коммунистическая партия Китая также часто прибегала к манипуляциям в темноте фотолабораторий.

Однако из надежных источников к нам по-прежнему приходят берущие за душу изображения реальности. В 1994 г. фотожурналист Себастьян Сальгадо провел три дня в лагере для беженцев Кибехо на юго-западе Руанды. Каждый день в лагерь прибывали сотни беженцев, стремившихся избежать насилия со стороны вооруженных формирований. Сальгадо испытал шок от того, что увидел. «Масштаб творящегося вокруг ужаса, по-видимому, сделал людей невосприимчивыми к идее смерти. Я видел мужчину, шедшего с узлом в руках и болтавшего с другим мужчиной. Когда они подошли к общей могиле, он бросил на кучу трупов безжизненное тело своего ребенка и повернул назад, продолжая болтать с попутчиком» [47]. Сальгадо хотел использовать фотографии для демонстрации реальности, стоящей за статистическими данными о бедности на планете. Фотографии говорят больше, чем слова: изображение человеческих страданий становится чем-то более важным, чем политические обращения, и задевают за живое каждого, кто их видит. Так фотография заставляет зрителя действовать.

Лично мне серебро предоставляет и другие способы хранить ценные воспоминания. На кофейном столике в моем кабинете лежат три серебряные персидские шкатулки, полученные моими родителями в качестве прощальных подарков при отъезде из Ирана в 1960-е гг. Их рисунок – чеканка по обратной стороне металла, позволяющая получить на лицевой стороне рельефное изображение. Шкатулки пробуждают во мне воспоминания о детских годах в Иране: о реве горящих газовых факелов, о зареве пожара на нефтяном месторождении и, разумеется, о наших посещениях мастерских серебряных дел мастеров, которые, сидя по-турецки, усердно трудились. Серебро всегда помогало сохранять воспоминания с помощью орнаментов и украшений. Но оно также продолжает служить средством сбережения богатства. В 1970-х гг., когда фотографический процесс с использованием серебра имел широчайшее применение, два брата, пытавшиеся найти надежное пристанище для своего огромного богатства, сумели вызвать рост цены на серебро до невиданных ранее высот.

Серебро – последний рывок?

Банкер Хант был прежде всего нефтяником. Он унаследовал интерес к нефти от своего отца Х. Л. Ханта, богатейшего нефтяного магната из Техаса. Первое крупное состояние Х. Л.

сделал благодаря игре в покер в имевшем подходящее название городке нефтедобытчиков Эльдорадо (где в 1926 г. родился Банкер). Выигрыш он инвестировал в аренду небольшого нефтеносного участка и оказался настолько удачлив, что получил нефть из первой же скважины. Хотя вскоре она перестала давать нефть, он инвестировал деньги в разработку нескольких более успешных скважин, сначала перебравшись во Флориду, а затем вернувшись в Техас. Там он стал крупнейшим независимым оператором на месторождении на востоке штата. К тому времени, когда Банкер Хант решил пойти по стопам отца, в США оставалось уже мало возможностей для разведки нефти, и поэтому он обратил свой взор на Ливию. В ту пору (период правления короля Идриса) ливийское правительство продавало иностранцам концессии на разведку нефти. Задача заключалась в том, чтобы купить наиболее перспективные участки. Хант, не связанный ни с какими международными нефтяными компаниями, сумел выиграть концессию в восточной провинции Киренаика вблизи от границы с Египтом. Концессия на другой участок Т-образной формы («Т от Техаса» – говорил Банкер) под названием Блок 65, в глубине Сахары, выглядела менее перспективной, и Хант приобрел его задешево [48].

Поначалу ему не везло, и он быстро остался без денег, но в 1960 г. заключил сделку с British Petroleum, возымевшую важные последствия. Он согласился с правом компании бурить скважины на Блоке 65 и делить с ней любую найденную нефть в пропорции 50:50. Игра стоила свеч; в ноябре 1961 г. ВР обнаружила крупное нефтяное месторождение Сарир, объем которого оценивался примерно в 8–10 000 000 000 баррелей, из которых добыта могла быть минимум половина [49].

Даже при низкой цене на нефть в 1960-х гг. половинная доля Ханта оценивалась в 4 млрд долл., что вместе с наследством, полученным от отца, делало его богатейшим человеком в мире. Но позиции ВР и Ханта вскоре пошатнулись: в 1969 г. после переворота к власти пришел полковник Муамар Каддафи. Британские войска выполняли роль смотрителя в Персидском заливе с 1835 г., но в декабре 1971 г. они готовились покинуть этот район. За день до их отправки на родину Иран решил заполнить вакуум власти и взял под контроль три небольших острова, не имеющих стратегического значения. Британцы не противились, что вызвало возмущение в арабском мире. В качестве наказания Великобритании Каддафи национализировал нефтяные активы ВР в Ливии [50]. Хант по-прежнему имел право добывать свою долю нефти – около 200 000 баррелей в день – на месторождении Сарир, но Каддафи распорядился, чтобы на следующий год все нефтяные компании уступили Ливии 51 % нефтедобычи. В отличие от многих других компаний, Хант отказался выполнить требование. В апреле 1973 г. все его ливийские предприятия были национализированы, чтобы, как выразился Каддафи, дать «пощечину наглой и высокомерной Америке» [51]. Банкер Хант, сначала ставший богатейшим человеком в мире, затеял рискованную игру и потерял почти все. Нужно было обладать смелым деловым мышлением, чтобы снова пойти на риск, но Хант поступил именно так. Нефть больше не казалась безопасным вложением денег, и он инвестировал оставшиеся деньги в недвижимость и лошадей – страстное его увлечение [52]. Также он обратил внимание на серебро.

В 1970-х гг. оно все сильнее казалось надежным средством сбережения богатств. Высокая инфляция быстро снижала ценность денег, и драгоценные металлы выглядели привлекательным объектом инвестирования. Покупать серебро всего по 1,5 долл. за унцию представлялось более перспективным, чем золото. Хант полагал: «Почти все, что вы купите, кроме бумаг, окажется удачным приобретением. Вы обязаны двигаться вперед с мыслью о

будущем. Если вам не нравится золото, используйте серебро, бриллианты или медь, но что-нибудь вещественное. Ведь любой идиот может когда угодно запустить печатный станок» [53].

Брат Банкера Ханта, Уильям Герберт Хант, также был заинтересован в инвестировании в серебро [54]. В свое время на него произвела впечатление книга Джерома Смита «Прибыльность серебра в 70-е годы» («Silver Profits in the Seventies»). В ней говорилось, что «еще при нашей жизни, а возможно, и в ближайшее десятилетие серебро может стать ценнее золота» [55]. Герберт Хант так объяснял свою логику: «Мой анализ недавней истории экономики США привел меня к убеждению, что самые разумные инвестиции – те, которые защищены от инфляции. По моему мнению, природные ресурсы вполне удовлетворяют этому критерию, и поэтому я инвестировал в нефть, газ, каменный уголь и драгоценные металлы, включая и серебро» [56]. В начале 1970-х гг. соотношение стоимости золота и серебра составляло приблизительно 20:1. Банкер был уверен, что оно в итоге вернется к историческому уровню 10:1, а это означало: даже если цена на золото сохранится без изменения, цена на серебро вырастет вдвое.

Братья Ханты начали скупать миллионы и миллионы унций серебра. К началу 1974 г. они заключили контракты на покупку в общей сложности 55 000 000 унций, что составляло около 8 % мирового предложения. Необычно то, что они добивались реальных поставок по контрактам. Они хотели большего, чем краткосрочные прибыли от спекуляций; они стремились создать постоянный запас ценности в буквальном смысле. Но, создавая у себя запасы серебра, они сокращали его физическое предложение и таким образом подталкивали цену вверх. Опасаясь вмешательства со стороны правительства США, подобного произошедшему в 1930-х гг. применительно к золоту, Ханты решили переместить значительную часть своего серебра в банковские хранилища Европы [57]. На своем ранчо площадью в тысячу гектаров к востоку от Далласа они провели соревнование по стрельбе между местными ковбоями и отобрали дюжину самых метких стрелков. Эти ковбои с ружьями наперевес ехали на трех джипах без номеров, сопровождая достояние Хантов в процессе подготовки к отправке в Европу. Когда среди ночи караваны прибыли в аэропорты Нью-Йорка и Чикаго, сопровождающие перегрузили 40 000 000 унций серебра из бронированных грузовиков в самолеты. Затем на тех же самолетах они отправились в Цюрих, где драгоценные слитки разместились в шести тайных хранилищах.

Но хранение серебра обходилось недешево, и, чтобы остановить обесценивание богатства, Ханты должны были предпринять меры к росту цены – стабильности им было мало. К счастью, сочетание таких факторов, как «бычье» поведение Хантов на рынке серебра, появление новых крупных покупателей и общая тенденция подорожания сырьевых товаров в период высокой инфляции 1970-х гг. привели именно к такому результату. В 1973–1977 гг. цена серебра выросла вдвое, до 3 долл. за унцию, а к осени 1979 г. уже до 8 долл. Затем в сентябре она подскочила до 16 долл. В результате деятельность Хантов привлекла внимание Комиссии по срочной биржевой торговле (CFTC). Возможность возникновения дефицита серебра (а значит, и нехватки серебряных слитков для обеспечения выполнения фьючерсных контрактов) вызывала у CFTC растущую озабоченность, и поэтому она попросила Хантов продать часть запасов. Братья, ненавидевшие любые вмешательства в бизнес со стороны государства, ответили отказом.

Более того, они продолжили покупать. К концу года они владели 90 000 000 унций серебра в слитках в США. Еще 40 000 000 унций они хранили в Европе, а 90 000 000

контролировали с помощью фьючерсных контрактов. В последний день 1979 г. стоимость унции серебра достигла 34,45 долл. В начале 1980 г. CFTC стала проявлять все больше беспокойства и пришла к выводу, что братья Ханты стали «слишком крупными игроками на американском и мировом рынках серебра» [58].

Опираясь на поддержку CFTC, торговцы объявили о введении ограничений для трейдеров: отныне общий объем фьючерсных контрактов не мог превышать 10 000 000 унций. Но цена продолжала расти, а Ханты продолжали покупать. 17 января цена достигла очередного рекордного значения в 50 долл. за унцию. На этот момент стоимость принадлежавшего Хантам серебра составляла около 4,5 млрд долл., а их потенциальная прибыль – 3,5 млрд долл. [59]. Власти отреагировали на эту ситуацию через четыре дня, закрыв фьючерсные рынки серебра, что имело для Хантов катастрофические последствия [60]. Цена упала до 34 долл. за унцию и сохранялась вблизи этого уровня остальные дни месяца. Росту цены отчасти мешали те, кто продавал серебряный лом и столовое серебро для переплавки в слитки. «Почему люди могут захотеть продавать серебро за доллары? — спрашивал Банкер. — Я думаю, только если они устанут его чистить» [61]. Ханты продолжали принимать поставляемый по контрактам металл, и теперь размер их запасов превысил 155 000 000 унций. Они верили в долгосрочные перспективы и пытались остановить падение цены. К 14 марта стоимость упала до 21 долл. за унцию. 25 марта Ханты поняли: у них больше нет ресурсов, чтобы выполнить требования о дополнительном обеспечении. Банкер направил Герберту телеграмму: «Заканчивай с этим». Их брокерская фирма потребовала платежа в размере 135 млн долл. в обеспечение фьючерсных контрактов. Герберт сообщил, что они с братом не могут больше платить и будут вынуждены начать продавать; когда это случилось, рынок охватила паника. В так называемый серебряный четверг 27 марта рынок рухнул, в результате стоимость унции серебра упала до 10,8 долл. Индекс Доу-Джонса потерял 25 пунктов и опустился до рекордного за пять лет уровня. Для оплаты долгов Ханты были вынуждены продавать серебро, что еще больше способствовало снижению цены. Кроме того, им пришлось закладывать личное имущество, включая «тысячи древних монет, начиная с III в. до н.э., антикварные предметы XVI в., греческие и римские статуэтки из бронзы и серебра, часы Rolex и автомобиль Mercedes-Benz» [62].

Ханты заработали несколько миллиардов прибыли на инвестициях и теперь потеряли все. Банкер Хант дважды был богатейшим человеком в мире (один раз благодаря нефти, другой благодаря серебру) и дважды терял состояние [63]. Он продолжал верить, что стоимость серебра снова начнет расти, и предсказывал: однажды она достигнет значения в 125 долл. за унцию. Но возможности благородного металла, по-видимому, закончились. Действия Хантов на рынке привлекли к братьям внимание массмедиа, изображавших их жадными и безответственными людьми. Пресса травила их, но, как однажды сказал своему другу Банкер Хант, «по крайней мере, я знаю, что всякий раз, когда они фотографируют меня, они используют немного серебра» [64].

Где же оно?

С тех пор как Kodak впервые вышел на рынок в 1888 г., фотоаппараты и фотопленка на основе коллоидного серебра распространились по всему миру. В 1980 г. фотографии, полученные благодаря ему, печатались в невиданных ранее количествах. Однако всего через

30 лет ситуация кардинально изменилась. В 2012 г. церемония вручения «Оскара», против обыкновения, проводилась без традиционного спонсора. Kodak, чье имя ассоциировалось с престижной наградой с 2000 г., стоял на грани банкротства. Пионер производства общедоступных фотоаппаратов и фотопленки не смог предвидеть успешного развития цифровой фотографии. Толпившиеся вокруг красной ковровой дорожки журналисты, фотографируя кинозвезд, не использовали ни грана серебра. В 2012 г. кремниевый CCD-чип стал наилучшим инструментом фиксации визуальных изображений. Серебро значительно изменило мир, причем не только как средство сбережения богатства, но и как важнейшая составляющая технологии, позволяющей запечатлевать моменты истории. Фотография с использованием коллоидного серебра 150 лет влияла на историю человеческих изобретений, но теперь это заканчивается. Благоговение перед золотом, «испаринной Солнца», остается тем же самым, что и три тысячи лет тому назад. И мы вспоминаем «слезы Луны» и оплакиваем постепенную утрату химическим веществом, изменившим мир, его некогда важной роли [65].

28 октября 2011 г. Я стою у входа в Мемориальный музей мира в японском городе Хиросима. Памятная стела в 100 метрах от музея указывает место, над которым 6 августа 1945 г. на Хиросиму была сброшена атомная бомба [1]. 70 000 человек погибли непосредственно в результате взрыва, и еще больше умерло позже от ожогов и лучевой болезни. Город был стерт с лица земли [2].

Центральная аллея Парка мира ведет к так называемому Куполу Атомной Бомбы (Куполу Гэмбако) рядом с Т-образным мостом Айой, послужившим точкой прицеливания для экипажа бомбардировщика. Купол Атомной Бомбы – одно из немногих зданий, уцелевших после взрыва и пожаров. Пустое, искореженное сооружение было решено не восстанавливать в качестве напоминания о разрушительном потенциале ядерного оружия. Теперь это мемориал жертв бомбардировки. Но вокруг Купола Атомной Бомбы и символично плоского Парка мира город отстроился заново. К 1955 г. население Хиросимы превзошло довоенный уровень. Небоскребы заслоняют линию горизонта, и кажется, что резко контрастирующий с ними Купол стал еще меньше за десятилетия послевоенного экономического чуда.

Передо мной простирается целое море однотипных желтых, синих и зеленых головных уборов. Каждый день Парк мира посещают сотни школьников. Одни смеются и играют друг с другом, а другие внимательно слушают своих учителей. В парке часто слышатся удары Колокола Мира – это маленькие группы начинают по очереди раскачивать привязанное рядом с ним деревянное бревно. Все эти люди оказались здесь по одной причине: они хотят узнать о трагических последствиях атомной бомбардировки и понять, почему подобное никогда не должно повториться.

На выставке в музее представлена коллекция рисунков людей, переживших атомный ад Хиросимы [3]. Рисунки были сделаны через десятилетия после бомбардировки, но воспоминания о том дне сохранились у людей в мельчайших подробностях. Я перехожу от рисунка к рисунку, и ощущение боли и ужаса усиливается. Коллекция – документальное подтверждение страданий, перенесенных жителями Хиросимы. Нарисованные руками тех, кто выжил, и отражающие то, что запечатлелось в душах, эти рисунки оказывают более сильное воздействие, чем любые фотографии. Многим не довелось рассказать свои истории: могильный холм в парке по-прежнему содержит кремированные останки тысяч безымянных жертв.



Самые простые рисунки – самые пронзительные. Посреди белого листа бумаги – грубый черный шар с едва различимыми краями. Взрыв атомной бомбы застал горожан врасплох, у них не было времени хоть как-то защититься: асфальт буквально кипел, и люди сгорали заживо. Свидетель события сообщает: «...тело человека буквально обуглилось, распознать его пол было невозможно, но он еще корчился от боли. Я вынужден был отвести глаза от этого невыносимого зрелища, но оно прочно запечатлелось в моей памяти на всю оставшуюся жизнь» [4].

Те, кто пережил бомбардировку Хиросимы, не могут ее забыть; нам тоже нужно сделать все, чтобы не забыть о ней.

На обеде, состоявшемся несколькими неделями ранее, я слышал, как Джордж Шульц, бывший государственный секретарь США, говорил: уничтожение ядерного оружия – главный побудительный мотив его политической деятельности. В тот момент я не до конца осознал его мотивацию, но, стоя в Парке мира и размышляя над событиями тех дней, я все понял.

Нечто подобное было со мной в Мемориальном музее Холокоста в Вашингтоне – туда мы ходили с матерью. Почти все ее родственники погибли во время Второй мировой войны. Сама она пережила ужасы Освенцима. К людям нельзя относиться как к паразитам, подлежащим уничтожению. Холокост был спланированной бесчеловечной программой во имя зла; бомбардировка Хиросимы – единичным ужасным событием, призванным остановить продолжение бесчеловечной войны. Я плакал, глядя, как моя мать ставит свечу в мемориале Освенцима. И когда мы покидали музей, мать спросила меня: «Почему ты плачешь? Ведь это просто музей. Здесь нет ни того шума, ни того запаха». Так она напомнила мне: здесь не место сентиментальности. Только ясный реализм.

Опыт Хиросимы убедительно показывает: использование химических элементов может приносить и зло, и добро. В атомной бомбе использовалась колоссальная энергия урана, обрушившаяся на Хиросиму в августе 1945 г. и с тех пор навсегда изменившая мир [6].

Расщепление атома

Уран впервые был обнаружен в составе настурана, или уранинита, называемого также урановой смолкой и «несчастливой скальной породой». В Средние века в горах на территории Богемии рудокопы в серебряных рудниках часто вонзали кирки в горную породу только для того, чтобы отколоть от нее глыбу «несчастливой руды». Когда в шахте находили уранинит, это обычно означало, что серебряная жила заканчивается и нужно приступать к тяжелой проходке новой шахты.

На протяжении веков урановую руду выбрасывали в отвалы пустой породы, но на рубеже XIX–XX вв. она стала привлекать пристальное внимание ученых. Именно с помощью солей урана в феврале 1896 г. Анри Беккерель открыл природное радиационное излучение. Он помещал какое-то количество соли урана на фотографическую пластину, и вскоре на ней появлялось пятно, контуры которого соответствовали контурам насыпанной соли. Эффект не казался необычным: уже давно знали, что уран сходным образом влияет и на фотопленку, и Беккерель подумал: это происходит в результате химической реакции, вызванной действием солнечного света. Так как следующие несколько дней в Париже были пасмурными, Беккерель решил отложить эксперименты и убрал фотопластины и соли урана в ящик стола.

Вернувшись через несколько дней в лабораторию, он обнаружил, что на пластинах чудесным образом появились те же силуэты соли. Солнечный свет не мог попасть на них, и значит, некое свойство, присущее урану, породило этот эффект. Он назвал это радиацией, или излучением.

Об открытии Беккереля слышала другой парижский физик, Мария Кюри. Чтобы продолжить эксперимент, она приобрела тонну уранинита, добытого в горах Богемии, который по-прежнему считался пустой породой. Она использовала уранинит для получения солей урана, продемонстрировав прямую зависимость между интенсивностью радиации и массой урана. Неважно, целый кусок урана использовался или порошок, подвергался он воздействию тепла или солнечного света. Эксперименты позволили Кюри выдвинуть гипотезу о том, что радиация зарождается внутри самих атомов, а не возникает в результате неких химических процессов между ними. Излучение послужило первым признаком неустойчивости атома урана.

В дальнейшем Кюри открыла еще два радиоактивных элемента, радий и полоний, и в

1903 г. вместе с мужем Пьером Кюри и Анри Беккерелем была удостоена Нобелевской премии по физике. Однако Мария и Пьер Кюри заплатили высокую цену за радиоактивные исследования. У них началась странная, загадочная болезнь, имевшая для Марии фатальные последствия. Сегодня мы знаем, что заболевание вызвано воздействием радиации, которая сначала считалась безвредной [7].

Я впервые узнал об удивительных свойствах урана, когда изучал естественные науки в Кембридже в конце 1960-х гг. Именно там 40 годами ранее проводились новаторские эксперименты по изучению атомного ядра. В 1920 г. Эрнест Резерфорд, «отец ядерной физики» и тогдашний директор Кавендишской лаборатории, выдвинул гипотезу: атомы состоят не только из отрицательно заряженных электронов и положительно заряженных протонов, удерживаемых вместе противоположными зарядами, но также и из нейтральных частиц, которые он назвал нейтронами [8]. Двенадцать лет спустя Джеймс Чедвик, помощник Резерфорда, доказал существование нейтронов [9]. Оказалось, что открытие дает ключ к расщеплению атомов урана.

Ко времени моего приезда в Оксфорд Кавендишская лаборатория во многом утратила репутацию флагмана ядерной физики. Приятным исключением было присутствие Отто Фриша, физика-ядерщика, сыгравшего заметную роль в осуществлении проекта «Манхэттен» – именно там создали атомную бомбу, сброшенную на Хиросиму. Теоретическую основу для ее изготовления дал как раз Фриш, объяснив необычные результаты некоего эксперимента.

В 1938 г. Фриш проводил Рождество в Швеции со своей тетей, известным физиком Лизой Мейтнер. Мейтнер работала в Институте химии кайзера Вильгельма в Далеме (Германия), но эмигрировала в Швецию, опасаясь преследования нацистов. Ее немецкие коллеги Отто Ган и Фриц Штрассман держали ее в курсе исследований и в последнем по времени письме рассказали о странном результате эксперимента. Бомбардируя нейтронами атомы урана, они среди «осколков» обнаружили намного более легкие частицы, чем ядра урана, – их вес был почти вдвое меньше [10]. Это выглядело нелогично: нейтроны не обладают достаточной энергией, чтобы отрывать такие большие куски атомов. Чтобы поразмышлять над этим загадочным результатом, племянник и тетя решили отправиться в дальнюю пешую прогулку.

Гуляя по окрестностям шведской столицы в компании Лизы Мейтнер, Фриш пришел к выводу: ядра урана крайне неустойчивы. Атомы его настолько велики, что «клей», удерживающий вместе протоны и нейтроны, способен справиться лишь с силами отталкивания положительно заряженных протонов, воздействующих друг на друга [11]. Если ядро урана поглощает направляемый на него нейтрон, то полученной энергии достаточно для дестабилизации и расщепления атома. Когда он объяснял свою идею Мейтнер, оба они остановились, присели на скамейку и начали быстро делать расчеты на листках бумаги. Вот их вывод: ядро урана напоминает «очень неустойчивую каплю, готовую разделиться при малейшем воздействии» [12]. Фриш провел несколько экспериментов для подтверждения этой гипотезы, а потом в феврале 1939 г. вместе с Мейтнер написал две статьи для журнала Nature. Он назвал феномен расщепления «делением ядра» [13].

При делении ядра выделяется огромное количество энергии. При расщеплении ядра урана образуется два меньших ядра с меньшей суммарной массой. Исчезающая масса (m), равная примерно одной пятой массы протона, преобразуется в энергию (E) в соответствии с уравнением Эйнштейна: $E = mc^2$. Так как скорость света (c) составляет 299 792 458 м/с, даже маленькая масса производит большое количество энергии. Фриш подсчитал: расщепления

одного атома урана было бы достаточно, чтобы поднять в воздух одну песчинку, которая сама содержит около сотни триллионов атомов.

Но из одного атома урана нельзя создать атомную бомбу. Взрыв в Хиросиме произошел в результате одновременного расщепления триллионов и триллионов атомов, содержащихся в одном килограмме урана [14]. При делении одного атома урана высвобождаются нейтроны, при нужной скорости вызывающие расщепление соседних атомов. При этом высвободится еще больше нейтронов, которые, в свою очередь, вызовут расщепление еще большего количества атомов. Это вызовет неостановимую цепную реакцию. Уран в буквальном смысле – инициатор своего уничтожения.

Мейтнер и Фриш раскрыли секрет расщепления атома. В то время они не понимали, что их открытие проложит путь к созданию ядерного оружия, которое можно использовать для уничтожения сотен тысяч людей.

Но в лаборатории Мейтнер не наблюдалось никаких взрывов. Оказалось, что цепная реакция может быть устойчивой при использовании определенного типа урана, который редко встречается в природе. Обычный уран почти полностью состоит из изотопа урана-238 [15]. Однако для цепной реакции, приводящей к ядерному взрыву, необходимо обеспечить высокую концентрацию расщепляемого изотопа урана-235 – так называемый обогащенный уран [16].

Строительство нового города

Двое физиков, сотрудников Колумбийского университета (Нью-Йорк), венгр Лео Силард и итальянец Энрико Ферми, узнав об исследованиях Фриша и Мейтнер, начали собственные эксперименты по делению атомного ядра. Переехав в Университет Чикаго, они построили первый в мире ядерный реактор Чикаго Пайл-1 на площадке для игры в сквош под университетским футбольным стадионом. Это событие не осталось незамеченным советской разведкой, но при описании его на русском языке была допущена смешная неточность: советские разведчики перевели «squash court» (площадка для сквоша) как «тыквенное поле». Впрочем, место, в отличие от результатов, не имело серьезного значения. Наблюдая большое количество нейтронов, высвобождавшихся в процессе деления ядер, Силард пришел к выводу: уран в состоянии поддерживать устойчивую цепную реакцию и поэтому может использоваться для создания бомбы. Позднее он вспоминал: «Я не сомневался, что мир стоит на пороге большой беды» [17].

С началом Второй мировой войны Силард решил, что к открытию нужно срочно привлечь внимание президента Рузвельта [18]. Он написал письмо, подписанное также Альбертом Эйнштейном, в котором разъяснял возможность создания бомбы нового типа и предупреждал, что Германия может проводить исследования в том же направлении. Рузвельт согласился сформировать Консультативный комитет по урану и позднее выделил большие средства на проведение ядерных экспериментов. Наука об атомных взрывах приобретала более конкретные очертания. Меж тем актуальность задачи многократно возросла после нападения Японии на Перл-Харбор и вступления Америки в войну. Поэтому было принято решение консолидировать разрозненные ядерные исследования и сосредоточить их на достижении единственной цели – создании атомной бомбы в рамках проекта «Манхэттен».

В сентябре 1942 г. правительство США одобрило покупку более 200 квадратных

километров земли вокруг городка Оук Ридж в штате Теннесси для создания Clinton Engineer Works. На предприятии как на одной из трех главных площадок реализации проекта «Манхэттен» решалась задача обогащения урана для атомной бомбы. Двумя другими площадками стали Хенфорд, где готовили другие материалы для бомбы, и Лос-Аламос, «мозговой центр» проекта. Везде установили строжайший режим секретности. Объекты не показывались ни на одной карте и обозначались кодовыми именами X, Y и Z.

Как только руководитель проекта «Манхэттен» генерал Лесли Гроувз увидел Оук Ридж, он понял: место выбрано правильно. Сельская глушь как нельзя лучше обеспечивала секретность и безопасность. Удаленность от побережья снижала риск нападения противника, а близость рек гарантировала необходимое обилие воды, а значит, гидроэлектроэнергию.

С характерной для него решительностью Гроувз провел переселение из города и его окрестностей тысячу семей, причем некоторым из них на сборы дали всего две недели. Этих людей просто поставили перед фактом. Место выбрано, и никто не должен стоять на пути создания Америкой первой атомной бомбы. Переселение – «пустяковое дело», по выражению одного служащего инженерного корпуса армии США [19].

Масштаб происходящего имел для Clinton Engineer Works первостепенное значение. В некоторые периоды здесь трудилось до 80 000 рабочих. Оук Ридж быстро стал пятым по численности населения городом штата Теннесси и имел самое большое число людей с учеными степенями на душу населения по стране. Только на строительстве цеха К-25 по переработке урана трудилось 12 000 человек. Площадь его была больше, чем у любого другого построенного когда-либо сооружения. Внутри К-25 обогащался уран, переведенный в газообразное состояние и пропущенный через ряд мембран. Легкие молекулы проходили через тонкую мембрану быстрее тяжелых, поэтому процентная доля урана-235, который легче урана-238, постепенно увеличивалась [20].

США не знали, окажется ли грандиозный эксперимент удачным, но настойчиво продолжали его. Только атомная бомба, использующая колоссальную разрушительную энергию урана, давала возможность выиграть войну одним ударом. Также все понимали, что важнейшее значение имеет скорость. США опасались, что Германия может перейти в атаку и обрушить на них мощь ядерного оружия.

Мрачные перспективы оправдывали огромные затраты на проект и принудительное выселение жителей Оук Ридж. К работе в Лос-Аламосе, «мозговом центре проекта», привлекли лучшие научные умы со всего мира. Роберт Оппенгеймер, директор лаборатории в Лос-Аламосе, стал одним из первых свидетелей успеха во время испытаний бомбы «Тринити» 16 июля 1945 г. Позднее он вспоминал, что яркая вспышка атомного взрыва в пустыне в штате Нью-Мексико ассоциировалась у него со строчкой из священного индуистского текста: «Теперь я стал Смертью, разрушителем миров» [21].

Сегодня научные проблемы более разнообразны, а их решения менее очевидны. Мне это стало ясно при посещении в марте 2009 г. бывшего предприятия Clinton Engineer Works, теперь – Национальной лаборатории Оук Ридж. Квадратные промышленные здания вписаны в лесистый пейзаж штата Теннесси. Обширный внутренний двор главного корпуса дает лишь приблизительное представление об истинных размерах лаборатории. Мне показали графитовый реактор X-10, второй в мире, ныне охраняемый объект исторического наследия. Установка для обогащения урана К-25 в настоящее время размонтирована. Приоритеты исследований с тех пор значительно изменились, и именно они послужили причиной моего

посещения лаборатории. Я приехал туда в качестве партнера одной частной фирмы, в то время управлявшей крупнейшим инвестиционным фондом, вкладывающим деньги в освоение возобновляемых и альтернативных источников энергии. Незадолго до того я узнал о разработанных здесь новых методах производства биотоплива из растительной массы, в частности травы и деревьев, которые никак не могут служить продуктами питания. Биотопливо может изготавливаться из сахаров, содержащихся в растительной целлюлозе. Но непродовольственная растительная масса содержит много лигнина, который образует прочные химические связи с сахарами, что сильно затрудняет их извлечение. Особый интерес исследователей вызвали тополя: у разных видов этих деревьев – разные сочетания основных природных характеристик. Исследователи изучили более 1000 разновидностей тополей в поисках качеств, которые могли бы обеспечить получение наибольшего количества сахаров [22]. США надеялись: создав экономически конкурентоспособные источники биотоплива, они ослабят свою зависимость от зарубежной нефти. Оук Ридж больше не занимается ураном, но снова работает в интересах национальной безопасности.

* * *

25 июля 1945 г. последняя партия обогащенного урана, необходимого для изготовления бомбы для Хиросимы, покинула Оук Ридж и двумя днями позже прибыла на тихоокеанский остров Тиниан. Здесь и была собрана трехметровая атомная бомба «Малыш», вскоре сброшенная на Хиросиму. С этого момента наука выглядит пугающе простой: необходимо создать критическую массу обогащенного урана и тем обеспечить начало неуправляемой ядерной реакции.

Чтобы создать бомбу, предназначенную для разрушения города, построили еще один город. Два миллиарда долларов потрачены на «величайшую в истории научную авантюру», которая в итоге себя оправдала [23]. Проект «Манхэттен» – редкий пример того, как государство успешно выбрало выигрышный вариант, хотя в данном случае выбор был предельно ясен: только один вид оружия давал возможность завершить войну. Сражения в лабораториях столь же важны для победы союзников, как и сражения в воздухе, на суше и на море. Взорвав атомную бомбу, человечество высвободило «исходную энергию вселенной» [24]. Но бомба также заставила нас испугаться: теперь мы можем уничтожить сами себя. Так символически началась новая эпоха.

Капитан Атом

«В момент ядерного взрыва Капитан Атом не имел плоти, костей и крови. Высушенный молекулярный скелет оставался неповрежденным, но изменение, неизвестное прежде человеку, все же произошло! Не осталось ничего... абсолютно ничего, что указывало бы на существование того, что прежде было огромной ракетой! Внутри также не было никаких следов человека!» [25]

Капитан Атом, «радиоактивный как чистый уран-235», появился на свет во время взрыва атомной боеголовки. Эта фантастическая история увидела свет в 1960 г. в мартовском номере «Космических приключений», популярного в США юмористического журнала. В

конце 1950-х – начале 1960-х гг. я охотно читал эти и другие научно-фантастические истории. Чудесная власть атома оказалась настоящим подарком для авторов-юмористов. Они создали целую галерею супергероев, использующих атомную энергию в борьбе со злом. В то время главную глобальную угрозу, по крайней мере, для Америки, представляла ядерная война с Советским Союзом. Во время первого приключения Капитан Атом спас мир от разрушения, перехватив ракету с ядерной боеголовкой, запущенную коммунистами. «Вы больше, чем любое другое оружие, будете служить средством сдерживания войны!» – воскликнул литературный герой по имени президент Эйзенхауэр после триумфального возвращения на землю Капитана Атома.

С тех пор как бомба «Малыш» продемонстрировала миру мощь урана, возможности, открывавшиеся с наступлением атомной эры, казались безграничными. В то время как одни атомные супергерои использовали свою мощь, «чтобы сокрушать любые силы зла в нашем мире» (Атомный человек) и «спасать человечество от самого себя» (Атомный Гром), другие вели себя как злодеи [26]. Например, мистер Атом, робот с ядерной энергетической установкой, помешанный на стремлении к власти, одержим идеей господства над миром.

Тот же выбор приходилось делать и в реальном мире. Генерал Гроувз, руководитель проекта «Манхэттен», один из отцов атомной бомбы, настойчиво предупреждал: мы должны выбрать «правильный путь» – оружие, ведущее к атомному Холокосту, или светлое атомное будущее [27]. Человечество, по-видимому, стояло на развилке дорог, уводящих в новый атомный мир.

Та же риторика звучала в обращении настоящего президента Эйзенхауэра к Генеральной Ассамблее ООН в 1953 г. Его речь стала известна как «Атом за мир». Озабоченный быстрым ростом ядерных арсеналов США и СССР, Эйзенхауэр призвал мир «вырвать атомную бомбу из рук военных» и направить атомную энергию на благо человечества. Он хотел, чтобы Америка пошла по пути сокращения запасов ядерного оружия и начала диалог с мировыми ядерными супердержавами. Эйзенхауэр торжественно обещал: США «всем сердцем и разумом будут искать путь, на котором чудодейственная изобретательность человека будет направлена не на уничтожение, а на улучшение жизни».

Существовала уверенность, что неограниченный источник нейтронов, полученных при расщеплении урана, позволит искусственно создавать атомы любых типов в лабораторных условиях. С первых дней существования человечество пыталось понять и использовать основные частицы, из которых состоит материя; теперь мы управляем веществами так, как средневековым алхимикам даже не снилось.

Столь же чудесной выглядела и предсказанная польза от радиации для медицины. Люди верили, что радиоактивные элементы скоро позволят побороть рак, самую страшную болезнь современности. Я хорошо помню карикатуру, на которой был изображен скелет с надписью «РАК», убегающий от лучей «АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ» [28]. Кроме того, предполагалось, что радиоактивные элементы позволят отслеживать самые разные болезни, развивающиеся в организме. Мы надеялись разработать арсенал медицинских средств, обеспечивающих каждому долголетие и здоровье. А отследив процессы развития растений, раскрыть секреты фотосинтеза, использующие энергию солнца, и увеличить производство продуктов питания.

Из всех преимуществ от расщепления атома урана самая очевидная в том, что оно дает простой и практически неисчерпаемый источник энергии. Она слишком очевидно проявилась в разрушениях, вызванных атомной бомбардировкой Хиросимы. Теперь же многие ожидали, что благодаря использованию энергии ядер урана кризисы, вызванные

нехваткой топлива, останутся в прошлом, и мы все будем ездить на атомных автомобилях, снабженных мини-источниками ядерной энергии.

До появления Капитана Атома в 1960 г. моим любимым чтением был британский еженедельник Eagle – самый популярный журнал для мальчиков в 1950-х гг. Помню, как внимательно рассматривал нарисованные атомные подводные лодки и самолеты. На одной картинке изображался «атомный локомотив», «прообраз транспортного средства будущего», движущийся с огромной скоростью благодаря использованию безграничной энергии урана [29]. Так как ядерный реактор не требовал частого пополнения запасов топлива, то энергия атома считалась предпочтительной по сравнению с энергией нефти и каменного угля. Используя энергию урана, мы могли бы путешествовать по суше и под водой быстрее и дальше, чем когда-либо в прошлом. Предполагалось даже, что атомная энергия позволит управлять климатом. Искусственные солнца будут регулировать погоду и даже, как утверждал один автор, помогут растопить лед на полюсах Земли, чтобы сделать глобальный климат теплым и умеренным.

Новый источник ядерной энергии не похож на все то, с чем сталкивалось человечество прежде. Авторы юмористических и научно-фантастических произведений передают ощущение благоговейного страха, который вызывал уран в 1950-х и 1960-х гг. Но уран – не единственное вещество, чьи технологические возможности сильно преувеличивались. Наряду с титаном и кремнием, истории которых будут рассказаны дальше, он относится к триаде «послевоенных чудес». Однако гиперболизация его возможностей оказалась более значительной. Сверхъестественная мощь урана со всей очевидностью проявилась в изображениях атомного взрыва над Хиросимой. Последующие фантастические истории только повышали связанные с ураном ожидания, которым он в действительности не соответствовал.

Транспорт на атомной энергии оказался в большинстве случаев непрактичным и небезопасным; намерение искусственно повысить температуру атмосферы с помощью энергии урана кажется теперь смешным, а с учетом растущего антропогенного влияния на изменение климата – совершенно неразумным. Радиоактивное излучение стало важным медицинским инструментом, но не смогло победить рак. Однако в одной отрасли ожидания, по-видимому, оправдались. Атомные электростанции, генерирующие электроэнергию из тепла, получаемого в результате расщепления урана, быстро появились во всем мире.

Предприятие двойного назначения

17 октября 1956 г. королева Елизавета II нажала кнопку включения на пульте управления британской атомной электростанции Колдер Холл в графстве Камбрия. Впервые энергия урана, преобразованная в электроэнергию, стала поступать в жилые дома [30]. Стоя в тени башенных охладителей Колдер Холл, королева говорила об этом событии как о примере обуздания ядерной энергии, «способной быть ужасным средством массового уничтожения» [31]. Используя ядерную энергию «на благо всего общества», Британия хотела указать путь к мирному использованию атома [32].

Быстрое развитие ядерной энергетики обусловлено скорее острой необходимостью, чем какими-то иными соображениями: суровая зима 1947 г. породила в стране настоящий топливный кризис. Более 90 % потребностей Британии в энергии удовлетворялось в

послевоенные годы за счет каменного угля, и в 1948 г. рост спроса начал опережать ввод новых энергетических мощностей. Запасы месторождений быстро истощались, что оказалось настоящим шоком для страны, прежде крупнейшего в мире экспортера каменного угля. Индустриальная Британия процветала благодаря обильному источнику энергии, и если страна собиралась и дальше оставаться крупной экономической державой, то новый источник энергии ей был жизненно необходим.

Одним из возможных претендентов была нефть. В июле 1954 г. министр топлива и энергетики заявил: теплоэлектростанции, работающие на каменном угле, будут дополнены энергетическими установками на импортируемой нефти. Но этот шаг рассматривался лишь как временная мера. Опасения по поводу сокращающихся запасов нефти, которые в конечном итоге оказались необоснованными, требовали долгосрочного решения. Для лорда Червелла, председателя Совета по атомной энергии, арифметика выглядела предельно просто: «Один фунт урана эквивалентен 1000 тонн угля» [33].

В 1950-х гг. я жил с родителями в Иране. Мой отец работал в Англо-Иранской нефтяной компании на месторождении Масджид-и-Сулейман. В ту пору я мало задумывался о вопросах энергетической безопасности. Лишь позже, вернувшись в Великобританию и поступив в университет, я начал осознавать важность ядерной энергетики. Великобритания финансировала атомные электростанции второго поколения, и быстро развивающаяся высокотехнологичная ядерная индустрия требовала лучших умов. Университетское образование было в то время редкостью. В университетах училось менее 5 % молодых людей, и, чтобы привлечь молодых специалистов, отрасль предлагала студентам неплохие стипендии. Для меня ядерная индустрия символизировала технический прогресс. Мне казалось, что она строит будущее человечества, и поэтому я подал заявку на стипендию Управления атомной энергетики Великобритании.

В конце концов я все же предпочел стипендию от BP, но выбор дался мне нелегко. Меня привлек международный масштаб деятельности компании: задачи, решаемые компанией, выглядели масштабными и сложными. Однако на протяжении всей моей работы в нефтяной индустрии мысли о ядерной энергии постоянно присутствовали в моем сознании, не давая покоя. Я бывал озабочен стабильностью поставок нефти и последствиями техногенных катастроф.

Именно такой период мы переживаем сейчас. Риск антропогенных изменений климата снова обострил дебаты по поводу использования атомной энергии. Ядерная энергетика способна помочь удовлетворить растущие глобальные энергетические потребности в низкоуглеродной экономике, но ее развитие сдерживается опасениями по поводу возможных ядерных катастроф, одна из которых случилась на Колдер Холл.

Хотя Колдер Холл – образец мирного использования энергии атома, в действительности это было предприятие двойного назначения: на ней также производили обогащенный уран для атомных бомб. После бомбардировок Хиросимы и Нагасаки британское правительство, как и многие другие в то время, захотело иметь собственное ядерное оружие. В октябре 1946 г. премьер-министр Клемент Эттли провел совещание кабинета, обсудив перспективы обогащения урана и создания атомной бомбы. Министры были уже готовы отвергнуть проект по причине высокой стоимости, когда в дискуссию вмешался министр иностранных дел Эрнест Бивен. Он был непреклонен и так обосновывал свою позицию: «Мы должны иметь это... Здесь нет ничего личного, но я не хочу, чтобы с любым министром иностранных дел нашей страны государственный секретарь США говорил так, как со мной. Мы должны иметь

эту шпuku, сколько бы она ни стоила. Мы должны поместить на ней флаг Соединенного Королевства» [34].

Плутоний, использованный в первой британской атомной бомбе, производился там, где вскоре построили электростанцию Колдер Холл. Проект ядерного реактора был выбран главным образом с учетом возможности производства плутония, необходимого для участия в глобальной гонке ядерных вооружений. Уран-238 превращается в плутоний при бомбардировке нейтронами, высвобождающимися в реакции ядерного деления, происходящей в реакторе. Чтобы не терять образующееся при этом тепло, в конструкцию реактора встроили электрогенераторы. В первые годы работы реактора нужно было находить компромисс между производством плутония и электроэнергией: увеличение выработки одного означало сокращение другого. Нередко приходилось сокращать количество электроэнергии ради удовлетворения желания британского правительства увеличивать арсенал ядерного оружия [35].

В 1960-х гг. США и СССР лидировали в глобальной гонке вооружений^[8], и потребность Великобритании в ядерном оружии уменьшилась. В результате в Колдер Холл приоритет закрепился за производством электроэнергии, а не оружейного плутония; Британия все активнее отделяла военные ядерные программы от гражданских. В период между открытием Колдер Холл в 1956 г. и началом 2011 г. общее количество реакторов атомных электростанций во всем мире выросло до более чем 440, и на атомных электростанциях вырабатывалась почти одна седьмая часть мировой электроэнергии. Рост мощностей замедлился после бума в 1970–1980-х гг., но многие аналитики предсказывают «ядерный ренессанс» в ближайшее десятилетие. В начале 2011 г. Великобритания собиралась построить десять новых атомных электростанций, а Китай – вчетверо увеличить мощность ядерной электроэнергетики к 2015 г. Даже Германия, традиционно выступающая против развития ядерной электроэнергетики, решила продлить сроки эксплуатации существующих ядерных реакторов.

Светлое будущее атомной энергетики, символизируемое Колдер Холл, по-видимому, становилось реальностью. Но через несколько месяцев произошло событие, резко изменившее ситуацию.

Страх перед ядерной энергией

11 марта 2011 г. землетрясение Тохoku вызвало цунами, обрушившееся на северо-восточное побережье Японии. Почти 16 000 человек погибли.

Атомная электростанция Фукусима Дай-ичи находилась в 180 километрах от эпицентра землетрясения. Она выдержала начальный удар магнитудой в 9 баллов; это был один из пяти наиболее мощных подземных толчков, когда-либо зафиксированных в мире. Однако примерно через час пятнадцатиметровая волна, вызванная цунами, разрушила дамбу, защищавшую электростанцию от наводнений. Последующие отключения энергопитания и сбои в работе оборудования привели к нарушениям в работе реактора и утечке радиоактивных веществ в окружающую среду.

Фукусима напомнила каждому: контроль над радиоактивными веществами далек от совершенства. Землетрясения такой магнитуды крайне редки, но все же случаются и могут иметь апокалиптические последствия, если принимать во внимание силу урана.

Я побывал в Токио несколько месяцев спустя. Страна еще не оправилась от катастрофы. Атомная станция Фукусима не была восстановлена, и газетные заголовки постоянно напоминали о проблеме ядерной защиты: страх буквально висел в воздухе. Главную обеспокоенность вызывала интенсивность радиации вокруг станции. Куда попадают радиационные частицы? Правительство ежедневно публиковало сведения об уровнях радиации по стране. Газеты на английском и японском языках печатали карты страны, на которых показывались уровни радиационного загрязнения. Казалось, каждый стал экспертом по допустимому количеству зивертов (единица измерения радиации), а продажи счетчиков Гейгера, предназначенных для измерения радиации, стремительно увеличивались. Их рынок рос – один из немногих в стагнирующей японской экономике. Во второй раз в истории Японии радиация неотступно заняла мысли населения.

Япония – первая и единственная страна, пережившая атомную бомбардировку. Память об этом долгое время внушала японцам страх. Никто не знал, как повлияют бомбардировки Хиросимы и Нагасаки на здоровье нации. Те несчастные, которые оказались поблизости от мест взрывов, пытались понять природу болезни, поразившей их самих, их родственников и друзей. Спустя несколько часов после взрыва с виду здоровые люди начинали буквально валиться с ног, а на коже выступали багровые пятна – предвестники смерти. Появлялись тошнота, рвота, кровавый понос, лихорадка и сильнейшая слабость. Живший в Хиросиме доктор Микихико Хакия удивлялся: «Может быть, новое оружие, о котором я слышал, распространяет ядовитый газ или смертельно опасных микробов?» [36]

Людей, переживших бомбардировку Хиросимы и Нагасаки, в Японии называют «хибакуся», что означает «задетые взрывом». Они долгое время страдали от социальной изоляции, потому что остальные избегали контактов с ними, опасаясь заразиться неизвестной болезнью. Радиацию и сегодня неправильно понимают. Она характеризуется тем, что ученый из Принстона Роберт Соколов называет высоким «отношением страха к риску»: воспринимаемая опасность радиации часто намного выше, чем реальный риск облучиться [37]. Причина заблуждений – загадочная природа радиации. Невидимое, но всепроникающее излучение практически не воспринимается органами чувств. Вы можете подвергнуться облучению и даже не заметить этого, так как воздействие на ваше здоровье очень неопределенно. Вы можете не испытать никаких негативных последствий, или же у вас через какое-то время диагностируют рак. Предсказать невозможно.

Величина дозы облучения при взрыве атомной бомбы и при авариях на атомных станциях существенно различается. Никто еще не умер непосредственно от облучения в результате аварии на Фукусиме и вряд ли умрет [38]. Радиация распространилась по очень большой территории, и спустя несколько месяцев потенциально опасные уровни радиационного заражения были зарегистрированы даже в Токио, в 250 километрах от аварийной электростанции. Выпадение радиоактивных осадков зафиксировано на школьных игровых площадках, бейсбольных полях и пешеходных дорожках, хотя эти эффекты не всегда следовало приписывать событиям на Фукусиме [39]. За исключением редких случаев уровни радиации за пределами зоны эвакуации в Фукусиме были настолько низкими, что они вряд ли могли причинить кому-нибудь вред. Но японское население испытывает страх. Каким бы малым ни был риск, никто не чувствует себя в безопасности.

Люди были не меньше напуганы и после катастрофы в 1986 г. на атомной электростанции в Чернобыле. Там взрыв за несколько секунд полностью разрушил реактор [40]. Погибли 30 человек, еще 106 получили сильную дозу облучения. Выжившие

испытывали страх и депрессию не только потому, что им пришлось бросить дома в зоне катастрофы, но и потому, что они опасались возникновения онкологических и иных угрожающих жизни заболеваний [41].

Последствия чернобыльской катастрофы на более удаленных территориях были, в действительности, относительно слабыми. Хотя в результате взрыва произошел выброс большого количества радиоактивных материалов, они распространились по площади северного полушария в незначительных концентрациях. За пределами зоны катастрофы уровни радиации были относительно низки и не оказали существенного влияния на здоровье людей [42].

Однако реакция широкой публики оказалась панической и никак не соответствовала реальным рискам [43]. В Германии, где был зафиксирован самый высокий уровень радиации, тревожные настроения сохранялись очень долго.

Неудивительно, что после аварии на Фукусиме вера в безопасность ядерной энергии заметно ослабла. Начались протесты с требованием полного отказа Японии от использования ядерной энергии. Однако сразу после катастрофы опрос, проведенный независимым американским советом экспертов Исследовательского центра Пью (Pew Research Center), показал: 46 % японцев хотят, чтобы производство ядерной энергии сохранилось в стране на текущем уровне. Этот показатель несколько превышает процент его противников [44]. Как объяснял мне сэр Дэвид Уоррен, британский посол в Японии, во время нашей встречи в британском посольстве, люди направляли свой гнев на правительство и компании, а не на ядерную энергию как таковую. Хотя реакция правительства на землетрясение Тохоку была более быстрой, чем на мощнейшее землетрясение 1995 г. в Кобе, общественность считала, что чиновники действуют недостаточно четко и решительно. Слишком плоха была связь между правительством, общественностью и Tokyo Electric Power Company (TEPCO) – компанией, управлявшей работой атомной электростанции. Журналистам удалось случайно услышать, как в какой-то момент премьер-министр Наото Кан спрашивал у руководителей TEPCO: «Что за чертовщина у вас происходит?» [45]. Многие японцы были убеждены, обоснованно или нет, что руководители электростанции скрывают истинные масштабы катастрофы и от правительства, и от общественности.

TEPCO – пример корпорации старого образца, любящей распространять только хорошие новости. В ее адрес прозвучало немало критики за недостаточную подготовленность к мощному цунами и за оперативные просчеты, которые, возможно, привели к дополнительным выбросам радиоактивных веществ в окружающую среду. Тревогу вызвало и то, что авария на Фукусиме продемонстрировала неспособность правительства адекватно контролировать работу атомной индустрии. Многочисленные случаи ненадлежащих действий были выявлены после аварии. Япония долгое время управлялась на основе неформальных отношений доверия, и в результате регулятор и регулируемый субъект оказались недостаточно отделены друг от друга [46]. История Фукусимы подталкивает к пересмотру стереотипа отношений. Чернобыльская катастрофа – еще один пример недостаточного разграничения между регулятором и регулируемым субъектом и, как следствие, плохого выполнения регулирующих функций.

Также Чернобыль стал примером неэффективного управления атомной индустрией в чрезвычайных обстоятельствах. Первой реакцией советского руководства была попытка скрыть масштабы трагедии от остального мира. Только когда появились неопровержимые свидетельства катастрофы, советские лидеры признали факт взрыва реактора. В результате

доверие к властям пошатнулось. Но хотя во время аварии на Фукусиме в Японии управление осуществлялось не так плохо, а информация о происходящем была более доступной, доверие к властям также оказалось заметно подорванным.

Химический элемент вчерашнего дня

К маю 2012 г. все ядерные реакторы в Японии были выведены из эксплуатации. Одни получили повреждения при землетрясении, другие постепенно отключали в течение следующего года для проверки на безопасность или профилактических работ. Многие интерпретировали это как политический жест, а не вынужденное прагматическое решение. Япония оставалась без ядерной энергии до июля 2012 г., когда были перезапущены два реактора. Через год Центр Пью повторил опрос. Выяснилось, что 70 % респондентов считают нужным сократить потребление Японией ядерной энергии и всего 20 % считают нужным оставить его на прежнем уровне [47]. За прошедший год японцы, по-видимому, стали спокойнее относиться к идее безъядерного будущего. Япония планировала увеличить долю производства электроэнергии на атомных электростанциях с 30 % в 2010 г. до 50 % в 2030 г. Теперь решено снизить зависимость в максимально возможной степени. Для этого необходимо найти новые источники энергии и сокращая общее потребление, повышая энергоэффективность и энергосбережение. Это сложная задача для страны, имеющей мало природных энергоресурсов и уже обладающей одной из самых энергоэффективных экономик в мире.

Планы повысить производство электроэнергии на атомных электростанциях в других странах также сокращены. Сразу после аварии на Фукусиме канцлер Германии Ангела Меркель заявила о трехмесячном моратории на введение в действие решения продлить срок эксплуатации действующих атомных электростанций. Затем в мае 2011 г. последовало заявление, что Германия собирается полностью отказаться от ядерной энергии к 2022 г. Другие страны наметили провести проверки надежности реакторов.

До сих пор статистика говорила в пользу ядерной энергетики; по-видимому, она казалась безопаснее иных источников [48]. Однако страх перед ядерной катастрофой и радиоактивным излучением ведет к тому, что мы настаиваем на повышении стандартов безопасности, которые и так выше, чем в других отраслях энергетики. Другие источники энергии, разумеется, не абсолютно безопасны и всегда таят определенные риски. Но зато они не несут в себе угрозу распространения радиации.

Ядерная энергетика может помочь отказаться от угля как источника энергии. Однако авария на Фукусиме, возможно, начало конца отрасли не только в Японии, но и во всем мире. Ядерная энергия всегда ассоциируется с ядерным оружием. Многие теперь рассматривают ее просто как слишком дорогостоящую и опасную альтернативу другим видам энергии, в том числе и из возобновляемых источников. Промежуток времени между решением о строительстве атомной электростанции и началом производства электроэнергии оказывается настолько продолжительным, что возможные изменения в законодательном регулировании и даже в спросе делают перспективы отдачи от инвестиций весьма неопределенными. Кроме того, издержки производства уранового топлива и побочных радиоактивных продуктов выше, чем для других источников. Все это существенно затрудняет разумное финансирование. По совокупности причин можно ожидать, что ядерную

В первую годовщину бомбардировки Хиросимы те, кому удалось выжить в аду, собрались у разрушенной усыпальницы Гококу, чтобы помолиться о погибших. На транспарантах, которые они принесли с собой, было начертано: «Всеобщий мир начинается в Хиросиме» [49].

Погибших похоронили, и город понемногу восстанавливался из руин. На момент взрыва в Хиросиме проживало почти 300 000 человек, но в годы войны она имела важное стратегическое значение: здесь находились центр связи, армейские склады и группировка из приблизительно 43 000 солдат. После пережитого Хиросима призвана стать символом мира во всем мире и полного отказа от ядерного оружия.

Приехав в Хиросиму в 2011 г., я встретился с губернатором префектуры Хиросима Хидехико Юзаки, чтобы обсудить аварию на Фукусиме и исторические последствия атомной бомбардировки Хиросимы. В наши дни Хиросима – напоминание о разрушительной силе ядерного оружия и необходимости последовательных усилий по его полному уничтожению.

Договор о нераспространении ядерного оружия ведет происхождение от знаменитой речи Эйзенхауэра «Атом на службе мира», послужившей импульсом к созданию Международного агентства по атомной энергии. Эта организация занимается мониторингом ядерных исследований. Соглашение, вступившее в силу в 1970 г., юридически запрещает участникам любые действия, направленные на передачу ядерного оружия неядерным государствам. Страны, владевшие ядерным оружием до вступления в силу этого договора, также должны «стремиться к проведению честных переговоров» о полном его запрещении [50].

Если бы договора не существовало, то к настоящему времени ядерным оружием владели бы уже более 30 стран. Но даже при наличии соглашения девять ядерных держав владеют в общей сложности 22 400 ядерными боевыми зарядами [51]. Четыре страны – Индия, Израиль, Пакистан и Северная Корея – не участвуют в договоре. Полное уничтожение запасов ядерного оружия по-прежнему далекий идеал, а во многих странах продолжается создание ядерных арсеналов.

В октябре 2003 г. грузовое судно «ББС Чайна» было перехвачено агентами ЦРУ в Средиземном море на пути в Ливию. Несколько контейнеров были экстренно сняты с борта корабля и помещены в специальное хранилище. Когда агенты ЦРУ открыли их, подозрения подтвердились: внутри находились детали центрифуги для обогащения урана. Через два дня офицеры американской и британской разведок встретились в Ливийской пустыне с полковником Каддафи. Последовавший отказ Ливии от попыток получить технологию ядерного оружия позволил раскрыть целую сеть подпольных операций и арестовать многих участников, включая и Абдул Кадер Хана.

Хан проживал в Британской Индии в 1940-х гг. Затем в условиях острого конфликта, возникшего в результате распада Британской империи, он бежал в Пакистан. Ребенком он видел, как на вокзал его родного города приходили целые железнодорожные составы, набитые телами убитых мусульман. В нем росли националистические чувства и ненависть к Индии. В декабре 1971 г. Пакистан потерпел сокрушительное поражение в военном

конфликте с Индией. Зульфикар Али Бхутто, ставший президентом Пакистана после конфликта, видел в ядерном оружии единственное для своей страны средство парирования угрозы, исходящей от восточного соседа [52]. Уже в первый месяц президентства Бхутто встретился с ведущими учеными и крупными военачальниками страны. Он хотел получить атомную бомбу через три года. «Вы сможете дать ее мне?» – спросил он. «О да, конечно, вы сможете ее получить», – заверили собравшиеся [53].

Соседняя страна поставила перед собой сходную цель, и 18 мая 1974 г. премьер-министр Индии Индира Ганди наблюдала, как в пустыне Раджастан в небо взметнулось грибообразное облако ядерного взрыва. Операция «Улыбающийся Будда» прошла успешно, и Индия официально стала ядерной державой. Проведя ядерное испытание, она бросила вызов участникам договора о нераспространении ядерного оружия, который вступил в силу четырем годами ранее. Индия никогда не подписывала этот договор, и демонстрация ядерной мощи стала плевым в сторону Запада. Индия создала свое ядерное оружие, используя информацию, рассекреченную в рамках американской программы «Атом на службе мира», в то время как плутоний для боеголовок изготавливался из отработанного ядерного топлива реактора, поставленного Канадой для производства электроэнергии. Последовало широкое международное осуждение Индии, против нее были введены санкции. Но наибольшую угрозу от усиления мощи Индии почувствовал Пакистан. Атомная бомба, взорванная всего в 50 километрах от пакистанской границы, еще раз продемонстрировала силу Индии.

Создание Индией атомной бомбы, по-видимому, стало для Хана сигналом к активному участию в пакистанском ядерном проекте. В 1960-х гг. он перебрался в Европу, продолжил образование, а позже поступил на работу в голландскую компанию по производству ядерного топлива URENCO, что обеспечивало ему доступ к информации о процессе обогащения урана. После завершения операции «Улыбающийся Будда» он написал Бхутто, что знает, как изготавливать расщепляющийся материал для атомной бомбы, и предложил свои услуги. Возникли подозрения, что Хан участвует в передаче секретной информации за границу, и в 1983 г. он был заочно приговорен голландским судом к четырем годам тюрьмы за шпионаж. Сам Хан отвергал все обвинения, а его адвокаты доказывали: информацию, которой он располагал, можно свободно получить в университетской библиотеке. Дело развалилось, и Хана оправдали. При его содействии Пакистан успешно создал атомную бомбу. 28 мая 1998 г. ядерная мощь страны была продемонстрирована на полигоне в горах Шагай.

Премьер-министр Пакистана Наваз Шариф не имел выбора, это был вопрос национального престижа. После взрыва Пакистан ликовал: теперь он по крайней мере сравнялся с Индией в военной мощи. Хан стал национальным героем [54].

Главный мотив Хана в создании атомной бомбы – стремление оказать геополитическую поддержку родной стране и повысить ее обороноспособность перед лицом растущей военной мощи соседа. Ядерный потенциал Пакистана, возможно, заставит Индию дважды подумать, прежде чем провоцировать конфликт. Однако мотивация других людей, способствовавших передаче ядерных технологий в Ливию, Северную Корею, Иран и, возможно, другие страны, обусловлена скорее алчностью и нарциссизмом, чем идеологией. Мы по-прежнему не знаем наверняка, насколько широко раскинулись подпольные сети и продолжают ли действовать их ячейки.

Усилия по нераспространению ядерного оружия, предпринятые в последние 40 лет, безусловно, ограничили число стран, обладающих военным ядерным потенциалом. Однако

действия подпольных сетей, занимающихся распространением ядерных технологий, показывают: полностью прекратить процесс не удалось. Отчасти это обусловлено неизбежным односторонним характером договора о нераспространении. Международный закон принят в интересах тех, кто уже обладал возможностью создать и использовать оружие, и в результате страны, подписавшие договор, оказались разделены на обладающих и не обладающих ядерным оружием. Пять из них (США, Великобритания, Франция, Россия и Китай), создавшие ядерное оружие до вступления в действие Договора о нераспространении, обрели ядерную гегемонию над всеми остальными. Каждая страна, имеющая ядерную программу, но не обладающая ядерным оружием, должна быть открыта для проведения международных инспекций. Но к странам, обладающим ядерным оружием, подобные требования не применяются; те, у кого оно есть, не спешат от него отказаться, а те, у кого нет, стремятся его получить.

Я помню напряженные десятилетия «холодной войны», когда существование ядерного оружия поддерживало хрупкий мир на планете. Раньше две супердержавы, подобные США и СССР, наверняка начали бы войну, но ужасающая перспектива термоядерного армагеддона удерживала от необдуманных действий.

Всеобщий мир поддерживался страхом перед ответным ударом. Если бы одна сторона начала атаку, то другая немедленно бы обрушила на нее весь свой ядерный арсенал. Результатом стало бы полное уничтожение агрессора. Министр обороны США Роберт Макнамара писал: «Мы понимаем масштабы ужасной катастрофы, многократно превосходящей все то, с которыми сталкивался человек за более чем миллион лет существования на Земле... Сдерживание ядерной агрессии обеспечивается неотвратимостью уничтожения агрессора – не только его вооруженных сил, но и всего населения» [55].

Это высказывание выразило суть идеи гарантированного взаимного уничтожения и создало единственный стратегический императив: по мнению американских стратегов, для обеспечения безопасности США должны обладать способностью полностью уничтожить любого агрессора даже после того, как он первым нанесет ядерный удар. Американский ядерный потенциал должен был быть достаточно большим, чтобы выдержать ядерную атаку Советского Союза и затем обеспечить полное его уничтожение. Другими словами, США всегда должны иметь «возможность нанести ответный удар».

Советские стратеги пришли к такому же выводу, и поэтому каждая сторона наращивала ядерный потенциал. На каждый шаг противника нужно было отвечать наращиванием собственного потенциала. Так началась великая гонка вооружений XX в. К 1982 г. каждая сторона имела более 10 000 единиц стратегических ядерных зарядов. Рассредоточенность по всему миру снижала вероятность их уничтожения при первом ударе противника: в бетонированных шахтах находились межконтинентальные баллистические ракеты, глубоко под водой – подводные ракетonosцы, а в небо в любой момент были готовы подняться стратегические бомбардировщики. Главной задачей каждой стороны было не нападение, а эффективное сдерживание противника: «Если ты нападешь на меня, ты погибнешь тоже».

В Советском Союзе логика сохранения возможности нанесения ответного удара нашла выражение в системе «Мертвая рука», которая создавалась в обстановке строжайшей секретности. Слухи о ней продолжают циркулировать и по сей день [56]. Если бы ядерная атака США уничтожила советское руководство, то система «Мертвая рука» автоматически обеспечила бы ответный ядерный удар. Для этого в воздух должны были подняться несколько ракет без зарядов. Пролетая над СССР, они подавали бы закодированные

радиосигналы тысячам ракет с ядерными боеголовками. Они должны были стартовать из скрытых под землей бетонированных шахт и уничтожить Америку.

Следствием гонки вооружений стало создание ядерных арсеналов, способных многократно уничтожить все живое на Земле. При этом они могли никогда не быть использованы. Это порождало постоянную угрозу и страх, но сохраняло мир.

Сегодня мир стал другим. Баланс ядерных арсеналов двух супердержав, гарантирующих их взаимное уничтожение, ушел в прошлое. Вместо этого мы имеем нескольких ядерных игроков, имеющих сложные мотивы поведения. На их здравый смысл мы не всегда можем рассчитывать. У них националистические интересы могут возобладать над ответственным отношением к ядерному оружию. С появлением каждого нового игрока риск ядерной катастрофы повышается независимо от того, чем может быть вызван запуск ракеты: ложной информацией, неверной оценкой ситуации или техническим сбоем. Возможно, наиболее пугающий сценарий – перспектива попадания ядерного оружия в руки террористов, которых гибель людей не волнует.

Использование реакции деления ядер урана в первой атомной бомбе, сброшенной на Хиросиму, означало, по сути, обращение к первичному источнику энергии Вселенной. С тех пор 60 лет страх перед неизбежным взаимным уничтожением удерживал ядерные державы от необдуманных действий, но мы больше не можем полагаться на хрупкое равновесие. Вероятность ядерной катастрофы повысилась. Возможные последствия окажутся еще более страшными: если бы ядерная бомба была сброшена сегодня, разрушения оказались бы во много раз серьезнее, чем при бомбардировке Хиросимы.

Прогуливаясь среди групп школьников по Парку мира и музею Хиросимы, я больше чем когда-либо осознавал потребность рассказывать людям всех возрастов о последствиях применения ядерного оружия. Мы с губернатором Юзаки, возглавляющим новое движение за нераспространение ядерного оружия, согласились, что должны стремиться к будущему, свободному от ядерного оружия. Конструктивные политические дискуссии на международном уровне проходят нелегко, а иногда и вообще оказываются невозможными. Но затрачивать усилия имеет смысл, если мы сможем снизить риск еще одной атомной бомбардировки. Полная ликвидация ядерного оружия может казаться нереальной, но мы должны к ней стремиться.

Мышление новых поколений формировалось после окончания «холодной войны», и они по-новому смотрят на суть ядерного оружия – как на средство уничтожения колоссальной разрушительной силы. Когда мы разговаривали о подготовке документов и подписании договоров, губернатор Юзаки взглянул на свой город и так произнес: «Главное – люди, а не листки бумаги».

В октябре 1950 г. журнал Popular Science рассказал о «новом сопернике», «бросающем вызов алюминию и стали как конструкционный материал для самолетов и ракет, ружей и средств бронезащиты». Прочный, легкий и устойчивый к коррозии, титан казался чудесным металлом будущего [1].

Титан был открыт в 1791 г. Уильямом Грегором, английским священником, минералогом и химиком, сумевшим набрать немного «черного песка» в ручье в долине Манаккан в Корнуэлле. Теперь мы знаем минерал ильменит, или титановый железняк; именно из него Грегор получил оксид нового элемента и назвал его манакканитом. Через четыре года немецкий химик Мартин Клапрот выделил двуокись титана из другой титановой руды, рутила. Он назвал ее титаном в честь героев древнегреческих мифов, сброшенных в Тартар Ураном. Клапрот также открыл и уран, но предпочел дать тому и другому отвлеченные названия, так как в то время их свойства были изучены не до конца [2]. Однако, по случайности, название Клапрота оказалось вполне подходящим: подобно титанам, томящимся глубоко под землей, этот элемент очень прочно химически связан с рудой, и извлечь его непросто.

Лишь в 1910 г. металлург Мэттью Альберт Хантер, работавший в Ренселеровском политехническом институте недалеко от Нью-Йорка, сумел получить образец чистого металлического титана. В процессе извлечения он раскрыл его замечательные физические свойства. Наконец, в 1940-х гг., 150 лет спустя после открытия титана, удалось разработать процесс его промышленного извлечения из титановой руды.

С началом «холодной войны» начался рост международной напряженности. США и СССР принялись добиваться технологического преимущества, которое обеспечило бы им превосходство над противником на море, в небе и в открытом космосе. Первая и Вторая мировые войны велись с использованием железа и углерода, а в «холодной войне» главные роли отводились титану и урану.

Титан сделал возможным реализацию самых выдающихся инженерных проектов эпохи «холодной войны», в частности создание сверхзвукового разведывательного самолета «Блэкберд» («Черный дрозд») компании Lockheed. Летавший со скоростью втрое выше скорости звука, «Блэкберд» за счет ускорения и набора высоты легко уклонялся от новейших советских крылатых ракет и в течение нескольких часов мог доставлять на американскую землю ценную разведывательную информацию. Самый быстрый воздушно-реактивный самолет в мире – выдающееся достижение инженерной мысли [3].

Сверхзвуковой «Блэкберд»

«Мы будем летать на высоте 27 000 метров со скоростью три Маха^[9]... Чем быстрее и выше мы будем летать, тем труднее будет нас обнаружить, а тем более, остановить», – объяснял группе своих инженеров Келли Джонсон, вице-президент по перспективным проектам аэрокосмической компании Lockheed [4].

В 1950-х гг., в разгар «холодной войны», США всеми силами пытались как можно больше узнать о советском военном потенциале. Существовавшие в то время спутники имели

ряд недостатков: их орбита была постоянной и слишком предсказуемой, чтобы вести разведку скрытно, а снимки из космоса часто страдали отсутствием четкости. Келли Джонсон был уверен: только самолет-шпион позволит собрать нужную разведывательную информацию и обеспечить безопасность находящихся на борту пилотов.

Первые самолеты-шпионы, созданные в период «холодной войны», представляли собой модернизированные бомбардировщики Второй мировой войны, летавшие медленно и на небольшой высоте, что делало их уязвимыми для средств ПВО. Самолет-разведчик U-2, созданный компанией Lockheed в конце 1950-х гг., мог летать на высотах до 21 километра и развивать скорость до 800 километров в час, но для борьбы с самолетами-шпионами Советский Союз создал новые ракеты, поражающие и такую цель. США знали об уязвимости U-2 и хотели разработать новый самолет-разведчик, который мог бы летать выше и быстрее. Действительно, в 1960 г., когда Lockheed начала работы по созданию «Блэкберд», самолет U-2 был сбит советской ракетой, а летчик Гэри Пауэрс оказался в руках КГБ.

«Блэкберд», летающий в четыре раза быстрее и на восемь километров выше, чем U-2, символизировал амбициозные планы американских военных. Американские ВВС хотели получить самолет, не просто недоступный для советских ракет, а способный уходить от любой ракеты. Самолеты некоторых моделей и прежде летали со скоростью более 3М, но только недолго и с использованием форсажной камеры. Для «Блэкберд» такая скорость должна была стать крейсерской. Однако, чтобы реализовать такой сложный технический проект, инженерам Lockheed нужно было научиться использовать возможности титана.

В 1959 г. работы по созданию нового сверхзвукового самолета начались в проектно-конструкторском подразделении Lockheed, получившем неофициальное название «Скунсового завода» (Skunk Works) из-за непереносимого зловония, исходившего из расположенной поблизости фабрики пластмассовых изделий. Инженеры скоро поняли: титан – единственный легкий металл, способный выдержать высокие температуры, возникающие при скоростях полета 3М. Сталь оказалась слишком тяжелой.

На высоте 27 километров воздух настолько разрежен, что мало чем отличается от вакуума, а температура достигает -55°C . Но даже при этом носовая часть самолета Blackbird, летящего быстрее пули, нагревается из-за трения воздуха до 400°C и более [5]. Вблизи форсажной камеры температура еще выше [6]. Если бы самолет не был выкрашен в черный цвет (откуда и название), то температура оказалась бы даже более высокой. Из-за сильного нагрева в полете фюзеляж несколько удлиняется. Размеры корпуса и топливного бака соответствуют друг другу только на высоких скоростях. Когда заправленный самолет находится на земле, топливо вытекает на взлетно-посадочную полосу.

Около девяти десятых веса конструкции «Блэкберд» приходится на долю деталей, изготовленных из титана. До начала работы над проектом никому еще не доводилось применять титан в таких масштабах и в таких экстремальных условиях. Только одна небольшая американская компания Titanium Metals Corporation работала с этим металлом, но ее титановые листы были невысокого качества. Более того, Lockheed не могла найти достаточно титана для постройки самолета. ЦРУ обследовало весь мир и наконец нашло экспортера. Им оказался Советский Союз, не подозревавший, что станет помогать созданию разведывательного самолета, который будет использоваться против него же.

Во время испытаний прототипа и сборки самолета было изготовлено в общей сложности более 13 000 000 титановых деталей. При этом инженерам пришлось столкнуться с множеством технологических проблем. Наличие даже незначительных примесей делало

титан хрупким, и поэтому вначале некоторые детали разбивались вдребезги даже при падении с метровой высоты. Линии, прочерченные авторучкой, быстро проступали на обратной стороне тонких титановых листов; гаечные ключи с кадмиевым покрытием срывали головки болтов; а самое загадочное – что листы обшивки, скрепленные методом точечной сварки, распадалась на части, если изготавливались летом, и оставались целыми, если зимой. В конце концов, источник загрязнения был найден: им оказался хлор, добавлявшийся на Skunk Works в цистерны с водой для предотвращения размножения водорослей.

Решения проблем были найдены, но оказались весьма дорогостоящими. Инженерам нужно было работать в стерильных условиях, протравливать детали кислотой и сваривать их в азотной среде. Стоимость самолета быстро достигла нескольких сотен миллионов долларов.

Но требуемый результат был получен, и 22 декабря 1964 г., к огромной радости Джонсона, «Блэкберд» совершил первый пробный полет. Lockheed добились выдающихся успехов, создав самый удивительный самолет в истории авиации. Он и сегодня остается примером того, на что способна изобретательность человека при умелом использовании удивительных свойств химических элементов.

«Блэкберд» – не просто чудо техники, но и эффективный инструмент ведения разведки на театре военных действий. Он начал быстро демонстрировать свои достоинства в ходе вьетнамской войны. Военная база США в Кхе Сане в Южном Вьетнаме осаждалась северовьетнамской армией, но США долго не могли обнаружить местонахождение транспортных средств противника, обеспечивавших приток солдат и вооружений. 21 марта 1968 г. «Блэкберд» осуществлял разведывательный полет над демилитаризованной зоной, разделявшей Северный и Южный Вьетнам. Сделанные в полете фотографии позволили обнаружить не только искомую базу, но и позиции тяжелой артиллерии вокруг Кхе Сана. Несколько дней спустя США осуществили воздушный налет на эти цели, и в течение двух недель осада была снята.

После того как «Блэкберд» продемонстрировал свои достоинства во Вьетнаме, он был вновь успешно использован в октябре 1973 г. Египетские войска перешли через Суэцкий канал и начали войну против Израиля в разгар еврейского праздника Йом Кипур. Израильцы были застигнуты врасплох неожиданной атакой, и США, поддерживавшие Израиль, опасались: без необходимой разведывательной информации союзник может понести большие территориальные потери. Когда СССР, поддерживавший арабских агрессоров, перепозиционировал свои разведывательные спутники, чтобы получать информацию о перемещениях израильских войск, президент Никсон отдал приказ об использовании «Блэкберд» для помощи Израилю.

«Блэкберд» вылетел из Нью-Йорка в направлении арабо-израильской границы и покрыл расстояние в 9000 километров всего за пять часов. Двадцатипятиминутного разведывательного полета оказалось достаточно, чтобы сфотографировать картину боевых действий. На следующее утро фотографии позиций арабских войск легли на стол начальника генерального штаба Израиля.

Благодаря титану США контролировали небо в период «холодной войны». В космосе титан также давал американцам преимущество: он активно использовался в космических программах «Аполлон» и «Меркурий» [7]. Но по другую сторону «железного занавеса» Советский Союз также использовал уникальные свойства титана, достигнув господства в

морских глубинах за счет постройки нового класса быстроходных глубоководных субмарин.

Советские подводные лодки

«Должно использоваться все самое передовое: новые материалы, новая энергетическая установка и новая система вооружений – она должна быть во всех отношениях непревзойденной», – так говорил о подводной лодке К-162 Георгий Святлов, в то время рядовой инженер-проектировщик советской военно-морской техники [8]. СССР стремился создать подводную лодку, которая могла бы, оставаясь незамеченной, быстро преодолевать большие расстояния и атаковать противника.

Советские инженеры тщательно рассмотрели возможности применения стали и алюминия, но превосходство титана оказалось очевидным. Отношение прочности металла к удельному весу имеет важнейшее значение при проектировании корпуса. Он должен быть легким, чтобы обеспечивать подводной лодке высокую плавучесть, и в то же время очень прочным, чтобы выдерживать огромное давление воды. Поскольку у титана это соотношение очень высоко, то советские титановые подводные лодки могли достигать невиданных ранее глубин. К тому же титан устойчив к коррозии: образующаяся на поверхности тонкая пленка двуокиси защищает корпус субмарины от воздействия морской воды. И, в отличие от железа, титан – немагнитный материал, что снижает вероятность обнаружения подводной лодки и срабатывания взрывателей магнитных мин.

Подобно тому как США дорого заплатили за создание титанового «Черного дрозда», СССР также заплатил немалую цену за создание титановых корпусов подводных лодок. Первая такая лодка проекта К-162 оказалась настолько дорогой, что многие подумали: дешевле было бы изготовить ее из золота. Неслучайно она получила название «золотая рыбка» [9].

В 1983 г. Советский Союз вновь использовал титан, на этот раз для строительства самой глубоководной в мире подводной лодки. Новое двадцатиметровое судно «Комсомолец» имело внутренний титановый корпус, что позволяло погружаться на глубину до одного километра. «Комсомолец» затонул в Норвежском море в апреле 1989 г., когда на нем лопнул воздуховод высокого давления, что вызвало пожар в одном из отсеков. В условиях высокой насыщенности воздуха кислородом огонь стал быстро распространяться по лодке. От огня, воды и удушья погибли 42 из 69 членов экипажа. Разрушенный титановый корпус с двумя ядерными реакторами и минимум двумя ядерными ракетами лежит теперь на дне моря, закрытый бетонным саркофагом, чтобы предотвратить попадание в воду плутония.

Американская разведка впервые начала получать данные о появлении советских титановых субмарин в конце 1960-х гг. Сделанные из космоса снимки корпуса подводной лодки, изготовленного на Адмиралтейском заводе в Ленинграде, ясно указывали на применение необычного металла, сильнее чем сталь отражающего свет, и не подверженного коррозии. Зимой 1969 г. морской офицер Уильям Грин, помощник военно-морского атташе США, посетив Ленинград, подобрал с земли кусочек металла, упавший с грузовика, вывозившего металлолом из ворот Адмиралтейского завода. Металл оказался титаном. Подтверждение было получено в середине 1970-х гг., когда при обследовании партии металлолома, отправленной в США из СССР, офицеры разведки обнаружили кусок титана с выбитым на нем числом 705. Это был серийный номер проекта советской подводной лодки,

вызывавшей пристальный интерес американцев. Долгое время США не верили в достоверность полученной разведывательной информации. Титан считался слишком дорогим, а изготовление огромного корпуса подводной лодки представлялось неимоверно трудным.

По мере того как «холодная война» близилась к завершению, глубоководные титановые подводные лодки становились все менее нужными, как и сверхзвуковые титановые самолеты-разведчики. В начале 1990-х гг. после распада СССР военные расходы по обеим сторонам «железного занавеса» сократились; президент США Джордж Буш и премьер-министр Великобритании Маргарет Тэтчер назвали этот эффект «дивидендами мира».

От производства подводных лодок новейшего Проекта 705 было решено отказаться, а дальнейшее финансирование «Блэкберд» было прекращено, в результате он навсегда остался единственным военным самолетом, ни разу не сбитым противником и не потерявшим ни одного члена экипажа.

Переходный период для титана

Сегодня титан применяется ограниченно. Он используется на буровых вышках и нефтеперерабатывающих заводах, то есть там, где агрессивная морская или химическая среда быстро вызвала бы коррозию стали; для изготовления имплантатов, в которых важнейшее значение имеют прочность и биологическая совместимость; для создания особо легких и прочных велосипедных рам, клюшек для гольфа и теннисных ракеток [10]. Титан по-прежнему играет важную роль в аэрокосмической промышленности – главном потребителе этого металла, – потому что снижение веса может обеспечить значительную экономию топлива [11]. Но теперь более дешевые легкие алюминиевые сплавы успешно конкурируют с титаном в большинстве областей применения. Авиалайнер «Конкорд», символ сверхзвуковой гражданской авиации, построен преимущественно из алюминия. Царствование титана как сказочного металла завершилось; он изменил мир, но после этого оказался практически ненужным.

В то время как небоскребы из стали строятся по всему миру, титан в современных зданиях мы видим крайне редко. Одно из исключений – облицованное титаном величественное здание музея Гугенхайма в Бильбао на севере Испании. Это футуристическое сооружение, напоминающее корабль, первоначально планировалось облицевать нержавеющей сталью, но архитектора Фрэнка Гери решение не устроило. Здание слишком блестело бы на солнце и выглядело бы темным в тени. Он рассмотрел возможности использования цинка, свинца и меди. За несколько дней до того как проект предложили вниманию широкой публики, ему прислали пробный образец титана. Отражательная способность материала придавала ему бархатистый блеск в любых условиях освещения. Именно его решил использовать Гери, несмотря на дороговизну.

Однажды один из членов команды архитекторов проекта услышал о резком снижении цены на титан. Россия, его крупнейший производитель, выбросила на рынок крупную партию металла. В течение недели Гери купил весь нужный ему металл, прежде чем цена вновь поднялась. В 1997 г. здание музея Гугенхайма, облицованное 33 000 титановых панелей, открыло двери посетителям. Проект получил высокую оценку критиков архитектуры.

Титан всегда будет присутствовать в нашей жизни, но никогда не сможет превзойти железо по стоимости, доступности и многообразию применения. Широкому использованию титана мешает непростой процесс извлечения из руды. Кролловский процесс, названный так по имени ученого-металлурга Уильяма Кролла, разработавшего его еще в 1940-х гг., по-прежнему самый распространенный метод получения титана. Но он весьма энергоемок, а значит, и дорог [12]. В результате титан оказывается на порядок дороже стали, и поэтому, за исключением редких случаев, предпочтение получает она. Когда же главным критерием является вес, то задействуется алюминий.

Титан не нашел широкого применения в жизни, предсказанного в 1950-х гг. Современное производство составляет всего около одной десятитысячной от производства стали. Это выглядит еще более удивительным, если учесть, что титан – четвертый в мире по распространенности конструкционный материал после алюминия, железа и магния.

Но применение чистого металлического титана – только половина истории. Когда титан соединяется с атомами кислорода, как это происходит в природе, он превращается в двуокись, а это вещество настолько распространено в современной жизни, что мы редко обращаем на него внимание.

Ослепительно белый титан

Как житель Лондона, я каждое лето езжу в Уимблдон, где перед началом матчей изучаю безупречный травяной покров теннисных кортов и тщательно прорисованные на них белые линии. Выходят игроки, одетые с головы до пят во все белое в соответствии с традицией, ведущей начало от первого чемпионата по лаун-теннису, состоявшегося в 1877 г. Белый цвет в XIX в. был символом богатства, но сегодня благодаря двуокиси титана и линии на кортах, и форма теннисистов стали еще белее.

Мы редко задумываемся, что белый цвет в нашем мире распространен повсюду. В офисах с белыми стенами мы сидим в белых рубашках и пишем на листах белой бумаги. Мы употребляем в пищу белые молочные продукты и используем отбеливающую зубную пасту, потому что белизна – символ чистоты. Добавление белого красителя в снятое молоко, как было подтверждено исследованиями, придает ему более аппетитный вид [13]. Практически во всех случаях белизну продуктам придает безвредная добавка под кодовым названием E 171 – двуокись титана. Благодаря ей тускло-серые и бледно-желтые предметы превращаются в белоснежные, делая жизнь потребителя радостной.

Я впервые узнал об использовании титана как отбеливающего средства, когда в конце 1980-х гг. работал финансовым директором компании Standard Oil. Компания Quebec Iron and Titanium (QIT) была нашим дочерним предприятием, созданным в 1948 г. вскоре после открытия крупнейшего в мире месторождения ильменита, титанового железняка, недалеко от живописного озера Алард в провинции Квебек [14].

После отделения железа, направлявшегося на производство стали, мы продавали титановый шлак изготовителям белого пигмента.

Посещая QIT, я мог с воздуха видеть огромное месторождение ильменита, на котором могли бы разместиться более сотни полей для американского футбола. С момента создания компания успешно развивалась. В 1950-х гг. производство титанового шлака выросло с 2000 до 230 000 тонн, а выработка железа – с 2700 до 170 000 тонн. В 1960 – 1970-х гг. было

реализовано несколько программ модернизации и расширения производства, так как спрос на изделия из стали и титана вырос. Сегодня QIT выпускает 1 500 000 тонн двуокиси титана в год. Но на фоне общемировых запасов, оцениваемых в 700 000 000 тонн, результат выглядит скромным. Производство можно увеличить для удовлетворения растущего спроса, а из-за месторождений титана, в отличие от железа и нефти, не возникло бы никаких конфликтов.

Подобно небоскребам из стали и кремниевым микрочипам, рукотворная белизна повсюду окружает нас: теперь она повсеместный символ современности. Но почему из всех цветов людей так привлекает именно белый? Чтобы ответить, мы должны рассмотреть природу света.

Почему белый?

В один из августовских дней 1665 г. сэр Исаак Ньютон слегка раздвинул шторы в своем кабинете в Вулсторп Холле. В результате образовалась узкая щель, через которую солнечный луч осветил помещение. На пути луча исследователь поместил стеклянную призму. Она позволяла увидеть семь цветов солнечного спектра на противоположной стене. С характерной тщательностью он измерил дисперсию света в кабинете и на основе полученных результатов разработал революционную теорию цвета [15].

В течение 2000 лет с тех пор, как Аристотель написал свой труд «De Coloribus», считалось: все цвета возникают из различных комбинаций черного и белого – двух крайностей цветовосприятия. Согласно этой теории, цвета радуги фактически добавлялись к белому самой призмой. Опровергая это утверждение, Ньютон использовал идентичную призму, показав: спектр может быть снова преобразован в исходный чисто-белый свет. Ньютон продемонстрировал, что цвет – внутреннее свойство белого света. Так он «расплел радугу» [16].

Ньютон разделил спектр на семь цветов: красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий и фиолетовый; число семь было выбрано в соответствии с представлениями о семи музыкальных нотах и семи небесных сферах. «Но наиболее удивительной и чудесной комбинацией, – писал Ньютон, – оказывается белый свет. Он составной. Белый свет можно назвать главным цветом радуги: из него возникают все остальные цвета» [17].

Солнечный свет, в отличие от золотистого солнца, белый и содержит весь спектр цветов. Солнце излучает разные цвета в разных пропорциях, которые после объединения создают ощущение белого [18]. И это не случайно: наши глаза эволюционировали на протяжении миллиардов лет таким образом, чтобы они могли воспринимать солнечный свет как самый яркий источник белого. Мы видим предметы белыми, когда они отражают свет разных цветов в той же пропорции, в какой цвета излучаются солнцем. Белый, по сути, – имитация солнечного света; мы красим предметы белым, чтобы они были яркими и заметными.

Золотистый, напротив, – отражение солнечного диска в небе, белое изображение которого золотится в результате дисперсии лучей света в атмосфере Земли [19]. Мы боготворим солнце и потому придаем высокую ценность золоту. Но так как белый свет распространяется повсюду, мы его практически не замечаем.

С тех пор как люди начали жить в пещерах, они всегда стремились создать безопасную и комфортную среду для спокойного существования их семей и более крупных человеческих сообществ. Мы возвели отделяющие нас от природы барьеры между собой и землей, дождем,

ветром. Окрашивая стены жилищ в белый цвет, мы утверждаем господство над силами природы, которые непрерывно разрушают, портят и загрязняют возведенные людьми строения. Белые интерьеры наших домов и офисов создают яркий блеск, сравнимый с блеском солнца.

Не только белизна

На первый взгляд белизна, обеспечиваемая двуокисью титана, выглядит менее впечатляющей, чем создание сверхзвукового самолета или глубоководных субмарин. Но посмотрим внимательнее и обнаружим: достичь белоснежного сияния, которое ассоциируется с титаном, технологически не менее сложно, чем создать титановый фюзеляж самолета «Блэкберд». Двуокись титана – не только исключительно яркая, но и клинически чистая. Крошечные частицы двуокиси титана поглощают ультрафиолетовое излучение солнца. Стена, покрытая ими, рассеивает энергию ультрафиолета, убивающую микробов на поверхности. Тончайший слой наночастиц на оконном стекле абсолютно прозрачен, но он поглощает УФ-излучение, которое осуществляет «санитарную обработку» поверхности. Покрытие также придает стеклу водоотталкивающее свойство: когда дождь барабанит по стеклу, на нем не образуется капель, и тонкий слой воды уносит продукты разложения грязи [20]. Недавно тот же принцип был положен в основу создания самоочищающейся одежды [21]. Поглощая и одновременно отражая свет, двуокись титана образует безукоризненно чистую среду, в которой мы предпочитаем жить.

Уникальные свойства двуокиси титана также проявляются во взаимодействии с электронами. Подобно кремнию, двуокись титана – полупроводник, и может использоваться для получения электрического тока в фотоэлектрических элементах солнечных батарей. В то время как кремний и поглощает свет, и содержит электроны для передачи электрического тока, титан чувствителен лишь к ультрафиолетовому излучению. Это делает двуокись титана очень полезной в солнечных экранах, так как, хотя ультрафиолет вызывает загар, он менее полезен. Чтобы улавливать как можно больше солнечного света, на наночастицы двуокиси титана наносят специальную светочувствительную краску [22].

Технологические инновации часто возникают там, где мы их меньше всего ожидаем. Чтобы глубже рассмотреть титановые фотоэлектрические элементы, мы должны вернуться назад, в конец XIX в., когда разрабатывалась технология фотографии на основе коллоидного серебра. И коллоидное серебро, и двуокись титана сами по себе нечувствительны к излучению большей части видимого спектра. Первые фотоэмульсии были чувствительны только к синим тонам, а излучение красного края спектра не воспринималось ими вовсе. В 1873 г. немецкий фотограф Герман Вильгельм Фогель обнаружил: некоторые краски способны повышать чувствительность фотопластин к излучению разных частей светового спектра. Краски поглощают фотоны, идущие от солнца, и выталкивают электроны. Обладающие энергией электроны взаимодействуют с соседними молекулами коллоидного серебра. Эксперименты Фогеля позволили получать более четкие черно-белые, а затем и цветные фотографии. Сегодня подобные краски используют в фотоэлектрических элементах из двуокиси титана, но испущенные электроны не превращают зерна коллоидного серебра в серебро, а переносятся полупроводником – двуокисью титана – к электродам, генерирующим электроток.

Фотоэлектрические элементы – последний штрих в картине причудливых взаимоотношений титана с солнечным светом. Наряду с титановыми белилами и искусственными красителями, имитирующими свет солнца, а также экранами, защищающими нас от солнечных лучей, двуокись титана может использовать энергию солнца, чтобы вырабатывать электричество.

Титан наряду с ураном и кремнием – одно из трех послевоенных «чудесных» веществ. Каждый из них показывает, как изменяется мир благодаря открытиям. Наиболее впечатляюще это продемонстрировал уран, когда его колоссальная энергия обрушилась на жителей Хиросимы. Однако титан как в военной, так и в гражданской сферах также повлиял на формирование облика послевоенной эпохи. Влияние химических элементов прослеживается ретроспективно на тысячи лет, до эпохи возникновения первых человеческих сообществ. Тем интереснее размышлять о роли трех элементов в истории человечества.

После Второй мировой войны мы были склонны думать: раз для трех чудесных веществ найдено новое применение, то они продолжают изменять мир. Но мы ошибались. После бомбардировки Хиросимы возникла серьезная озабоченность в отношении урана и его будущего практически во всем: от лечения рака до управления климатом. Сегодня мы смотрим на уран со страхом и неуверенностью; светлое атомное будущее, рисовавшееся в 1940-е гг., так никогда и не осуществилось. Титан, когда-то казавшийся превосходным конструкционным материалом, стал использоваться в таких прозаических товарах, как российские наборы кухонных ножей, и теперь применяется главным образом для производства белых красок, то есть совсем не так, как это представлялось 60 лет назад [23]. Но зато из всех послевоенных «чудесных элементов» наибольшее влияние на нашу цивилизацию оказал кремний, сделавший возможным создание небольших, быстродействующих и недорогих компьютеров. Они предоставили нам огромные возможности для обработки информации и осуществления коммуникаций. Так мы изменили отношение к материалу, который многие тысячелетия считался бесполезным и не имеющим никакой ценности песком.

Недалеко от древнего города Акко на территории современного Израиля река Нааман, воды которой несут много ила, впадает в Средиземное море. Когда начинается отлив, обнажается чистый белый песок, богатый кварцем. Однажды здесь, как рассказывает Ванноччо Бирингуччо, средневековый мастер по выплавке металлов, группа купцов, «заброшенная сюда по прихоти моря», остановилась, чтобы перекусить [1]. Не найдя на берегу никаких камней, команда принесла с корабля несколько кусков самородной соды, чтобы установить на них котлы. «Готовя пищу, они увидели, что порода в этом месте превратилась в текучее, блестящее вещество. Этот случай дал начало производству стекла» [2].

Совершенно случайно купцы превратили зерна кварца, состоящего только из атомов кремния и кислорода, в предмет всеобщего восхищения. После этого открытия придумали много способов использования стекла: бусы в Древнем Египте, вазы на Ближнем Востоке и зеркала в Венеции [3]. «Благодаря многочисленным экспериментам, добавлению и изъятию различных ингредиентов, – пишет Бирингуччо, – сделано так много, что можно усомниться в возможности продвинуться дальше в этом искусстве. Ибо из стекла изготавливается бесчисленное множество красивых вещей» [4].

Истории стекла 5000 лет. Его уникальные свойства позволяли создавать оригинальные изделия высокой художественной ценности. Способность принимать требуемую форму – не результат использования каких-то особых инструментов, которые много столетий остаются теми же самыми. Метод выдувания изделий, изобретенный в I в. на Ближнем Востоке, по-прежнему остается тем же и сегодня. Непрерывные инновации в изготовлении декоративного стекла, скорее, следствие внутренней тягучести структуры стекла. Когда зерна песка сплавляются с углекислым натрием, возникающая масса настолько тягуча, что в процессе застывания атомы не могут достаточно быстро вернуться в нужное положение, чтобы образовать правильную кристаллическую структуру [5]. Кремний и кислород «вмерзают» в неупорядоченную структуру, напоминающую жидкость и поэтому принимающую практически любую форму [6]. Хаотичная атомная структура также допускает включение атомов других элементов. Добавив небольшое количество примесей, можно делать стекло с разными оптическими свойствами: прозрачное, полупрозрачное, непрозрачное и опаловое. И все это – в бесконечно многообразной цветовой гамме.

Превращение песка в стекло – всего лишь одна из величайших ролей кремния в истории человечества. Второй важный вклад, сделанный несколько тысячелетий спустя, обеспечен чистыми кристаллами кремния. Необычные электрические свойства позволили использовать их в фотоэлектрических элементах, превращающих солнечный свет в электроэнергию, и в транзисторах, составляющих основу компьютеров. Считается, что из всех применений кремния создание транзистора в наибольшей степени изменило мир, предоставив каждому невиданные ранее вычислительные и коммуникационные возможности.

Используя оптические и электрические свойства этого вещества, человечество создало предметы необычайной красоты и мощную технологию. Все это продолжает удивлять, радовать и воодушевлять людей. Но кремний на протяжении большей части 5000-летней истории ассоциировался главным образом со стеклом. А самое важное место в его истории

принадлежит Венеции, где в эпоху Ренессанса достигло расцвета декоративное производство стекла как вид художественного творчества.

Стекло

Однажды, проходя солнечным апрельским утром мимо витрины антикварной лавки вблизи Кампо Санто Стефано в Венеции, я углядел кончик хвоста изящной фигурки слона, выполненной в стиле ар-деко. Лавка находится в очень узком переулке, и поэтому, окруженный толпами туристов, я не мог отступить назад, чтобы обозреть экспозицию. Сумев приблизиться к витрине, я медленно прошел мимо многочисленных ваз и кубков, прежде чем снова увидел черно-бирюзового слона [7]. Причудливый изгиб хобота ясно указывал, что фигура выполнена стеклянных дел мастерами с соседнего острова Мурано, где изготавливается основная масса венецианского стекла. Фигурки слонов, состоящие из множества деталей, которые необходимо тщательно подгонять друг к другу, относятся к числу наиболее трудных в исполнении. К тому времени я коллекционировал их почти пять лет. Впервые меня очаровали стеклянные фигурки животных в день, когда я встретился в Венеции с бывшим директором музея Лувр, собравшим огромную коллекцию этих художественных изделий. Прошло несколько лет, и я обнаружил, что мой партнер коллекционирует фигурки слонов – едва ли не самых благородных животных на планете, исключительно умных и способных устанавливать глубокие социальные связи. Объединив ее интерес к слонам с моей любовью к венецианскому стеклу, мы начали создавать общую коллекцию.

Еще до того, как я вошел в лавку, я уже знал, что куплю слона. Мое возбуждение, похоже, не осталось незамеченным владельцем магазина, и мне, вероятно, пришлось переплатить. Теперь я владею сотней стеклянных слонов, и мое стадо постоянно растет. Тот удивительный экземпляр был создан в 1930 г. Наполеоне Мартинуцци, работавшим в мастерских фабрики Венини. Под художественным руководством Мартинуцци Венини стал новатором в создании оригинальных типов и форм стеклянных изделий. Используя четкие и элегантные формы и новую гамму насыщенных цветов, он внес заметный вклад в возрождение стекольной традиции Мурано [8].

Производство стекла в Мурано началось после 1291 г., когда Большой Совет приказал перенести имевшиеся в Венеции стеклоплавильные печи на остров: они слишком часто становились источником городских пожаров [9]. Те же самые углекислый натрий и кварц, использовавшиеся египетскими и исламскими мастерами, привозили на Мурано с Востока по давно сложившимся торговым путям. Коммерческие связи обеспечивали и готовый экспортный рынок, что давало местным ремесленникам преимущество над конкурентами. В расположенных на острове мастерских ремесленники делали вещи необычайной красоты, используя те же трубки, щипцы и ножницы, что и по сей день.

В Мурано «делают лучшие стеклянные вещи», писал Бирингуччо. «Они красивее, разнообразнее по цвету и выполнены более искусными мастерами, чем где-либо в другом месте» [10]. Георг Агрикола, современник Бирингуччо, также высоко ценил художественные изделия муранских ремесленников. Во время праздника Вознесения он с восторгом разглядывал разнообразные предметы, выставленные на продажу: «Кубки, чаши, кувшины, флаконы, блюда и тарелки, оконные стекла, животных, растения и корабли» [11]. В

ренессансной Венеции ремесло стекольника превратилось в искусство.

Так как стекло получается из обыкновенного песка, то редкостью его не назовешь. Но редкое мастерство создания красивых предметов приводило к тому, что стекло ценилось столь же высоко, как и драгоценные камни.

Среди наиболее важных изобретений XV в. в Венеции был *cristallo* – тип стекла, «столь же бесцветного и прозрачного, как хрусталь» [12]. Примеси придавали изделиям неприятный желтоватый, сероватый или зеленоватый оттенок. Используя высококачественный кварц, добытый из измельченной речной кварцевой гальки, очищенную двуокись натрия и усовершенствованные плавильные печи, венецианские мастера создавали кристально чистые и высокоценные изделия [13].

*Стекло*нная война

К числу самых популярных товаров из Венеции относились и зеркала. Их делали, используя технологию *cristallo*. Стекло, особенно при нанесении на его поверхность тонкого покрытия, хорошо отражающего свет, давало возможность получать более качественные зеркала, чем из полированного металла [14]. Однако неровность стеклянной поверхности и плохая отражательная способность амальгамы часто вызывали неудовольствие покупателей: «Видишь [в зеркале] кого-то другого, а не себя», – отмечал комментатор XV в. [15]. Улучшив стеклянную основу и использовав новые материалы для амальгамирования, венецианские мастера смогли изготавливать «божественно прекрасные, чистые и не поддающиеся порче» зеркала, «но их стоимость была неимоверно высока» [16]. Прозрачное оконное стекло и покрытые амальгамой ртутные зеркала из Венеции приобретали парижские и лондонские богачи. В XVII в. эти предметы роскоши находились на пике моды: они приносили свет в роскошные дворцы аристократии и отражали красоту их обитателей. Лучшие венецианские зеркала продавались за астрономические суммы. За одно из таких зеркал в серебряной оправе было заплачено в три раза больше, чем за картину кисти Рафаэля. *Cabinets aux miroirs*, комнаты с зеркальными стенами, стали одним из признанных чудес того времени, поскольку создавали удивительные оптические эффекты и демонстрировали богатство владельцев. Такие комнаты имели королевы Анна Австрийская и Екатерина Медичи.

Неспособные создать стекло такого же качества, французы были вынуждены тратить огромные суммы на импорт декоративных изделий из Венеции. Торговый баланс нарушился, и в 1664 г. французский государственный деятель Жан-Батист Кольбер попросил Пьера де Бонци, французского посла в Венеции, переманить венецианских мастеров в Париж. Бонци ответил: «Всякого, кто осмелится предложить им переехать во Францию, они могут сбросить в море» [17]. Венецианская республика осознавала экономическое значение стекольной индустрии и делала все для сохранения ее монопольного положения, не допуская утечки кадров и технологических секретов. Мастерам даровались огромные привилегии, например право носить небольшие шпаги и занимать почетные места во время торжественной процессии в честь праздника Вознесения, – и все для того, чтобы удержать их в Венеции. Даже дворяне, женившиеся на дочерях стеклянных дел мастеров, не утрачивали положения в обществе, что в целом нетипично для города, в котором социальный статус имел огромное значение. Но для защиты своей торговли венецианцы не полагались только на привилегии. Любого ремесленника, самовольно покинувшего Мурано, ожидали

серьезные неприятности. Совет Десяти, тайный надзорный орган республики, постановил: «Если кто-то из работников или мастеров переедет работать в другую страну и не подчинится приказу вернуться, то все его ближайшие родственники будут заключены в тюрьму». Если это не поможет, то «специальные люди будут посланы убить его, и после его смерти его родственники смогут выйти на свободу» [18].

В конце концов Бонци нашел трех корыстолюбцев, за большие деньги готовых рискнуть и покинуть Венецию. В июне 1665 г. они прибыли в Париж и открыли мастерские на рю де Рейи. Вскоре их примеру последовали еще 20 мастеров из Мурано, соблазненных высокими заработками на Королевской фабрике стекол и зеркал, недавно открытой в Сен-Гобене, недалеко от Парижа. Венецианские власти пригрозили посадить в тюрьму семьи беглецов и конфисковать их имущество, но осуществить угрозы было непросто, так как уже слишком многие покинули Мурано. Кольбер даже организовал переезд жен нескольких умельцев в Париж. Однако в январе 1667 г. один из стекольщиков, перебравшихся в Париж, внезапно слег с высокой температурой и вскоре умер. Еще через три недели скончался другой, перед смертью жаловавшийся на сильные боли в желудке. По городу поползли слухи о том, что они были отравлены по приказу венецианских властей. Поверившие в это мастера начали возвращаться в Мурано. На какое-то время это затормозило прогресс на фабрике в Сен-Гобене, но ничего не изменило в принципе. Многие технологические секреты венецианцев уже стали известны французам, и производство стекла и зеркал шло полным ходом.

В 1682 г. король Людовик XIV использовал продукцию процветавшей отечественной стекольной промышленности для строительства самого большого из всех когда-либо созданных *cabinet aux miroirs* – зеркального зала в Версале. Семнадцать огромных зеркал заполняли гигантские арочные своды, при этом каждое состояло из 18 квадратных. «Зеркала представляют собой ложные окна, смотрящие на настоящие, и они многократно отражают в себе зал, так что пространство кажется бесконечным», – рассказывала газета *Mercure Galant* [19]. Зеркала становились все дешевле и больше, и в 1700 г. Королевская фабрика изготовила лист длиной три метра и шириной метр. Французское производство быстро догнало и перегнало венецианское, технологические секреты становились все лучше известны другим европейским странам благодаря усилиям шпионов и предателей. В 1680 г. венецианский посол жаловался: «Слезы наворачиваются на глаза, когда я вижу, как знания, дарованные нам Провидением, природой и упорным трудом, безнаказанно передаются на многочисленные фабрики немногими нашими недоброжелательно настроенными гражданами» [20]. В конце XVII в. венецианская стекольная индустрия находилась на грани краха. Муранские мастерские не поспевали за технологическими и стилевыми инновациями, такими как хрустальное свинцовое стекло, производившееся теперь на многих фабриках Европы [21]. Совет Десяти еще больше усложнил ситуацию, введя законы, направленные на защиту прав собственности производителей стекла и поддержку цен на их продукцию. Действуя таким образом, он сдерживал приток новых идей в Венецию и препятствовал инновациям.

В Великобритании известный парижский стекольных дел мастер Жорж Бонтам помог компании *Chance Brothers* из Бирмингема заполучить французских рабочих и их ноу-хау [22]. Позднее, спасаясь от Французской революции, он перебрался туда сам и принес на английскую землю свой уникальный опыт изготовления листового стекла [23]. Но, несмотря на приток специалистов и идей, по-прежнему сохранялось серьезное препятствие развитию британской стекольной промышленности. С 1746 г. стекло облагалось высоким налогом, и

позволить его себе могли только богатые люди. Немногие домовладельцы тратили деньги на окна, особенно потому, что правительство ввело на них налог – «грабеж среди бела дня», по словам *Lancet*, «абсурдный налог на дневной свет», «один из самых безжалостных, которые правительство могло ввести в стране» [24]. Из-за него англичане больше болели. В 1845 г. налог отменили, и стекольная промышленность начала развиваться. «Производство листового стекла дает нам очередной пример выгод свободной торговли», – писал Чарльз Диккенс [25].

После внезапного появления дешевого стекла архитекторы начали экспериментировать в невиданных ранее масштабах.

«Хрустальный дворец»

30 000 зрителей стояли под стеклянной крышей «Хрустального дворца» в лондонском Гайд-парке. «Вокруг них, среди них и над ними демонстрировалось все, что есть полезного или красивого в природе или в искусстве», – писала *The Times* [26]. «Над ними возвышался свод, намного более величественный и просторный, чем даже своды наших самых знаменитых соборов» [27]. Толпы собравшихся ожидали прибытия королевы Виктории на открытие Всемирной промышленной выставки 1851 г. Когда королева проезжала в экипаже через ворота парка, ее взору открылось огромное здание дворца, построенное из стекла и железа, а с военного корабля на Серпентайне грянул салют. К счастью, опасения, что выстрелы пушек разрушат стеклянную крышу дворца и тысячи дам будут изрублены осколками на мелкие куски, не сбылись [28].

Внутри сводчатого сооружения должны были разместиться самые выдающиеся и удивительные творения рук человеческих со всего мира. Экзотические шелка, украшения и специи Востока соседствовали с новейшими научными изобретениями Запада. Новейшие пушки с литыми стволами Альфреда Круппа располагались рядом с образцами дагеротипов и калотипии Фокса Тальбота. Генри Бессемеру еще предстояло обратиться к усовершенствованию методов выплавки железа и стали, но он уже демонстрировал новейший вакуумный стол для облегчения процессов шлифовки и полировки стекла и разнообразные приспособления для получения сока из сахарного тростника [29]. На выставке было представлено 100 000 экспонатов. А в центре дворца располагался восьмиметровый фонтан из хрустального стекла.

Посетители платили за вход один шиллинг, что равнялось среднему дневному заработку рабочего. Многие, по-видимому, считали, что выставка того стоит, так как в итоге там побывало более четверти населения Великобритании, хотя путешествия в то время считались роскошью, а фотография находилась в зачаточном состоянии. Всемирная выставка оказалась не только парком развлечений, но и торгово-промышленной ярмаркой и маркетинговым мероприятием для изобретений эпохи промышленной революции, а прозрачный «Хрустальный дворец» служил гигантской витриной для конкурирующих товаров со всего мира. Высокопоставленный государственный служащий Генри Коул убедил принца Альберта, мужа королевы Виктории, провести в Лондоне Всемирную выставку и стать ее патроном. Он был поражен размахом и величию Выставки достижений Второй республики, состоявшейся в 1849 г. в Париже, и считал, что Великобритания должна пойти дальше и провести не национальное, а международное мероприятие. Оно, уверял Коул принца

Альберта, подтвердит положение Великобритании как ведущей промышленной державы и укрепит ее авторитет в мире.

Дворец спроектировал инженер и архитектор Джозефом Пакстон. Получилось идеальное пространство, отвечавшее своей задаче. Солнечные лучи пронизывали его под самыми разными углами, что позволяло увидеть каждый экспонат при естественном освещении. В то время мало кто считал стекло строительным материалом, и Пакстон был одним из немногих инженеров, имевшим опыт его использования в строительстве; к тому времени он построил самую большую в мире оранжерею длиной 70 метров для герцога Девонширского в Чатворт-Хауз в Дербишире [30]. Но оранжерея казалась совсем маленькой в сравнении с дворцом. Здание длиной 600 метров и шириной 150 метров было построено с использованием 3300 стальных колонн и 300 000 листов стекла [31]. Компания Chance Brothers выиграла контракт на поставки не в последнюю очередь благодаря тому, что привлекалась к строительству оранжереи в Чатворте. Фирма получила особые похвалы от Бонтама и его коллег за внедрение новых европейских практик и «широту взглядов, знания и дух предпринимательства, продемонстрированных, невзирая на все затраты и риски» [32]. Производство стекла превратилось в поистине глобальную индустрию [33].

«Хрустальный дворец» заставил Лондон «до конца осознать значение стекла» [34]. Мир внезапно понял, это не только материал для художественных изделий, но и утилитарный строительный материал. Однако каждый лист стекла для «Хрустального дворца», как и раньше, был создан вручную – и силой человеческих легких. Чтобы изготовить листовое стекло для окон, сначала выдували сферы или цилиндры, затем их разрезали и раскатывали [35]. Это был дорогостоящий процесс, к тому же стекла часто получались с дефектами. Для изготовления больших листов расплавленное стекло выливали на ровную металлическую поверхность, но если она оказывалась не идеальной, то и поверхность стекла получалась шероховатой. Шлифование и полирование – дорогостоящий процесс, а в результате теряли почти половину продукции.

Чтобы начать широко применять стекло в строительстве, следовало дожидаться некой выдающейся инновации. В 1952 г. Алестер Пилкингтон изобрел процесс изготовления так называемого флоат-стекла. Его получают, выливая расплавленную стекольную массу на слой расплавленного олова, чтобы стекло становилось ровным и не требовало последующей обработки. Процесс Пилкингтона позволял получать идеально чистое стекло с гораздо меньшими издержками по сравнению с традиционными способами [36]. Вскоре у многих новых городских зданий появились полностью застекленные фасады. Недавно построенный в Лондоне 310-метровый небоскреб, застекленный со всех сторон, выглядит как блестящее надкрылье жука [37].

Теперь стекло используется повсеместно: из него делают предметы и эстетически значимые, и утилитарные. Зеркала и окна доступны всем; мир словно покрыт прозрачными, отражающими свет поверхностями.

Сверкающие поверхности

На фотографии Хироси Сугимото «Урок музыки» показаны две восковые фигуры у клавесина. Над играющей женской фигурой висит зеркало в раме из черного дерева. Ее лицо отражается на фоне мраморного пола в шахматную клетку. В зеркале можно также увидеть

нижнюю часть треноги фотоаппарата. Фотография по композиции напоминает картину Яна Вермеера с тем же названием [38]. На полотне, хотя и не совсем отчетливо, можно различить отражение в зеркале ноги и перекладыны мольберта художника. Используя зеркало, и Вермеер, и Сугимото, указывая на присутствие художника, сознательно помещают себя рядом с персонажами. Зеркала обеспечивают альтернативный взгляд на изображаемую сцену, расширяя наши зрительные возможности и создавая ощущение реальности.

Может показаться даже, что изображение возникает благодаря зеркальной поверхности. В сказке Льюиса Кэрролла «Алиса в Зазеркалье» главная героиня развлекает себя тем, что притворяется, будто изображение в зеркале показывает происходящее в каком-то другом мире. Пройдя сквозь зеркало, она оставляет за собой реальный мир и входит в мир, который воображает. Джонатан Миллер, автор книги «Отражение» («On Reflection»), объясняет: «Помимо непосредственной чувственной привлекательности предметов, которые светятся, сияют, блестят, сверкают, мерцают и вспыхивают, отражения, как и тени, привлекают нас, помогая представить вещи, которые существуют иначе, чем видится в воображении» [39].

Самые первые зеркала удивляли и побуждали человека к самоанализу. Платон был первым западным мыслителем, размышлявшим об их феномене: «Можно взять зеркало и поворачивать его во всех направлениях: из ничего возникнут отражения солнца и звезд в небе, вас самого и других существ, предметов и растений и всех возможных объектов. Да, всего того, что есть в реальности, но не в зеркале» [40]. Платон был уверен: образ в зеркале – обманчивый и искаженный. Нарцисс спутал свое отражение в воде с реальностью и влюбился в него. Не способный оторвать взгляд от прекрасного существа, которое, как ему казалось, он видел за границей поверхности воды, он умер. Но, с другой стороны, Сократ утверждал: если юноша станет рассматривать себя в зеркале, он лучше себя поймет. Сегодня отражения в зеркалах дают ощущение благополучия. Немногие люди способны пройти мимо зеркала и не взглянуть туда. Интересно, на что была бы похожа жизнь без отраженных образов? Но стекло и зеркала сделали гораздо больше, чем просто изменили наше самовосприятие. Они также изменили и наш взгляд на самих себя во Вселенной.

«Если бы они видели то, что видим мы»

Летом 1609 г. Галилео Галилей, в то время живший в Венеции, услышал об устройстве, позволяющем «смотреть на удаленные предметы, будто они находятся вблизи» [41]. Прибор, о котором ему рассказывали, представлял собой трубку, на концах которой укреплены куски стекла с изогнутыми поверхностями. Галилео был заинтригован, но отнесся к новости осторожно: он знал, что стекла с изогнутыми поверхностями искажают изображение, а при объединении двух стекол искажение должно еще больше усилиться. Сам умелый мастер, Галилео купил стеклянные линзы у продавца очков и принялся конструировать телескоп. К концу лета первый экземпляр был готов. Он обеспечивал восьмикратное увеличение. Галилей продемонстрировал его венецианским законодателям и вызвал «безмерное удивление присутствовавших» [42]. Галилей рассматривал объекты, которые прежде не видел никто. Он нанес на карту неба сотни новых звезд и даже, к своему изумлению, разглядел горы на Луне и спутники Юпитера.

В то время считалось, что Земля находится в центре Вселенной. Круглые планеты и звезды вращаются вокруг центра в хрустальных сферах. Но представлениям о небесных

сферах никак не соответствовали картины ночного неба, увиденные Галилеем. Более точные измерения орбит планет, проведенные с помощью телескопа, также не позволяли больше считать Землю центром. Наблюдения Галилея предоставили доказательства в поддержку новой модели Вселенной, предложенной Николаем Коперником в 1543 г. Центральное место во Вселенной занимает Солнце, утверждал Коперник [43]. Модель противоречила не только господствующей религиозной доктрине, но и обыденной логике: разве может Земля двигаться в пространстве без того, чтобы это движение не замечали люди на поверхности? [44].

Однако доказательства, представленные Галилеем, невозможно было проигнорировать. Впервые со времен Античности пространство ночного неба расширилось. А благодаря знаниям, полученным с помощью кремниевых линз телескопа, мыслители постепенно отказались от представлений о Вселенной, господствовавших со времен Аристотеля. «Если бы они видели то, что видим мы, – писал Галилей о живших до него астрономах, – они судили бы так же, как мы» [45].

Кремний позволил увидеть небесные просторы, которые нельзя увидеть невооруженным глазом. Людям постоянно хочется заглянуть все глубже и глубже во Вселенную. Изобретение Галилея дало импульс к созданию мощных телескопов. К середине XVII в. астрономы строили телескопы длиной в 50 метров: для управления ими требовалась сложная система опор и блоков. Увеличение длины телескопов – один из способов избежать размытости изображения, возникавшей вследствие кривизны поверхности линз [46]. В таких «телескопах-рефракторах» свет разных цветов, проходя через линзы, пропускаться в разных количествах, что не позволяло получить четкое изображение. Исаак Ньютон справился с этой проблемой, создав «телескоп-рефлектор», в котором использовались не линзы, а зеркала. Они отражали каждую составляющую света одинаково, независимо от цвета, что делало изображение более четким. Ньютону телескоп служил еще одним доказательством того, что белый цвет состоит из семи цветов радуги.

Даже при использовании очень больших зеркал четкость изображения не пропадала. Чем больше зеркала, тем дальше позволял заглянуть телескоп. Живший в XVIII в. астроном Уильям Гершель довел использование этого принципа до крайних пределов [47]. Он сделал больше, чем кто-либо другой, для повышения мощности отражательных телескопов, сумел увидеть астрономические объекты за пределами Солнечной системы. «Великая цель, – писал он сэру Джозефу Бенксу, президенту Королевского научного общества, – увеличить то, что я назвал “силой проникновения в космос”» [48]. Шлифуя и полируя все более и более крупные зеркала, Гершель сумел в конце концов разглядеть, что некоторые мельчайшие световые точки на небе являются на самом деле распыленными объектами [49]. Некоторые из этих «туманностей», как было доказано позже, – это галактики, подобные Млечному Пути. С тех пор размеры отражательных телескопов значительно увеличились: в 1917 г. на горе Уилсон был установлен телескоп Хукера с зеркалом диаметром 2,5 метра, а в 1948 г. на горе Паломар – телескоп Хейла с зеркалом диаметром 5 метров. Сегодня телескопы с зеркалами диаметром более 10 метров, установленные на горных вершинах Канарских и Гавайских островов, позволяют с невиданной ранее точностью вести наблюдение за ночным небом.

Фотоны не только переносят информацию о соприродных им звездах, но переносят и энергию. Задолго до изобретения телескопов зеркала использовались, чтобы улавливать и фокусировать энергию света ближайшей к нам звезды – Солнца.

В середине XVII в. Афанасий Кирхер, ученый-иезуит, установил пять зеркал, чтобы направить солнечный свет на мишень на расстоянии 30 метров. Температура воздуха около мишени была настолько высокой, что его помощник чувствовал себя рядом с ней крайне некомфортно. «Какого ужасного результата можно было бы добиться, – размышлял Кирхер, – используя тысячу зеркал!» [50]. Кирхер, вероятно, был знаком с легендой об архимедовых зеркалах. В начале III в. до н.э., когда римские корабли под командованием полководца Марцелла подошли к Сиракузам, Архимед велел находившимся на берегу солдатам разместить блестящие щиты таким образом, чтобы они направляли отраженные солнечные лучи на вражескую армаду. В результате концентрация тепла оказалась столь высока, что вражеские корабли загорелись. Действительно, хорошо зная геометрию, Архимед мог рассчитать, как сфокусировать лучи света и как нацелить метательные орудия, чтобы разрушить корабли противника до того, как они смогут подойти близко к берегу и высадить десант [51].

В книге «Pirotechnia», изданной в XVI в., Ванноччо Бирингуччо вспоминает о беседе с другом, изготовившим зеркало диаметром почти 70 сантиметров. Однажды, наблюдая за парадом войск в германском городе Ульме, этот человек стал развлекаться тем, что постоянно направлял отражаемый зеркалом солнечный свет на железные доспехи одного из солдат. В результате их температура повысилась настолько, «что стала почти невыносимой... а одежда под доспехами вспыхнула и сгорела, причинив ему ужасные страдания» [52].

В XVI в. Леонардо да Винчи придумал новое применение для солнечных лучей в мирных целях. Как всегда амбициозный, Леонардо намеревался изготовить вогнутое зеркало диаметром шесть километров, которое концентрировало бы солнечную энергию в точке главного фокуса, чтобы нагревать воду или плавить металлы [53]. Как и многие его изобретения, этот проект остался на бумаге. Лишь с наступлением промышленной революции в Великобритании появилась возможность изготавливать линзы и зеркала больших размеров, хотя и не таких, о каких мечтал Леонардо. В последние годы своей жизни Генри Бессемер построил солнечную печь для плавки металлов. Отражатель, установленный внутри башни высотой 10 метров, направлял солнечный свет на расположенное на крыше вогнутое зеркало площадью четыре квадратных метра. Зеркало направляло сфокусированный с помощью линзы поток света в нижнюю часть башни на тигель. Бессемеру удавалось плавить медь и испарять цинк, но в целом это весьма дорогое устройство оказалось не очень эффективным. Спустя несколько лет даже Бессемер «разочаровался в солнечной печи и отказался от ее использования» [54].

По другую сторону Атлантики, в Филадельфии, американский изобретатель Фрэнк Шуман обратил внимание на проблему концентрации солнечной энергии. На рубеже XX в., используя способность стекла удерживать тепло, он поднимал температуру воды в придуманном им «солнечном нагревательном резервуаре» почти до точки кипения, даже когда на земле лежал снег [55]. «Я уверен, что мое изобретение будет иметь успех во всех жарких странах, – писал он. – Оно принесло бы пользу и здесь в любой из солнечных дней, но сами знаете, какая у нас погода» [56]. В Египте, где погода более подходящая, его солнечные нагревательные резервуары нагревали воду для паровых машин, с помощью которых перекачивалась вода для орошения полей. Другой изобретатель, Обри Энеас,

построил гигантские конические отражатели площадью в несколько квадратных метров, чтобы улавливать энергию солнца в таких солнечных штатах, как Калифорния и Аризона. Энеаса также воодушевили параболические вогнутые рефлекторы, изобретенные Джоном Эриксоном, американским инженером шведского происхождения, который построил броненосец Monitor во время Гражданской войны в Америке, а последние 20 лет жизни посвятил созданию устройств, использующих солнечную энергию. Бессемер и Эриксон, безусловные новаторы в производстве и применении железа, были озабочены тем, что запасы каменного угля для плавки железной руды и работы паровых машин постепенно истощаются, и поэтому искали альтернативные источники энергии. План Энеаса состоял в том, чтобы предоставить дешевый источник энергии жителям пустынь, не имеющим возможности закупать каменный уголь. Увеличив масштаб своих систем, оба изобретателя надеялись производить более дешевую солнечную энергию, но даже в этом случае системы ее концентрации не могли производить электричество, как на традиционных электростанциях. И здесь мало что изменилось и в наши дни. В Испании, на засушливых равнинах вблизи Фуэнтес де Андалусия, было установлено более 2500 зеркал площадью 120 квадратных метров, направляющих солнечный свет на башню в центре. Там расплавленная соль нагревается до температуры почти в 600 °С. Расплавленная соль может храниться в цистернах, пока не потребуется, чтобы привести в действие паровые турбины и выработать электричество. Но без значительных субсидий даже это современное предприятие неконкурентоспособно.

О солнечной энергии на время забыли и вспомнили о ней вскоре после Второй мировой войны, когда ученые из Белловских лабораторий в Нью-Йорке начали исследовать некоторые необычные свойства кремния. Исследования Джеральда Пирсона, Дэрила Чейпина и Калвина Фуллера привели в 1954 г. к созданию первого кремниевого фотоэлектрического элемента.

Фотоэлектрические элементы

Дэрил Чейпин получил задание от Белловских лабораторий разработать новый портативный источник электропитания для систем телефонной связи, предназначенных для работы в тропическом климате, где традиционные батареи из сухих гальванических элементов садятся очень быстро. Он начал исследовать в качестве возможных вариантов ветряные электрогенераторы, паровые двигатели и солнечную энергию. Вместо того чтобы улавливать энергию солнца с помощью зеркал и тепловых резервуаров, Чейпин решил исследовать возможность преобразования солнечной энергии в электрическую с помощью фотоэлектрического эффекта.

Александр-Эдмон Беккерель, отец Анри Беккереля (прославившегося открытием радиации), обнаружил фотоэлектрический эффект в 1839 г. [57]. Беккерель помещал две латунные пластины в электропроводящий раствор и освещал его солнечным светом. Оказалось, что свет вызывает движение электрического тока в растворе между пластинами. Если можно использовать этот ток, значит, можно использовать и энергию солнца. Однако и через 100 лет ученые с помощью фотоэлементов могли уловить всего лишь одну двухсотую долю энергии Солнца.

Это не обеспечивало достаточной мощности для нужд Чейпина, и поэтому он занялся

поиском вариантов. Слух об исследованиях Чейпина дошел до Джеральда Пирсона и Калвина Фуллера, также ученых из Белловских лабораторий, экспериментировавших с необычными электрическими свойствами кремниевых полупроводников. Они подумали: разрабатываемые новые материалы могли бы оказаться полезны для создания фотоэлектрических элементов. К всеобщему удивлению, идея не только оказалась правильной, но и позволила создать фотоэлектрический элемент, в пять раз превосходивший все существовавшие до сих пор [58].

В апреле 1954 г. Пирсон и Фуллер объявили о создании «Белловской солнечной батареи» и продемонстрировали журналистам, как она обеспечивает работу радиопередатчика. Новая батарея быстро доказала свою ценность в качестве надежного источника электропитания в тропических условиях. Однако настоящее признание солнечные батареи получили в 1958 г., будучи использованы в космической программе *American Vanguard*. В то время как химические батареи космического зонда быстро сели, солнечные батареи продолжали работать в течение нескольких лет полета. В космических аппаратах солнечные батареи получили первое широкое применение [59].

Даже сегодня солнечные батареи часто оказываются самым рентабельным средством генерирования энергии в удаленных областях, лишенных других источников энергии, поскольку позволяют избегать больших затрат на строительство линий электропередачи и подвозку топлива. Они могут монтироваться в виде изолированных энергетических установок. В 2001 г. я посетил Индонезию, чтобы познакомиться с тем, как ВР реализует в сельском районе один из самых крупных на тот момент во всем мире проектов по преобразованию солнечной энергии в электрическую. Небольшие панели из кремниевых фотоэлементов были установлены на 40 000 деревенских домов. Электрические насосы теперь использовались для полива полей, а электрическое освещение провели в дома, школы и медицинские учреждения. Солнечные батареи также положительно повлияли на образовательный процесс. Как я заметил, дети стали учиться не только днем, но и вечером.

В отличие от ископаемых видов топлива, рассредоточенных в недрах земли, солнце светит повсюду. В течение года от солнца на землю поступает больше энергии, чем может быть получено из всех месторождений каменного угля, нефти, природного газа и урана. Энергия, получаемая в течение одного дня, в 130 000 раз превышает общемировую потребность в электроэнергии. И при этом доля солнечной энергии в производстве электроэнергии составляет лишь десятые доли процента. Отчасти это обусловлено тем, что использование солнечной энергии печально знаменито низкой эффективностью. Слабый электрический ток возникает каждый раз, когда фотон поглощается кремниевым фотоэлементом. Это происходит потому, что в фотоэлементе энергия фотона передается электрону и его положительному антиподу, называемому «дыркой» [60]. Энергия фотона передается при поглощении, но в действительности поглощаются далеко не все фотоны. Чтобы произошло поглощение, фотон должен обладать достаточной энергией, а она есть лишь у малого процента фотонов. В результате даже в самых благоприятных лабораторных условиях солнечные фотоэлементы захватывают и преобразуют в электричество лишь 40 % падающего света. В фотоэлементах, используемых в обычных рабочих условиях, этот показатель составляет от 10 до 20 %. Это все равно делает их в несколько раз более эффективными, чем первые солнечные фотоэлементы, созданные в Белловских лабораториях в 1954 г. Улучшение, достигнутое в течение всего 60 лет, удивительно: ведь за миллиарды лет эволюции растения, преобразующие свет в энергию с помощью фотосинтеза, достигли

эффективности преобразования всего в 3 %.

Однако самое большое препятствие к успеху солнечных фотоэлементов имеет не техническую, а экономическую природу: солнечные батареи производят дорогую электроэнергию, потому что их изготовление стоит больших денег. Ситуация начала улучшаться, по мере того как стали появляться новые технологии изготовления фотоэлементов. Стоимость производства также быстро пошла вниз во многом благодаря экономии от эффекта масштаба, достигаемой китайскими производителями на растущем китайском рынке. Несмотря на это, электричество, полученное с помощью солнечных фотоэлементов, не сравнялось по цене с сетевым. Ведь только в этом случае фотоэлементы смогут конкурировать с невозобновляемыми источниками энергии. Но этот момент становится все ближе. Производится все больше солнечных фотоэлементов, и они продолжают дешеветь; в 2011 г. производственные мощности предприятий, изготавливающих солнечные фотоэлементы, увеличились почти на 75 %, при том что средний рост в этой отрасли за последнее десятилетие составлял 45 %. Продолжающееся развитие будет иметь важное значение для перехода к экономике, использующей меньше энергии углерода [61].

Когда в 1954 г. появилось сообщение об изобретении в Белловских лабораториях кремниевых солнечных фотоэлементов, New York Times написала: это событие ознаменовало «начало новой эры, которая в итоге позволит реализовать давнюю мечту человечества об использовании практически неограниченной энергии солнца на благо цивилизации» [62]. Эта мечта может стать реальностью, и человечество сумеет избавиться от эмиссии парниковых газов. Но предстоит пройти еще долгий путь, прежде чем масштаб использования солнечной энергии станет сопоставим с масштабом использования энергии ископаемых видов топлива или атомного ядра. Однако из всех возобновляемых источников энергии оно выглядит на сегодня самым перспективным.

Компьютеры

Анкоридж, Аляска, 1970 г.: красные лампочки отчаянно мигают на панели управления. Только что сломалось устройство памяти компьютера на магнитных сердечниках. В те времена такая поломка была чисто механической: вращающиеся диски начинали цепляться друг за друга и в конце концов останавливались. Постоянные перезапуски компьютера делали выполнение даже простейшей программы крайне трудным. Мне предстояла долгая непростая ночь жесточайшего цейтнота. Я работал на первой инженерной должности в British Petroleum. Благодаря знаниям, полученным в Кембриджском университете, я был в те дни одним из немногих, знавших, как облегчить решение инженерных задач с помощью компьютера. Мой босс собирался на встречу с очень влиятельными людьми из нескольких еще более влиятельных американских нефтяных компаний. Они намеревались обсудить перспективы совместного освоения гигантского нефтяного месторождения Прюдо Бэй. Он хотел, чтобы я нашел ответ на некий важный вопрос и чтобы он, представлявший в то время довольно небольшую компанию, сумел произвести впечатление своей технической подготовленностью на другие, более крупные компании.

Непростая задача. Компании имели договоры аренды на разные участки земли на поверхности месторождения. Таким образом, то, чем владела каждая компания, в значительной мере зависело от распределения нефти на этой территории, очень, как

оказалось, неравномерного. Во время раннего завтрака после бессонной ночи мне в голову неожиданно пришло нужное решение, и я отправился в офис. Да, работа по ночам иногда приносит пользу.

Я искал решение в единственном в Анкоридже «компьютерном бюро», которое возглавлял выпускник Стэнфордского университета Миллет Келлер. Здесь имелся всего один компьютер, IBM 1130 – последнее слово вычислительной техники на тот момент. Весь день Миллет писал коммерческие программы на языке программирования COBOL, предназначенные для составления отчетов местными банками. По ночам я получал возможность отлаживать собственные программы, написанные на языке FORTRAN. Этим языком программирования пользовались тогда многие ученые и инженеры. Благодаря использованию передовой техники IBM, выполнявшей 120 000 операций сложения в секунду, я мог моделировать состояние принадлежащих British Petroleum нефтяных месторождений на Аляске для облегчения их промышленной эксплуатации [63]. BP всегда была одним из лидеров в использовании компьютерных технологий. В начале XX в. она разработала программы для расчета наиболее экономичных маршрутов движения нефтяных танкеров. Но изобретение IBM 1130 предоставляло совершенно новые возможности для обработки информации в нефтяной отрасли. Будучи по образованию геофизиком, Миллет интересовался выполняемой мною работой и часто оставался со мной по вечерам, наблюдая за поведением компьютера или вводя в него перфокарты с изменениями в программе.

IBM 1130 был первым компьютером, с которым мне пришлось иметь дело по окончании Кембриджского университета. Он был менее мощным, чем установленный в университете Titan, но более компактным, дешевым и удобным. Titan занимал целую комнату и требовал для обслуживания целую команду лаборантов. IBM пыталась сделать компьютерные технологии более удобными для самых разных отраслей, в которых выполнение сложных расчетов становилось все более необходимым.

Сегодня разведка месторождений и бурение скважин без предварительных компьютерных расчетов кажутся немыслимыми. К тому времени, когда BP вела добычу нефти на месторождении Тандер Хорс, на котором одноименная нефтяная платформа едва не затонула в 2005 г. под ударами урагана «Деннис», уже использовались сейсмические и иные данные для построения трехмерных моделей месторождений глубиной в несколько километров [64]. Необходимая для этого обработка больших массивов информации стала возможна благодаря стремительному росту мощности компьютеров за минувшие 60 лет. А основу технологии обеспечил транзистор – крошечное устройство из кремния.

Кремниевый транзистор

В конце 1940-х гг. Уильям Шокли и его команда из состава группы, занимавшейся в Белловских лабораториях физикой твердого тела, изучала необычные электрические свойства группы полупроводников. В телефонных сетях компании Bell по-прежнему использовались механические коммутаторы, а усиление сигналов обеспечивали вакуумные лампы [65]. Техника была ненадежной и действовала медленно, и поэтому директор по научным исследованиям получил задание разработать альтернативу. Шокли полагал: решение могут дать полупроводники, на основе которых он надеялся создать новые коммутаторы и усилители [66]. Хотя теоретическая база выглядела безупречно,

практические результаты оставляли желать лучшего. Его коллега Джон Бардин, блестящий физик-теоретик, также обратился к этой проблеме. Он догадался, что электроны удерживаются на поверхности полупроводника, а это, в свою очередь, останавливает движение электрического тока через устройство [67]. Вместе с Уолтером Бреттенем, чьи умелые руки служили прекрасным дополнением к мозгам Бардина, он сумел справиться с проблемой удержания электронов и, таким образом, перевел идею Шокли в практическую плоскость, что и обеспечило создание первого в мире транзистора [68].

В конце июня 1948 г. руководство Белловских лабораторий объявило: Шокли, Бардин и Бреттен создали первый полупроводниковый транзистор. Позже за выдающееся изобретение они были удостоены Нобелевской премии по физике. На пресс-конференции они объяснили, что транзистор способен заменить электровакуумную лампу – устройство, которое в ту пору использовалось в радиоприемниках и простейших вычислительных машинах. Подобно электровакуумной лампе, транзистор усиливал электрические сигналы и действовал как двухпозиционный переключатель, но работал быстрее, занимал меньше места и потреблял намного меньше энергии [69]. Но пресса сочла изобретение незначительным и уделила ему мало внимания. New York Times «поместила новость на 46-й странице под колонкой с сообщениями о сплетнях и слухах» [70]. Возможности транзистора не были осмыслены широкой публикой. Да и журналисты, должно быть, не понимали, какое влияние устройство и его функции способны оказать на повседневную жизнь. Даже сегодня лишь немногие осознают связь между крошечными кусочками кремния и сложными компьютерами, с помощью которых мы создаем изображения, управляем коммуникациями и генерируем звуки.

Любая вычислительная задача может быть разбита на последовательность простых логических действий, таких как решение суммировать два числа или выбрать одно из них. Эти действия контролируются «логическими вентилями», служащими базовыми строительными блоками цифровых схем. Логические вентили изготавливаются из транзисторов и других простых приспособлений и используют транзисторы как «ключи» для передачи сигналов. Большинство логических вентилях имеет два положения «включено» – «выключено», которые выполняют роль входов. Каждый может быть либо во «включенном», либо в «выключенном» состоянии. Обычно они обозначаются как «0» и «1», и выходной сигнал логического вентиля определяется двумя входными сигналами, а также типом самого вентиля. Например, логический вентиль «И» даст на выходе 1, только если сигнал 1 имеется на обоих входах. Все другие сочетания входных сигналов (0 и 1, 1 и 0, 0 и 0) дадут на выходе 0. Компьютер в простейшем виде представляет собой совокупность таких транзисторных логических вентилях, соединенных для получения сложного выходного сигнала. Мощность и сложность компьютера растут по мере того, как соединяется все больше и больше логических вентилях.

Транзисторы позволяют это, потому что имеют малые размеры, очень дешевы и потребляют минимум энергии, что позволяет объединить в одном компьютере огромное количество транзисторов. Быстродействие делает компьютеры полезными. Выполнение транзистором функции включения-выключения осуществляется слабым электрическим сигналом. Малые размеры транзистора и высокая скорость движения электронов позволяют переводить транзистор из включенного состояния в выключенное более 100 000 000 000 раз в секунду. Если бы вы нажимали клавишу электрического выключателя пальцем, то на выполнение такого количества переключений вам потребовалось бы 2000 лет.

Полупроводниковые свойства кремния делают его идеально подходящим для выполнения таких переключений, хотя для этого прежде использовались и другие полупроводники, в частности германий, а современные транзисторы могут изготавливаться из многих разных сплавов. Однако ни один из них не может соперничать с кремнием с точки зрения сочетания высокой производительности и низкой стоимости [71].

Однако свое первое коммерческое применение транзистор нашел не в компьютерах, а в технологиях, использовавших другие его возможности, например усиление электрических сигналов. В частности, транзисторы использовались в слуховых аппаратах фирмы Sonotone, впервые выпущенных в 1952 г. Тот же принцип применялся и в радиоприемниках, обеспечивая усиление электромагнитных волн, которые распространяла передающая станция. Небольшие размеры транзистора позволили значительно снизить габариты и стоимость радиоприемников, ставших переносными и, таким образом, позволили владельцам постоянно принимать распространяемую в эфире информацию. Транзисторные радиоприемники провозгласили наступление новой эры для популярной музыки, которую теперь каждый мог слушать где угодно и когда угодно. По мере появления новых товаров пришло и широкое понимание важности транзисторов. В марте 1953 г. Fortune напечатал статью под заголовком «Год транзистора». «В транзисторе и новых электронных устройствах на твердом теле, – утверждалось в статье, – человек может надеяться найти мозг для управления мускулами ядерной энергии» [72].

Кремний встал в ряд с ураном и титаном – послевоенными «чудесными элементами».

Кремниевый чип

Вскоре после того, как Шокли, Бардин и Бреттен создали первый транзистор, отношения между ними начали портиться. Амбициозный Шокли полагал, что не получил адекватного признания за свое изобретение [73]. Он почувствовал себя неуютно в Белловских лабораториях, где очевидное отсутствие управленческих способностей и вздорный характер мешали его карьерному росту. В 1956 г. во многом под влиянием Фредерика Термана, ректора Стэнфордской технической школы, он уволился из Белловских лабораторий и переехал в Калифорнию, где основал собственную компанию Shockley Semiconductor. Терман хорошо понимал потенциал полупроводниковой индустрии и хотел, чтобы в нее шли работать его студенты. Совместными усилиями Шокли и Терман сумели переместить главные силы полупроводниковой индустрии с Восточного на Западное побережье США, где заложили фундамент для будущего феномена Кремниевой долины.

В Shockley Semiconductor исследованием потенциала кремния начали заниматься несколько блестящих специалистов. «Ни обработка, ни физические свойства [кремния] не были хорошо изучены, – писал Гордон Мур, работавший в то время в компании. – Мы всего лишь исследовали технологию и думали над тем, что можно сделать, и нам нужно было решить много задач, прежде, чем мы могли бы что-то испытать и создать» [74]. Однако работать в Shockley Semiconductor было непросто. Скверный характер Шокли и неумение управлять людьми способствовали высокой текучести кадров. Он был известен тем, что публично объявлял об увольнении своих сотрудников и требовал проверки на детекторе лжи тех, в ком у него возникали малейшие сомнения. Шокли и его работники расходились во взглядах не на общее направление деятельности компании, а на то, коммерциализацией

каких новых изобретений следует заниматься. После года работы под руководством Шокли группа из восьми самых талантливых и амбициозных сотрудников решила покинуть компанию. «Восьмерка предателей» вступила в контакт с Бадом Койле и Артуром Роком, пионером использования венчурного капитала. Койле и Рок убедили их, что следует не искать другую компанию, а создать свою собственную. Получив 1,4 млн долл. от Шермана Фэрчайлда, изобретателя и бизнесмена, имевшего крупную долю в IBM, группа перебралась в окрестности калифорнийского города Пало Альто и основала там Fairchild Semiconductor.

В то время одной из главных технических задач было обеспечение надежной работы транзисторов, так как электровакуумные лампы были не только громоздкими, но и ненадежными. Каждый транзистор должен был подсоединяться к электрической цепи с помощью проводов, которые требовалось припаивать вручную. По мере того как число электрических цепей в компьютере увеличивалось, росла и вероятность нарушения любого из соединений. Риск отказов был высок. Другие составляющие электрических цепей (например, сопротивления) делались не из кремния, а из углерода и других материалов. Производство электрических цепей оказывалось дорогим и неэффективным процессом [75]. В 1958 г. Джек Килби, ученый из Texas Instruments, начал готовить изменения в электрических цепях. В итоге созданы «интегральные схемы», все элементы которых из кремния. Но схемы Килби все равно приходилось подсоединять тонкими проводами.

В Fairchild Semiconductor недавно изобрели метод компоновки и защиты этих элементов за счет использования слоя двуокиси кремния, которая естественным путем образуется на кремниевой поверхности [76]. Роберт Нойс, один из соучредителей Fairchild, описывал процесс как похожий на «создание транзистора внутри кокона из двуокиси кремния для того, чтобы он никогда подвергался вредным воздействиям. Это подобно открытию операционной в джунглях. Вы помещаете пациента в пластиковый мешок, внутри которого и проводите операцию, и не позволяете мошкере, летающей в джунглях, садиться на рану» [77]. Нойс начал думать, что еще можно сделать. Он понял, что оксидный слой мог бы использоваться для упрощения производства и снижения затрат на создание электронных схем в целом. Диэлектрические свойства оксидного слоя давали возможность изготавливать все части схемы одновременно на одном куске кремния. Вместо проводов они могли бы соединяться с помощью тонкого листа металла, положенного поверх диоксидного слоя. Всякий раз, когда в нем пробивалось бы отверстие, образовывалась бы электрическая связь с элементом, расположенным внизу. Электрические соединения могли бы теперь «печататься» на схеме, а не выполняться с помощью ненадежных проводов. Нойс назвал свое изобретение «интегральной схемой», в которой транзисторы, конденсаторы и сопротивления печатаются и соединяются одновременно на одном отрезке [78]. Это позволило усилить надежность, причем настолько, что даже NASA использовало интегральные схемы на космических кораблях «Аполлон». Производственные издержки также значительно сократились. Бардин полагал: осознание естественной способности кремния образовывать защитный диоксидный слой привело к изобретению, столь же важному, как колесо [79].

Закон Мура

Благодаря изобретению Нойса Fairchild Semiconductor стала лидером в разработке и производстве интегральных схем. Компания быстро росла: ее доход в 1958 г. составил 500

тыс. долл., а к 1960 г. увеличился в 40 раз [80]. Вокруг нее создавались многие компании, занимавшиеся разработкой компьютерных технологий и программного обеспечения, и их местонахождение стало называться Кремниевой долиной.

В 1965 г. Гордон Мур, один из «восьмерки предателей», обратил внимание на устойчивую закономерность в снижении размера и стоимости кремниевых транзисторов; эта закономерность подкрепляла стремительное развитие компаний из Кремниевой долины. Закон Мура гласит: число электронных элементов (транзисторов, резисторов и конденсаторов), которые можно поместить на компьютерном чипе, будет удваиваться каждый год [81]. В 1965 г. Мур ожидал, что темпы роста сохранятся как минимум десять лет, так что к 1975 г. число элементов, которые можно будет разместить на компьютерном чипе, вырастет с 60 до 60 000. К всеобщему удивлению, он оказался прав. Но справедливость закона Мура сохранилась и после 1975 г. Экспоненциальный рост мощности компьютеров и последующее снижение стоимости роста этой мощности продолжались и в последующие годы [82].

Сегодня самые современные микропроцессоры имеют более 2 500 000 000 транзисторов, размер которых снизился до невообразимых 22 нанометров, что всего в десять раз больше размера цепочки ДНК. В условиях общего роста компьютерной индустрии это обеспечило невероятный результат: в 2011 г. было изготовлено более 1018 (единица с восемнадцатью нулями) транзисторов. Это больше числа зерен риса, выращиваемого в мире каждый год, и больше количества букв, печатаемых в год во всех типографиях мира. Оказывается, что дешевле изготовить транзистор, чем напечатать одну букву в книге, газете или журнале. Процесс миниатюризации, описываемый законом Мура, обеспечивает все более быстрое производство все более дешевых чипов. А когда чипы становятся меньше и дешевле, они применяются во все большем количестве устройств и прочно входят в нашу повседневную жизнь. Как отмечал Мур в статье, в которой он впервые описал свой закон, «будущее интегральных схем – это будущее самой электроники» [83].

В 1968 г. Мур и Нойс продали свои доли в Fairchild и использовали полученные деньги для создания собственной компании, Intel. Я вошел в состав совета директоров Intel в 1997 г. по предложению Майка Спенса, ректора Стэнфордской школы бизнеса, и был председателем наблюдательного совета этого учебного заведения, так как сам учился в нем. Однако я не хотел терять связи с процветающей калифорнийской фирмой, так как надеялся многому научиться. Прежде чем войти в совет директоров, я встретился с Энди Гроувом, исполнительным директором Intel, работавшим с Муром и Нойсом в Fairchild. Гроув был и остается одним из самых выдающихся теоретиков и практиков бизнеса, с которыми мне когда-либо приходилось встречаться. Он обладает интеллектом и динамизмом, необходимыми для реализации стратегических планов в стремительно развивающейся полупроводниковой индустрии. Но Гроув также прекрасно разбирается в научных вопросах, имеющих отношение к продукции Intel, и написал несколько учебников по физике полупроводников. Совет директоров, в который входили также председатель Гордон Мур и опытный венчурный капиталист Артур Рок, был эффективным органом управления компанией; здесь собрались менеджеры мирового уровня. Гроув неустанно повторял мантру: «Выживают только параноики» [84]. Он действовал соответствующим образом и заставлял совет директоров и менеджмент компании следовать его примеру. В этой быстро развивающейся отрасли вам всегда нужно знать, какие изменения маячат на горизонте. Более того, вы должны делать так, чтобы возглавлять эти изменения или хотя бы не отставать от

них. Гроув называл самые важные из них «десятью силами», потому что изменение «приобретает больший размах, чем тот, к которому привык бизнес» [85]. Изобретение интегральной схемы вызвало одно изменение, а позже другое, сходное по масштабам, вызвало изобретение интернета.

Кремний и коммуникации

В начале 1990-х гг. инженер-компьютерщик из Европейского центра ядерных исследований (CERN) Тим Бернерс-Ли предпринимал попытки найти способ помочь тысячам ученых работать вместе более эффективно. Каждый из экспериментов по столкновению частиц порождал огромные объемы новых данных, но без сети коммуникаций для обмена информацией наладить полезное сотрудничество было невозможно. К тому времени по заказу американских военных уже было проведено много исследований по теории и практической разработке сетей для обмена информацией. В 1950-х гг., в условиях «холодной войны», необходимо было иметь децентрализованную сеть коммуникаций. Если бы общение осуществлялось через единственную линию связи, идущую из одного пункта в другой, то ее нарушение могло бы иметь фатальные последствия. Однако если бы эта линия была бы частью более крупной сети, то сообщения могли бы быть передаваться по другим путям, что обеспечивало бы надежное дублирование исходной линии связи.

Опираясь на эти результаты, Бернерс-Ли создал систему для связи компьютеров CERN, которая позднее превратилась во Всемирную паутину. Ученые и инженеры были первыми, кто использовал ее. Они быстро осознали важность компьютеров; огромные возможности этих устройств по обработке информации использовались для решения таких сложных задач, как составление карт нефтяных месторождений и моделирование климатических процессов. Но изобретение Бернерса-Ли также сделало возможной коммуникационную сеть, пользоваться которой вскоре смогли все желающие. Появление интернета совпало с быстрым увеличением числа людей, имеющих персональные компьютеры. В июле 1995 г. к интернету были подключены 6 600 000 компьютеров, а через год их число почти удвоилось. Вскоре после того, как в 1997 г. я вошел в совет директоров Intel, Энди Гроув объявил: его компания должна добиться подключения к интернету миллиарда ПК по всему миру; в то время было трудно поверить, что такое возможно.

Сегодня пользователей интернета более 2 000 000 000 человек – предвидение Гроува полностью сбылось. При этом сфера действия интернета распространилась и на космос, так как теперь он поддерживает связь астронавтов на борту Международной космической станции с Землей.

Создание интернета также дало кремнию новое применение: теперь он используется не только в компьютерах, но и в инфраструктуре коммуникаций, и в средствах связи. Изобретение Бернерса-Ли опиралось на кремниевую инфраструктуру, фундамент которой заложили Шокли, Мур и другие предприниматели из Кремниевой долины. Но оно зависело от кремния и иначе. Кремниевые оптические волокна, впервые созданные в 1970-х и 1980-х гг., заменяют теперь дистанционные проводные линии связи. В результате пропускная способность новых оптоволоконных линий связи стала исключительно высокой, что позволило интернету распространять информацию по всему миру со скоростью света [86].

Интернет – важное средство удовлетворения растущей потребности людей в деловых и

межличностных коммуникациях в режиме реального времени. Однако для полного удовлетворения следовало создать еще что-то: интерфейс между человеком и компьютером должен был стать более простым и приятным в использовании. Apple прекрасно осознавала эту потребность и в последние 20 лет добилась больших успехов в ее удовлетворении. В мае 2012 г. мне довелось встретиться с сэром Джони Айвом, вице-президентом по промышленному дизайну, в расположенном в Кремниевой долине городке Купертино, где базируется Apple.

Форма и функция

Я встретился с Джони Айвом в освещенном солнцем внутреннем дворе. Мы присели выпить кофе, и он начал подробно рассуждать о разработке дизайна. «По сути, моя работа заключается в том, чтобы непрерывно думать о взаимосвязи между функцией и формой, — сказал он, прежде чем указать перед собой. — Взгляни на эту чашку. Когда мы пьем из нее, то не думаем об этом, так как знаем, что с ней делать. Ее форма имеет внутреннюю связь с функцией. Но приблизительно во времена промышленной революции что-то стало меняться. Механизированные предметы нарушали связь между формой и функцией, так что, к примеру, у сегодняшних смартфонов имеется множество функций, никак не ассоциируемых с их формой».

Смартфон функционирует благодаря движению электронов через тончайшие атомные слои кремния, но сложность этого устройства скрыта под блестящим металлическим корпусом и светящимися графическими интерфейсами. Этот экстерьер так же важен, как и скрытая под ним технология; он обеспечивает бесперебойное и безошибочное функционирование, которое делает наше взаимодействие с компьютерами таким же простым, как и с чашкой. Первые персональные компьютеры выглядели угрожающе и отпугивали потенциальных пользователей.

Они выглядели как лабораторное оборудование — коричневые и черные ящики, созданные учеными для ученых. Это возводило барьер между пользователем и компьютером, и разрушением его Джони занимался на протяжении многих лет работы в Apple. В конце того же дня он подвел меня к порогу — но не дальше — своего дизайнерского бюро, в котором небольшая группа занималась разработкой дизайна будущих изделий. Только матовые окна были свидетелями спокойного и неторопливого непрерывного творчества. Здесь много идей, но шедевров, как и положено, мало. Дни, недели и даже месяцы затрачиваются дизайнерами на разработку, моделирование и переделку каждой кнопки и каждого обвода корпуса ради создания не просто утилитарных предметов, но изделий, которыми люди желали бы обладать. Привлекательные изделия с новыми функциональными возможностями распространяются по всему миру, порождая действительно революционные последствия.

Революции и социальные медиа

В середине декабря 2010 г. Мохамед Буазизи продавал фрукты с тележки в тунисском городе Сиди Бузид, когда к нему подошли двое полицейских. У него не было ни лицензии, ни денег, чтобы заплатить мзду, которую ожидали полицейские, и поэтому его тележка была

конфискована. Он попытался подать жалобу в канцелярию местного губернатора, там над ним просто посмеялись. Отчаявшись добиться справедливости, он вернулся туда с канистрой бензина, вылил ее содержимое на себя и зажег спичку. Известие о его смерти быстро распространилось по стране и вызвало серию протестов, многие из которых были организованы с использованием социальных сетей. Вскоре президент в срочном порядке покинул страну. Twitter и Facebook предоставили платформу, с помощью которой недовольная тунисская молодежь могла обмениваться информацией о злоупотреблениях власти и координировать политические действия. Во многих странах арабского мира родились сходные протестные движения, приведшие к свержению правителей Египта, Ливии и Йемена.

Не впервые кремний использовался как один из инструментов подготовки политических революций. Транзисторные радиоприемники во время «холодной войны» служили для приема передач антикоммунистической направленности, которые транслировала на Советский Союз радиостанция «Свободная Европа». Революционеры всегда стремятся взять под контроль государственные радиостанции при попытках осуществления государственного переворота, как, например, Уго Чавес в начале 1990-х гг. Ведь тот, кто контролирует СМИ, контролирует страну.

Мобильные средства связи и интернет, способные обеспечивать широкое распространение информации, позволили революциям 2011 г. быстрее набрать обороты и добиться впечатляющих результатов. Кремний сделал это возможным, предоставив инструменты для проведения дебатов и дискуссий. Это благородная цель, но те же инструменты позволяют заниматься надзором, слежкой и преследованием инакомыслящих.

В Тунисе до начала революции власти использовали интернет для выявления и ареста видных блогеров. В Китае значительная часть онлайн-информации подвергается цензуре, и те, кто использует социальные медиа для несогласия с политикой государства, обычно оказываются «под колпаком» со всеми вытекающими последствиями. Подобно другим веществам, о которых рассказывалось здесь, кремний может творить добро и зло. И делать это очень быстро, не признавая географических границ.

Кремниевое общество

«Что нового на Риальто?» – спрашивает Шейлок из пьесы Шекспира «Венецианский купец». В эпоху Ренессанса Риальто был финансовым и коммерческим центром Венеции, и, чтобы выяснить, что там действительно происходит, туда надо было прийти и увидеть своими глазами. Местные коммуникации ограничивались скоростью ходьбы человека, а международные коммуникации – скоростью плывущего по морю корабля. В эпоху промышленной революции человечество начало использовать энергию каменного угля и нефти в паровозах и пароходах, а затем и в автомобилях и самолетах. Давая возможность перемещаться дальше и быстрее, углерод расширял географические горизонты и возможности для коммуникаций.

Но именно кремний помог осуществить самое впечатляющее изменение в области получения и распространения информации. Как и транспортные средства, использующие энергию углерода, кремний также изменил нашу повседневную жизнь, дал новые возможности выбирать «друзей» и поддерживать контакты с широким кругом людей. Однако

власть кремния намного превосходит власть углерода. Даже сегодня лишь около 15 % мирового населения имеют автомобили, а еще меньше людей хотя бы раз летали на самолете.

Кремний широко распространен благодаря использованию в мобильных телефонах. Эти устройства во многом определили развитие современного общества. Они существуют уже достаточно долго, но, как и первые компьютеры, вначале были дорогими и громоздкими и потребляли много электроэнергии; аккумуляторы для телефонов были такими большими, что их приходилось помещать в специальный ящик в автомобиле. Но теперь люди имеют доступ к компьютерным мощностям, прежде доступным только университетам и крупным фирмам: обычный смартфон обладает большей вычислительной мощностью, чем та, которой владело NASA на момент высадки человека на Луну в 1969 г. В 1990-х гг. стоимость мобильных телефонов снизилась настолько, что они стали доступны многим жителям развивающихся стран. К 2002 г. в мире насчитывалось более миллиарда абонентов мобильной связи – для достижения этого показателя стационарным линиям телефонной связи потребовалось 128 лет. Сегодня около 75 % мирового населения имеют доступ к мобильной связи. Связав прежде разобщенных людей, кремний изменил баланс власти внутри общества. Достаточно только взглянуть на рост влияния неправительственных организаций и различных интернет-сообществ, чтобы понять, катализатором каких политических изменений во всем мире стал кремний.

Чтобы узнать последние новости, вам больше не нужно идти на Риаyto. Достаточно просто достать из кармана электронный гаджет. Кремний повысил нашу способность понимать мир, сделав для человеческого мозга то же самое, что углерод и железо для мышц.

Футуролог Рей Курцвейл указывает: «В предстоящий период технологические изменения будут настолько быстрыми, а их влияние окажется настолько глубоким, что человеческая жизнь подвергнется необратимым изменениям» [87]. Тогда люди, техника, физическая и виртуальная реальность сольются в единое целое. Он уверен, что компьютеры позволят преодолеть естественные ограничения возможностей человеческого мозга и расширят пределы знаний. Однако компьютеры пока уступают человеческому мозгу, способному выполнять от 100 000 000 000 000 до 10 000 000 000 000 000 операций в секунду. Мы не в состоянии создать на основе кремния вычислительную машину, которая могла бы работать так же, как мозг, например, справляться с частыми неопределенными ситуациями в нашей жизни [88]. Однако Курцвейл уверен: этот рубеж будет достигнут к 2025 г. Возможно, здесь нет ни грана здравого смысла, но всевозможные спекуляции на тему порождены, безусловно, гранами кремния. Используя песок, человек создал нечто такое, что в один прекрасный день сможет превзойти своего создателя. Но следует проявлять осторожность и не переоценивать потенциал сегодняшних технологий. Гордон Мур недаром сказал: «Я не в состоянии видеть предела действия [закона Мура], так как могу заглядывать вперед не более чем на десять лет» [89]. Так чего же ожидать в ближайшее десятилетие? В Intel одна кремниевая инновация уже начинает приносить реальные плоды.

Кремниевая фотоника

Майским днем 2012 г. я встретился с научным сотрудником Intel Марио Паничча в здании штаб-квартиры компании в калифорнийском городе Санта-Клара. Когда мы подошли к его рабочему столу, который был такого же размера, как и столы других сотрудников, но

находился в углу помещения, Марио сказал: «Боссы занимают место у окна». Ожидая, когда он найдет маленькое кремниевое устройство, которое я пришел посмотреть, я разглядывал фотографии на стене. Рядом с фотографиями его семьи и друзей висело несколько снимков Паниччи с человеком, с которым я десять лет проработал в совете директоров Intel, – Гордоном Муром. «Мы наконец-то прошли с ним все восемнадцать лунок», – сказал Марио, указывая на фотографию, на которой он стоял рядом с Муром, одетым в костюм для гольфа. Было ясно, что Мур – вдохновитель творческих усилий Паниччи, представителя новой волны исследователей, стремящихся расширить границы применения кремниевых технологий. Тогда он проводил исследования, чтобы подтвердить возможность применения закона Мура в области технологий передачи данных. Найдя наконец нужную коробку, Паничча вынул из нее два маленьких кремниевых чипа, соединенных тонкими, прозрачными оптическими волокнами. «Это, – сказал он, – будущее коммуникаций».

Оптические волокна способны передавать большее количество данных, быстрее и дальше, чем медные провода. Волокно делается из стекла и стоит очень дешево, но лазеры, используемые для генерирования световых сигналов, передаваемых по волокну, довольно дороги. Поэтому вдоль оптоволоконной линии равномерно устанавливаются световые усилители, а на принимающем конце – световые декодеры. Эти компоненты не допускают массового производства, да и сама система связи не может собираться на конвейере. В результате кремниевые световоды – дорогостоящая альтернатива медным проводам. Использование оптических волокон обычно ограничивалось «информационными хайвэями», связывающими страны и континенты. По ним каждую секунду передаются десятки терабайт данных (приблизительно в 100 раз больше, чем хранится на жестком диске вашего компьютера). Каждая такая линия может стоить сотни миллионов долларов.

Паничча уверен: скоро все должно измениться. Крошечное устройство «кремниевой фотоники», которое он передал мне, вскоре сможет сделать использование высокоэффективных оптических волокон доступным в самых разных местах – от крупных хранилищ данных до персональных компьютеров [90]. Как и в случае изобретения Джеком Килби и Робертом Нойсом интегральных микросхем, для достижения этой цели предполагается использовать оборудование, почти полностью изготовленное из кремния. Это позволит обеспечить недорогое массовое производство оптических коммуникационных систем на основе кремниевой технологии, известной уже более 50 лет. Устройство, которое показал мне Паничча, способно передавать каждую секунду 50 гигабайт, что вполне достаточно для загрузки целого фильма менее чем за секунду. Сейчас его команда работает над созданием устройства, способного передавать один терабайт данных в секунду, что позволит загрузить всю печатную информацию, хранящуюся в Библиотеке Конгресса, приблизительно за 90 секунд.

Эти устройства кремниевой фотоники – последние дополнения к сложной инфраструктуре, обеспечивающей удовлетворение наших вычислительных и коммуникационных потребностей. Они используют взаимодействие кремния со светом и электронами, чтобы получить высокоскоростной канал коммуникаций, который может создаваться недорогим методом массового производства. Кремний снова предложил, как себя применять. Это технология завтрашнего дня. А что будет послезавтра? На горизонте появилась одна особенно привлекательная возможность, и она вновь исходит от углерода.

Новое вещество, с виду мелкая чешуйчатая проволочная сетка, имеет потенциал, чтобы стать чудесным материалом XXI в., способным изменить мир в большей степени, чем кремний. Однако история его получения и применения – рассказ не о группе талантливых предпринимателей из солнечной Калифорнии, а об использовании карандаша и липкой ленты в одной из исследовательских лабораторий на севере Англии. В начале нынешнего тысячелетия выходцы из России профессор Андрей Гейм и его студент Константин Новоселов работали в Университете Манчестера, где занимались исследованием нового типа транзистора, изготовленного не из полупроводника наподобие кремния, а из проводникового материала. Они надеялись создать устройство меньших размеров, более быстродействующее и энергосберегающее по сравнению с любыми другими. Гейм и Новоселов начали эксперименты с графитом, состоящим из тонких слоев атомов углерода, расположенных друг над другом. Он используется для изготовления грифелей карандашей. Когда вы пишете карандашом, то оказываете давление на кончик грифеля, и тонкие углеродные слои графита ложатся на бумагу, образуя буквы и слова.

В течение многих лет ученые исследовали необычные свойства структур, состоящих из чистого углерода. Способность углерода создавать связи с самим собой позволяет получать разнообразные типы углеродных молекул, включая также длинные цепочки и кольца, образующие основу углеводородных видов топлива. В 1985 г. команда исследователей под руководством Гарри Крото из Университета Райса в Хьюстоне создала напоминающую футбольный мяч клетку из шестидесяти атомов углерода, названную Buckminsterfullerene [91]. Несколько лет спустя полые цилиндрические углеродные нанотрубки стали «чудесным материалом» 1990-х гг. Ученых заинтересовало, нельзя ли изготовить из атомов углерода тонкий лист. Большинство думало, что он окажется непрочным и сморщится, когда толщина составит всего один атом.

Однако в процессе исследования свойств тонких слоев графита Гейм и его студент сделали удивительное открытие. Используя обычную липкую ленту для снятия чешуек с куска графита, они смогли получать все более и более тонкие листы, снижая их толщину всего до нескольких атомов. В конце концов, взглянув в микроскоп, они увидели, что добились того, что многие считали невозможным: получился лист углерода толщиной всего в один атом – графен. Гейм и Новоселов начали исследовать свойства нового материала, и череда сюрпризов продолжилась. Оказалось, что это самый прочный материал в мире, в 300 раз прочнее стали [92]. Согласно расчету, требуется поместить слона на вертикально поставленный карандаш, чтобы проломить несколько слоев графена общей толщиной, как у клейкой ленты. Графен сочетает прочность с высокой эластичностью и электропроводностью. Он может оказаться лучшим в мире проводником тепла и электричества, превзойдя медь и серебро, и иметь практически нулевое сопротивление при комнатной температуре [93]. Но самое главное, что он самый прозрачный из всех существующих материалов. «Это было очень необычно, – говорит Новоселов. – Каждый раз, работая с графеном, мы обнаруживали что-то новое и интересное: его оптические, электрические и механические свойства уникальны» [94].

Первые результаты исследований опубликованы в 2004 г., и в дальнейшем работа ученых продолжала вызывать огромный научный и коммерческий интерес [95]. В 2010 г., всего

шесть лет спустя, Гейм и Новоселов были удостоены Нобелевской премии по физике. При объявлении имен лауреатов представитель Шведской королевской академии наук заявил: «Углерод, основа всей жизни на земле, удивил нас еще раз» [96]. Углерод – самое многообразное из всех химических веществ. Как ископаемое топливо он способствовал развитию цивилизации, предоставляя энергию для производства, торговли и коммуникаций; в виде двуокси углерода может изменить наш мир снова, оказывая постоянное воздействие на климат и образ жизни; в виде графена может кардинально изменить многие товары, которые делают нашу жизнь комфортнее. Его прозрачность и проводимость могут использоваться в солнечных батареях и сенсорных панелях; прочность и гибкость – для корпусов морских судов и космических кораблей; полупроницаемость – в антибактериальных бинтах и фильтрах для воды [97]. Литий-ионный аккумулятор с анодом из графена может иметь зарядную емкость в десять раз больше и заряжаться во много раз быстрее, чем существующие аккумуляторы. Такие устройства, как телефоны, где используются графеновые транзисторы, могут быть сделаны настолько тонкими, что их можно будет скатать в трубочку и заложить за ухо.

Графен действительно обладает огромным потенциалом, но достоинства многих недавно открытых материалов часто преувеличивались [98]. Я хорошо помню технологический оптимизм 1950-х гг. И в научно-популярных журналах, и в комиксах рисовали будущее, в котором уран удовлетворит все энергетические потребности, обогреет дома, станет автомобильным топливом и даже позволит регулировать климат на планете с помощью щелчка тумблера. Титан, более прочный, легкий и антикоррозионный, чем сталь, должен был стать такой же неотъемлемой частью современной жизни, как и железо. Даже родственник графену материал, Buckminsterfullerene, пока мало где применяется, а углеродные нанотрубки не оказали значительного влияния на промышленность.

Графен подтвердил свой потенциал в лабораторных условиях. Окажется ли он основой революции в производстве новых товаров – вопрос экономики и производства, а не науки; коммерциализация новых материалов обычно требует больших затрат времени, сил и денег. Скорее всего, свое первое коммерческое применение он найдет в пленочных сенсорных экранах и «электронной бумаге», но самых больших чудес, вероятно, придется подождать несколько десятилетий, если они вообще случатся [99]. И все же графен – отличный пример того, как химические элементы, исследованные любознательными людьми и получившие практическое применение благодаря людям изобретательным, снова и снова могут удивлять нас, раскрывая новые качества и возможности, продолжающие преобразовывать мир.

Власть, прогресс и разрушение

Я подозреваю, что люди любого возраста в любой стране полагают, что их время в истории человечества бежит быстрее, чем у предыдущих поколений. Возможно, они правы. Сегодня практически всё – от научных открытий до роста населения, – по-видимому, происходит быстрее. Решения принимаются мгновенно и передаются более широкой аудитории, а их влияние ощущается в невиданных масштабах. То, что мы делаем сегодня, сильнее влияет на человечество, чем то, что сделано вчера. Наши сегодняшние способы использования химических веществ – основа того, что будет делаться завтра. Еще в XVI в. Агрикола предупреждал: «Хорошие люди используют их во благо, и тогда они полезны. Дурные же используют их плохо, и тогда они вредны» [1]. Интересно, как бы выглядел его практичный и реалистичный совет сегодня.

Вот моя точка зрения.

Во-первых, всем нам нужно знать не только о позитивных, но и о негативных последствиях использования химических веществ. Это можно видеть на примере углерода и его влияния на земной климат или урана и его использования как оружия массового уничтожения. Чтобы понимать эти опасности, нужно уделять больше внимания образованию. Также потребуется очень много общаться, причем не в последнюю очередь для того, чтобы получить перевес над теми, кто в корыстных интересах предпочитает не замечать негативных процессов.

Во-вторых, хотя все, кто предсказывал, что мы скоро исчерпаем запасы того или иного вещества, минерала или сырья, до сих пор ошибались, однажды они могут оказаться правы. Нужно продолжать инвестировать в технологии, которые сделают более продуктивным использование ограниченных ресурсов. И мы не должны выносить предвзятых решений о том, какие из технологий использовать, а обязаны выбирать, исходя из реальных достоинств. Краткосрочные соображения по поводу спроса и предложения не обеспечат должной базы для исследований и разработок, которые потребуются в будущем. Лидерам нужно не бояться работать на перспективу.

В-третьих, необходим свежий взгляд на такое извечное качество людей, как жадность. Семь элементов всегда провоцировали жадность; полезность и мощь разжигали корыстные интересы. Многие одержимы идеей обогащения и готовы совершать ужасные поступки ради своей цели. Они сражаются за контроль над землей, отравляют воду, воздух и почву, нещадно эксплуатируют рабочих и используют богатство, чтобы делать все это снова и снова.

Жадность нельзя искоренить, но можно контролировать и направлять на благие цели. Общество может принять законы, запрещающие эксплуатацию людей и загрязнение окружающей среды. В тех странах, где законы действительно работают, компании или граждане покупают землю, а не воруют, нанимают людей на работу, а не поработщают и защищают, а не разрушают экосистемы. Закон запрещает применять силу и убеждает придерживаться установленных границ. Помимо прочего, хорошие законы создают рынок, основанный на взаимном согласии, и приводят чей-либо корыстный интерес в соответствие с интересами всех игроков. Они обуздывают жадность и направляют ее энергию на службу человечеству.

В большинстве случаев закон осуществляется через подзаконные акты, которые, по сути, запрещают действия, наносящие вред обществу. Недопустимо использование железных

мечей для убийства или рабов для добычи золота. Но часто для достижения результата приходится применять более сложные конструкции. Использование энергии углерода для повышения жизненных стандартов миллиардов людей идет рука об руку с сокращением человеческой жизни и загрязнением земли, воды и воздуха. Эффективное регулирование подразумевает баланс между поставками энергии, необходимой для развития экономики, и минимизацией вредных воздействий.

Сегодня самое трудное и важное – достичь такого равновесия в законах, направленных на сохранение климатической стабильности планеты. Правительства должны подумать над правилами игры, ведь они не могут просто запретить углеродное топливо. Развитые экономики в этом случае рухнут, а развивающиеся перестанут развиваться. Поэтому следует разработать механизмы, направляющие личную корысть на сокращение потребления энергии, декарбонизацию ее производства и улавливание углерода. Желательный итог – всеобщий налог, который заставлял бы загрязнителей атмосферы принимать в расчет вред от двуокиси углерода. На практике международная и внутренняя политика делает это невозможным, и нам приходится сталкиваться с конгломератом субсидий, предписаний, налогов и схем ценообразования. Это запутанный и неэффективный процесс, но человечество должно найти способ справиться с деструктивным потенциалом углерода. Я верю, что в конце концов это удастся сделать.

Разумное регулирование защищает не только граждан и природу, но и бизнес. Например, порочные практики некоторых операторов по извлечению сланцевого газа привели к тому, что эта отрасль имеет неблагоприятный имидж. Законы не должны поощрять конкуренцию и позволять немногим причинять вред большинству. Только после того, как железная хватка Standard Oil ослабла в результате разделения компании в 1911 г., начали успешно развиваться другие нефтяные компании США. Закон послужил для ограничения жадности Standard Oil и одновременно для поощрения устремлений более мелких игроков рынка. Я наблюдал сходную ситуацию в России в 1990-х гг., когда подкуп, угрозы и мошенничество в бизнесе стали нормой. Правовая система была деформирована немногими властью имущими в угоду личным интересам. В стране имелось много правовых актов, но все применялись избирательно, в интересах тех, кто обладал политическим влиянием.

Остается еще немало стран, в которых население оказывается без средств к существованию, поскольку государство не препятствует или даже потворствует хищническому извлечению минеральных ресурсов. В Африке имеются огромные запасы полезных ископаемых, но значительная часть дохода от их добычи разворовывается и оседает в карманах власть имущих. Оглядываясь назад, я вижу: чтобы изменить ситуацию, необходимо, используя международное право, заставлять правительства раскрывать информацию о доходах от добычи природных ресурсов и о фактических расходах. Это позволит гражданам держать власть под контролем и приведет к изменению практики применения местных законов, направленных на борьбу с коррупцией.

Я участвовал в реализации Инициативы по обеспечению прозрачности (данных) добывающей промышленности и видел, как она помогает доходам от нефти попасть в руки простых граждан, как и должно быть. В мире бизнеса достоверность данных обязательна. Новые возможности общения позволяют гражданам и неправительственным организациям отслеживать почти каждую операцию любой фирмы, организовывать протестные действия и быстро инициировать мощные кампании практически с нулевыми затратами. Сегодня законы действеннее, и жадность отдельных людей сдерживается эффективнее, чем когда-либо в

прошлом. По мере того как общества развиваются, в том числе и благодаря достижению финансовой прозрачности власти и бизнеса, они требуют улучшения условий работы и большего уважения к окружающей среде. Доступность информации об отрасли не решает всех проблем, но там, где она есть, ситуация улучшается.

В-четвертых, нужно приветствовать филантропию. Законы – это жизненно важные механизмы для управления использованием химических веществ на благо человечества. Но только их недостаточно. Даже когда вещества используются во имя прогресса и процветания, они могут порождать глубокое неравенство. Мы видели это на примерах Карнеги и Рокфеллера. Отказавшись от состояний, заработанных на стали и нефти, оба предприняли шаги к ликвидации разрыва между богатыми и бедными в том обществе, в котором жили. Есть свидетельства о нескольких мотивах их филантропической деятельности. Очевидно, что они хотели оставить о себе добрую память и увековечить свои имена, связав их с такими выдающимися объектами, как Карнеги-холл и Университет Рокфеллера. Они понимали, что великие компании имеют гораздо меньший срок жизни в сравнении с великими учреждениями науки и культуры. Возможно, их деятельность также мотивировалась чувством вины. Карнеги и Рокфеллера при жизни часто называли баронами-разбойниками, беспощадными к конкурентам, жестокими эксплуататорами рабочих. Полагаю, что если бы не скандалы, связанные с забастовкой на Хоумстедском металлургическом заводе и разоблачениями Иды Тарбелл, они вряд ли проявили бы щедрость.

Наконец, Карнеги и Рокфеллер руководствовались идеей сострадания. Они верили, что смогут создать лучшее общество и улучшить участь рабочего класса, используя не только свои капиталы, но и идеи. Фонд Рокфеллера и Carnegie Corporation of New York в совокупности по-прежнему владеют более чем 2,5 млрд долл., и их суммарные годовые пожертвования во всем мире составляют сотни миллионов долларов. По понятным соображениям, значительная часть средств направляется на образование – самую чистую форму социальных инвестиций, ведь оно улучшает человеческий капитал в интересах общества и позволяет каждому полнее реализовать собственный потенциал.

В XX и XXI вв. характер филантропии изменился. Некоторые, особенно в Европе, полагают: именно государственный механизм, возможность собирать налоги и расходовать накопленные средства, лучше всего послужит устранению неравенства и простимулирует прогресс. Другие же, включая самых богатых людей в мире, думают иначе и увлекают своим примером. Билл Гейтс и Уоррен Баффет пообещали отказаться от более чем половины своих состояний и убеждают других миллиардеров США сделать то же самое. Слова Гейтса перекликаются с мыслями Карнеги, высказанными почти 100 лет тому назад: богатые должны тратить больше денег на грамотно выполненные дела, приносящие пользу многим.

Современные филантропы Гейтс и Баффет находятся в авангарде позитивных изменений, которые в обществе всегда зависели от поведения великих лидеров, ясно видящих будущее. Они принимают на себя риск, так как их действия в разные времена будут признаваться как правильными, так и нет. Когда генерал Гроувз был назначен руководителем проекта «Манхэттен», армейское начальство сказало ему: «Если вы выполните эту работу как следует, то она обеспечит победу в войне». Через три года созданная под его руководством атомная бомба разрушила целый город и, как предсказывалось, положила конец войне на Дальнем Востоке.

Лидеры должны уметь изменять свою точку зрения, по мере того как изменяется

окружающее их общество. Когда Гроувз и Оппенгеймер увидели, к чему ведет применение созданного ими оружия, их цель и направленность действий изменились. Они ощутили потребность направить колоссальную энергию урана на благо, а не на уничтожение человечества. Роль лидеров в отказе от ядерного оружия сегодня исключительно важна. Огромная мощь сделала политический контроль над ним практически невозможным. Закрывать ящик Пандоры очень непросто, ведь такая задача требует сотрудничества многих стран в условиях, когда каждая имеет причины предать партнеров по соглашению. Нам всем жилось бы лучше в мире без ядерного оружия, но каждой отдельно взятой стране выгоднее иметь его, чем не иметь. Здесь нет простого решения: пока каждый действует эгоистично и рационально, мы будем получать результаты, не приносящие блага никому.

С тем же мы сталкиваемся и при использовании углерода: всем было бы лучше, если бы эмиссия двуокиси углерода сократилась, но каждый предпочел бы потреблять больше энергии, а не меньше. В этих непростых условиях разочаровывает отсутствие реальных действий, подмененных бесплодными попытками найти решения. Сейчас необходимо грамотное руководство всеобщим сотрудничеством, чтобы помочь государствам выйти за узкие рамки корыстной рациональности и предпринять действия по пути к общему благу. Только великие лидеры способны проложить путь к лучшему будущему, свободному от ядерного оружия, без риска изменения климата. Нам нужны смелые и влиятельные личности, готовые действовать, в определенном смысле, иррационально, идти на жертвы, не ожидая ничего подобного от других.

Такие лидеры, как Джордж Шульц, бывший государственный секретарь США, и Хидехико Юзаки, губернатор Хиросимы, совместно работают над созданием будущего, свободного от ядерного оружия. Их работа сосредоточена на всестороннем информировании людей об ужасных последствиях ядерного взрыва и о необходимости международных соглашений. Только побывав в Хиросиме, я полностью осознал степень ущерба, причиненного людям ядерным взрывом, и необходимость мер, исключающих повторение подобного в будущем.

Что касается изменения климата, то в некоторых странах уже предпринимаются шаги по пути к «безуглеродному» будущему. Государственная поддержка в США, Китае и Германии способствовала стремительному росту внутреннего производства экологически чистой энергии. Была достигнута значительная экономия от эффекта масштаба, благодаря чему издержки резко сократились. Например, глобальное использование энергии Солнца росло в среднем на 60 % в течение последних пяти лет, а стоимость солнечных батарей снизилась на три четверти. Возможно, в ближайшее время основным источником сокращения глобальной эмиссии двуокиси углерода станет увеличение относительной доли потребления газа, в том числе сланцевого. Джон Митчелл, неустанно воплощавший в жизнь идею добычи сланцевого газа, был неунывающим оптимистом и сумел сделать свою мечту реальностью.

Однако многие люди инертны и видят в изменении климата неясную и весьма отдаленную опасность. Потребуются новые лидеры, способные осознать преимущества новых технологий, представить себе общество, не испытывающее прежней зависимости от углерода, и донести свое видение мира до людей.

Однако от великих лидеров требуется не только решение глобальных проблем. Они должны также понимать повседневные нужды общества и рисковать, поддерживая инновации. Фотографию изобрел не Джордж Истмен, а автомобиль – не Генри Форд, но

именно они поняли, как технологии помогут создать широкодоступные товары.

Стив Джобс понимал, как изменить мир с помощью компьютерных технологий. Раньше компьютеры использовались только крупными корпорациями, а он сделал такую технику доступной многим людям. Он стремился ее усовершенствовать и заражал энтузиазмом других. Будучи настоящим лидером, он создал технически сложное, но простое в использовании устройство, изменившее жизнь миллиардов. Ради построения новой компьютерной индустрии он шел по пути великих предпринимателей, принимавших на себя большой риск. Уильям Шокли первым осознал потенциал кремниевого транзистора и перебрался на Западное побережье, чтобы основать собственную полупроводниковую компанию. Когда его подчиненные перестали верить, что направление работы выбрано правильно, они покинули ее и основали собственную. Так появилась Intel, под руководством Гордона Мура и Энди Гроува ставшая крупнейшим производителем современных чипов и всем известным брендом. Их усилия сделали возможными изменения другого рода. Арабская весна – реакция на отсутствие гражданских прав и свобод, но она оказалась возможной благодаря широкому использованию мобильных средств связи на кремниевых микрочипах. Я сомневаюсь, что изобретатели чипов Джек Килби и Роберт Нойс когда-либо задумывались о такой возможности.

Прогресс и процветание, достигнутые человечеством благодаря использованию химических веществ, осуществлялись усилиями многих людей – ученых, бизнесменов и политиков, – лидеров в широком смысле слова. Они смотрели в будущее и мечтали сделать его лучше. Современные темпы инноваций настолько велики, что немногие способны представить, как химические вещества изменят мир в нынешнем столетии. Кто еще 70 лет тому назад мог вообразить возможности урана или кремния? Только лидеры, видевшие будущее, готовые пойти на риск и изменить статус-кво, способные реализовать потенциал химических элементов и открыть новую страницу в истории их использования на благо человечества.

Благодарности

Когда я заканчивал работу над этой книгой, мне передали эссе Уолтера Бенджамина о коллекционировании книг. В нем рассказывается о бедном школьном учителе. Тот приобрел огромную коллекцию книг, написав их сам, так как не мог позволить себе покупать книги других авторов. Отсюда со всей очевидностью следует: лучший способ собирать книги – писать их самостоятельно.

Эссе Бенджамина помогло мне также понять, что я собираю книги более чем одним способом. Бенджамин перечисляет, в порядке повышения ценности, три других: одолжить у понимающего толк собирателя, купить у дилера и приобрести на аукционе. Это дает мне шанс поблагодарить тех, кто помог мне найти три итальянские антикварные книги, упоминаемые в «Семи элементах». Первый – мой представитель на аукционах, книготорговец Робин Халвас, который обеспечил меня не только замечательным экземпляром первого издания труда Бирингуччо (1540), впервые упомянутого французским придворным врачом Франсуа Расе де Нейи в 1552 г., но также первым изданием альбома гравюр с видами Венеции, выполненными Брустоланом по рисункам и картинам Каналетто. Второй – Кристиан Дженсен из Британской библиотеки, обеспечивший мне доступ к экземпляру труда Агриколы, принадлежавшего принцу Генри, сыну короля Якова I, после того как мне не удалось купить менее качественный экземпляр на аукционе. Я благодарен им, а также всем, кто вдохновлял меня на собирательство редких книг.

В работе мне очень помогли советы нескольких друзей, пожертвовавших своим временем. Я благодарю Дэниела Ергина, лауреата Пулитцеровской премии и автора книг «The Prize» и «The Quest»; доктора Дэвида Алиена, бывшего директора British Petroleum; профессора лорда Хеннесси, выдающегося специалиста по новой и новейшей истории Британии; Яна Дэвиса, бывшего старшего партнера McKinsey; писательницу Донну Леон; Лоуренса Хемминга, философа и автора многих книг; Эрнста Сака и Саймона Мэйна, членов команды Riverstone; Филиппу Андерсон, мою помощницу в написании моей предыдущей книги «Beyond Business»; леди Ромилли Макалпин, мою добрую венецианскую знакомую; Ника Батлера, бывшего сотрудника ВР; и Дэвида Роклиффа и Мэтью Пауэлла, моих помощников в исследованиях.

Идею подсказал мне издатель Алан Сэмсон, также помогавший советами в работе с черновыми вариантами рукописи. Эд Виктор, литературный агент, как всегда, оказывал мне самую разнообразную помощь. Я бесконечно признателен им. Томас Льютон потратил год жизни на тщательное исследование всех материалов для этой книги. Спасибо ему за бесценный вклад. Как всегда, благодарю моего партнера Нги Нгуен, успешно руководившую моими усилиями по подготовке окончательной рукописи.

Наконец, хочу поблагодарить всех, кто делился со мной своими воспоминаниями: они помогли мне написать эту книгу. Мои бывшие коллеги по ВР и ее нынешний исполнительный директор Боб Дадли; основатели Riverstone Дэвид Лейшен и Пьер Лапейр, которые непрерывно поддерживали во мне интерес к энергетической отрасли и окружающему ее миру. Спасибо!

Список карт

1. Карта мира
2. Рур и Лотарингия
3. Китай
4. Колумбия
5. Средиземноморье
6. Япония

Все карты составлены Джоном Гилкесом

Предисловие

1. Каждый атом состоит из ядра, образованного протонами и нейтронами, а вокруг ядра по орбитам перемещаются электроны. Все атомы одного элемента имеют одинаковое количество протонов в ядре. По мере продвижения слева направо по «периодам» периодической таблицы число протонов повышается на один при каждом шаге. Так же изменяется и число электронов, которое всегда равняется числу протонов, при этом оболочки, в которых перемещаются электроны, все увеличиваются по мере того, как количество растет. Элементы в одной колонке или группе Периодической таблицы обладают сходными химическими свойствами, поскольку они сходны в расположении электронов, нейтронов и протонов.

2. Ископаемые виды горючего образуются из останков растений и животных под воздействием высоких температур и давления в течение долгого времени.

Сущность всего

1. Bragg W. H. Concerning the Nature of Things. London: G. Bell and Sons Ltd, 1925.

2. Направляя рентгеновские лучи на регулярные кристаллические структуры, Брэгги смогли определить их атомную структуру по углам и интенсивности отражения лучей. За это исследование в 1915 г. они удостоены Нобелевской премии по физике.

2. Bragg, Concerning the Nature of Things, p. 6. Английский химик и физик Джон Дальтон выдвинул идею существования атомов разных элементов, различающихся по весу. Согласно его теории, представленной Королевскому институту в 1803 г., они не могли разделяться, создаваться или разрушаться, но могли объединяться или перегруппировываться в простых пропорциях, образуя компаунды. Позднее, в XIX в., русский химик Дмитрий Менделеев заметил закономерность в изменениях химических свойств известных в то время элементов. Вес элементов со сходными свойствами регулярно повышался. Эта периодичность помогла Менделееву в 1869 г. распределить химические элементы по рядам и столбцам в соответствии с атомным весом; он начинал новый ряд или новую колонку, когда «поведение» элемента начинало повторяться. Оставив пробелы в таблице в тех местах, к которым не подходили известные на тот момент элементы, Менделеев мог использовать периодическую таблицу для предсказания свойств еще не открытых элементов.

3. Там же, с. 186–7.

4. Browne John. Beyond Business. Chapter 10. London: Weidenfeld & Nicolson, 2010.

5. Там же. Chapter 9.

6. Там же. Chapter 6.

7. Выражение «Большой скачок» впервые использовал Джаред Даймонд в книге «Пушки, микробы и сталь». Diamond Jared. Guns, Germs and Steel. London: Jonathan Cape, 1997, p. 39.

8. В «The Meaning of It All» (London: Penguin Books, 1998, pp. 6–7) Фейнман пишет, что

наука ценна потому, что предоставляет возможность делать что-нибудь. Он спрашивает: «Выбросим ли мы ключи и никогда не сможем войти во врата рая? Или мы будем решать задачу, как лучше всего использовать ключи? Это, разумеется, очень серьезный вопрос, но я думаю, что мы не сможем отрицать ценности ключей к вратам рая».

Железо

1. Рапорт адмирала Франклина Бьюкенена. Report of flag officer Franklin Buchanan, C. S. Navy. Naval Hospital, Norfolk, VA, 27 March 1862, в Mills, Charles, Echoes of the Civil War: Key Documents of the Great Conflict (BookSurge Publishing, 2002), p. 118.
2. Selfridge Jr Thomas Oliver // Mindell David. Iron Coffin: War, Technology and Experience Aboard the USS Monitor. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2002, p. 71.
3. Военно-морской министр Уэллес // Там же, с. 72.
4. Типографская фирма Currier & Ives работала в XIX в. в Нью-Йорке. Она была одной из самых успешных по производству литографий в США. На литографии имеется не совсем корректная надпись: «Сражение у Хэмптонского рейда, в котором маленький “Монитор” победил [Виргинию] и все паровые суда мятежников».
5. На литографии «Виргиния» называется «Мерримак» по имени утонувшего корабля, от которого «Виргиния» унаследовала остов.
6. Parker William Harwar Recollections of a Naval Officer, 1841–1865. Annapolis: Naval Institute Press, 1985, p. 288.
7. Van Brunt G. J. to Welles, Mar. 10 1862 // Mindell, Iron Coffin: War, Technology and Experience Aboard the USS Monitor, p. 74.
8. Во время сражения ранен был только командир «Монитора».
9. Mindell, Iron Coffin: War, Technology and Experience Aboard the USS Monitor, p. 1.
10. Elvira Mary. Weeks. Discovery of the Elements. Kessinger Publishing, 2003; впервые опубликовано в виде серии статей в Journal of Chemical Education, 1933, p. 4.
11. Bismark von Otto. Blut und Eisen, 1862.
12. Это было орудие «Тяжелый Густав», названное по имени Густава Круппа. Оно весило 1350 тонн и имело ствол длиной 32 метра. Во время осады Севастополя в июне 1942 г. «Густав» причинил большой ущерб советской военно-морской базе. Один из снарядов проник на глубину 30 метров и взорвался на складе боеприпасов.
13. Возвращение Эльзаса и Лотарингии теоретически удваивало возможности Франции производить сталь, но реализовать их было непросто. Вскоре после окончания Первой мировой войны Франция ощутила дефицит каменного угля, так как многие шахты и железнодорожные пути серьезно пострадали в ходе боевых действий.
14. Гитлер сказал: «Первые сорок восемь часов после занятия нами Рейнской области были самыми тревожными в моей жизни. Если бы французы двинули туда свои войска, то нам пришлось бы убраться оттуда восвояси, так как имевшиеся у нас военные ресурсы были недостаточны даже для умеренного сопротивления». См: Manvell R. and Fraenkel H. Adolf Hitler, The Man and the Myth. New York: Pinacle, 1973, p. 141.
15. Когда англо-американские войска вступили в город в апреле 1945 г., они нашли его полностью разрушенным. Чтобы предотвратить возрождение военных заводов в Рурской области, союзники отправили уцелевшее оборудование в соседние страны в счет репараций.

«Больше ни из одной крупновской трубы никогда не пойдет дым», – написал назначенный союзниками временный управляющий заводами Круппа. Альфред Крупп оказался в тюрьме как военный преступник и лишен состояния, как и его отец Густав Крупп после Первой мировой войны, но вскоре был освобожден и получил состояние обратно. См.: Batty Peter, *The House of Krupp*. London: Secker & Warburg, 1966, p. 12.

16. Robert Schuman, *The Schuman Declaration*, 9 May 1950.

17. Там же.

18. В 1957 г. Римский договор положил начало созданию Европейского экономического сообщества (ЕЭС) или Общего рынка. Маастрихтский договор, подписанный в 1992 г., создал условия для введения в ЕС единой валюты. Евро был введен в обращение в 1999 г. и используется в настоящее время в 18 странах.

19. В своих мемуарах Жан Монне, главный архитектор ЕОУС, пишет: «Уголь и сталь давали ключ к экономическому могуществу и служили исходными материалами для создания орудий ведения войны. Эта двойственная роль придавала им огромное символическое значение, о котором сейчас мы во многом забыли. Если мы раскроем для них границы, то лишим их прежней зловещей репутации и превратим в гарантов мира». См.: Monnet Jean. *Memoirs*. London: Collins, 1978, p. 293.

20. В октябре 2012 г. я посетил угольную шахту «Зехе Цольферайн» в Эссене, где состоялось собрание Совета Accenture Global Energy, который я возглавляю. «Зехе Цольферайн» сейчас музей и объект мирового наследия ЮНЕСКО. Это сооружение, построенное в стиле баухаус, считается самой красивой угольной шахтой в мире.

21. Сегодня, разумеется, нельзя говорить о безусловном единстве стран, входящих в ЕС. Глобальный финансовый кризис конца 2000-х гг. породил кризис доверия среди участниц Союза, что создает угрозу глобальному оздоровлению экономики. Политические и экономические союзы проходят проверку на прочность во времена кризисов, когда страны активнее отстаивают свои собственные интересы.

22. Половина всего потребляемого железа используется в строительстве, четверть – в производстве промышленного оборудования и десятая часть – в автомобилестроении. Только 3,3 % железа используется в нефтегазовой промышленности.

23. Подробный отчет об этом периоде истории BP можно найти: Bamberg J. H. *The History of the British Petroleum Company*. Vol. 2: 1928–1954. Cambridge: Cambridge University Press, 1994, p. 206–29.

24. Предыдущая крупнейшая полупогруженная платформа, использованная на месторождении Эсгард у побережья Норвегии, имела водоизмещение 85 000 тонн (водоизмещение «Тандер Хорс» 130 000 тонн).

25. «Building The Big One». *Frontiers*, April 2005, www.bp.com.

26. Брэгг в «Concerning the Nature of Things» пишет, что в стали атомы углерода «вталкиваются в пустые пространства между атомами железа. Мы без усилий можем деформировать кристаллическую структуру железа и предотвратить перемещения в плоскости скольжения» (указ. соч., с. 226).

27. Решимость Бессемера производить превосходный металл укрепилась благодаря изобретению им пуль, вращающихся вдоль продольной оси; вращение повышало дальность полета пуль и точность стрельбы. Для проверки своей идеи он изготовил чугунную мортиру, но она не всегда выдерживала высокое давление, созданное более тяжелыми снарядами, и часто выходила из строя.

28. Воспоминания, написанные в 1890 г. Joseph Needham, *Science and Civilisation in China*. Vol. 5. Part 11. Cambridge: Cambridge University Press, 2008, p. 361–362.
29. Bessemer Henry. Sir Henry Bessemer, F.R.S.: An Autobiography. (London: Office of Engineering, 1905, p. 143–144.
30. Существуют предшественники бессемеровского процесса, такие как процесс «варки на воздухе», использовавшийся в США Уильямом Келли для изготовления рельсов. Однако Келли не получал расплавленный металл, используя только воздух; он лишь усовершенствовал существующий процесс, а не изобрел принципиально новый. Имеются сведения о том, что в XI в. в Китае в эпоху правления династии Сунь использовался метод декарбонизации, при котором расплавленное железо обдували холодным воздухом.
31. В этой книге инфляция определяется по росту Индекса потребительских цен, www.measuringworth.com.
32. Бессемер продемонстрировал первые стальные гвозди на Международной выставке 1862 г. В Америке, где много домов строилось из дерева, стальные гвозди значительно сократили время строительства, так как теперь не требовалось предварительно сверлить в дереве отверстие. В автобиографии Бессемер рассказывает о маленьких девочках из-под Вулверхемптона, которым не нужно было больше работать в дымных, закопченных кузницах, помогая изготавливать гвозди. Он пишет: «Я часто чувствовал, что если бы не придумал ничего другого полезного, кроме метода изготовления стальных гвоздей, не требующихковки, то одно это стало бы законным источником самоуважения, так как благодаря ему так много несчастных существ избавились от необходимости заниматься тяжелым трудом на промышленных предприятиях». См.: Bessemer, An Autobiography, p. 378–379.
33. Крупп узнал о бессемеровском процессе от Ричарда Лонгсдона, брата друга Бессемера и его сотрудника Фредерика Лонгсдона. Конструкцию нового конвертера на заводах Круппа держали в строгом секрете по просьбе Бессемера, который не мог обеспечить патентную защиту изобретения в Пруссии. Поэтому для маскировки нового изобретения цех, в котором на заводе Круппа был установлен новый конвертер, получил название «Колесный цех С».
34. Бессемер получил 117 патентов на свое имя, 40 % которых не имели никакого отношения к черной металлургии.
35. Bessemer, An Autobiography, p. 53–54.
36. Бессемер стал вторым президентом в 1871 г., сменив на этом посту герцога Девонширского.
37. Такая судьба обычна для изобретателей процессов изготовления железа. Англичанин Дад Дадли одним из первых стал плавить железную руду с коксом вместо того, чтобы использовать дорогой и становившийся все более дефицитным древесный уголь. Он заложил основы для создания многих крупных состояний, но сам жил очень трудно. Генри Корт изобрел процесс пудлингования для производства железа и стали, но закончил жизнь в нищете.
38. Карнеги был президентом Института в 1903–1905 гг.
39. Карнеги писал: «Я не механик, не инженер и не ученый. Я не специалист ни в одной отрасли промышленности. Но зато я, по-видимому, умею использовать таланты тех, кто знает и умеет больше меня». См.: Bodsworth, Sir Henry Bessemer: Father of the Steel Industry, p. 87.
40. Карнеги потерял доверие к Фрику после этого инцидента. Он написал: «Ничто в

жизни не ранило меня так глубоко [как события на Хоумстедском заводе]». В 1894 г. он принял отставку Фрика. См.: Hillstrom K. H. and Hillstrom L. C. The Industrial Revolution in America. Vol. 1: Iron and Steel. California: ABC-CLIO, 2005, p. 87.

41. Стоимость сделки составила более 2 % ВВП США в 1901 г.

42. Элизабет Бэйли была деканом школы Управления промышленным производством при Университете Меллона–Карнеги в 1983–1990 гг. В 1972 г. она первой среди женщин получила докторскую степень по экономике в Принстонском университете.

43. Carnegie Andrew. The «Gospel of Wealth» and Other Writings. New York: Penguin Books, 2006. «The Gospel of Wealth» впервые появилось под названием «Wealth» в 1889 г. в The North American Review. Это название было изменено на «The Gospel of Wealth» при подготовке к публикации в лондонской газете Pall Mall Gazette.

44. Carnegie, The «Gospel of Wealth» and Other Writings, p. 1.

45. Статистической мерой неравенства служит коэффициент Джини: при максимальном неравенстве значение равно единице, а при абсолютном равенстве – нулю. В большинстве стран он лежит в пределах от 0,25 до 0,6. Доход сверхбогатых в 20 раз превышал доход 90 % американцев в 1980 г., а в 2006 г. он превышал его уже в 80 раз.

46. Carnegie, The «Gospel of Wealth» and Other Writings, p. 10.

47. Nasaw David. Andrew Carnegie. New York: The Penguin Press, 2006, p. x.

48. Carnegie, The «Gospel of Wealth» and Other Writings, p. 10.

49. Бесплатное обучение в университетах для шотландских студентов по-прежнему возможно, хотя в Англии плата за обучение достигает 9000 фунтов в год. Securing a Sustainable Future for Higher Education. «The Browne Review». October 2010.

50. Chernow Ron. Titan: The Life of John D. Rockefeller, Sr. New York: Random House, 2004, p. 313.

51. Chernow, Titan, p. 314.

52. Тщеславие Карнеги иллюстрирует история, которую он рассказал в своей автобиографии. Во время Гражданской войны его направили чинить железнодорожное полотно между Балтимором и Аннаполисом. По дороге он заметил, что телеграфные провода прижаты к земле упавшим деревом, и велел машинисту остановиться. Когда он попытался высвободить туго натянутые провода, они внезапно поднялись вверх и, ударив Карнеги по лицу, сбили его с ног. Он пишет: «Помимо одного-двух раненых, встреченных мною ранее на улицах Балтимора, я был одним из немногих, кто мог с чистой совестью заявить, что пролил кровь за свою страну в числе первых защитников». Но при более пристальном рассмотрении, пишет его биограф Дэвид Насав, эта история «не выдерживает никакой критики»: «Будучи мелким служащим и иностранцем, Карнеги хотел создать себе репутацию важного человека и патриота». Carnegie Andrew. Autobiography of Andrew Carnegie. New York: Country Life Press, 1920, p. 95–96. Nasaw, Andrew Carnegie, p. 71–72.

53. Коллекция Фрика в особняке Генри Фрика – выдающаяся частная коллекция живописи. Когда я жил в Нью-Йорке, в ней обычно было очень мало посетителей, и я в полной тишине мог наслаждаться творениями великих мастеров.

54. Слово «небоскреб» впервые использовалось для обозначения высоких кораблей, но в 1980-х гг. оно стало повсеместно применяться к высотным зданиям.

55. Life, 20 June 1901.

56. «Streetscapes: The Flatiron Building; Suddenly, a Landmark Startles Again». New York Times, 21 July 1991.

57. Эдвард Штайхен также фотографировал «Утюг», а в 1916 г. французский кубист Альбер Глайзес нарисовал картину «Sur le flat-iron».
58. Landau S. B. and Condit C. W. Rise of the New York Skyscraper 1865–1912. New Haven: Yale University Press, 1996, p. 304.
59. Alexiou Alice Sparberg. The Flatiron. New York: Thomas Dunne Books, 2010, p. 152.
60. Needham Joseph and Wagner Donald. Science and Civilisation in China. Vol. 5. Part 11. Cambridge: Cambridge University Press, 2010, p. 278–279.
61. Удивительный рост производства железа в Китае стал возможен благодаря изобретению печей с наддувом приблизительно в I в. до н. э., то есть задолго до того, как подобные печи впервые появились в Европе. Печь с наддувом позволяет просто выливать расплавленный металл, что дает возможность наладить производство железа в больших объемах. Выпуск ограничивается лишь количеством руды, топлива и рабочей силы.
62. Wagner Donald. «The cast iron lion of Cangzhou». Needham Research Institute newsletter, No. 10, June 1991, p. 3.
63. Когда в 1958 г. Мао объявил о начале Большого скачка, он потребовал увеличить производство стали на 19 %. Для достижения этой амбициозной цели было построено множество маленьких печей, в которых крестьяне могли бы переплавлять горшки и сковородки. К 1959 г. действовало более полумиллиона таких печей, но так как в качестве топлива в них использовались дрова, это приводило к массовой вырубке лесов. Кроме того, у крестьян оставалось мало времени для выращивания урожая и ухода за сельскохозяйственной техникой. Непродуманные реформы Мао привели к резкому сокращению сельскохозяйственного производства и массовому голоду в стране.
64. Lala R. M. The Creation of Wealth: The Tatas from the 19th to the 21st Century. New Delhi: Penguin Portfolio, 2006, p. 31, 46.
65. Lala, The Creation of Wealth, p. 27.
66. Там же.
67. Sen Amartya. The Argumentative Indian. London: Penguin Books, 2006, p. 338.
68. На Западе Джордж и Ричард Кэдбери также верили, что благосостояние рабочих составляет успех их бизнеса. В 1878 г. они перевели свою кондитерскую фабрику в окрестности Бирмингема и построили по соседству образцовый поселок с удобными и просторными домами, с местами для проведения досуга и с хорошим дорогами. Семейство Тата внедряло прогрессивные практики бизнеса, руководствуясь националистической концепцией будущего Индии, а братья Кэдбери руководствовались квакерскими убеждениями.
69. Lala, The Creation of Wealth, p. 29.
70. Там же, p. 183.
71. В статье «The Social Responsibility of Business is to Increase its Profits» (New York Times Magazine, 13 September 1970) Фридман пишет: «Как руководитель корпорации менеджер – агент владельцев корпорации или создателей благотворительного учреждения, и в первую очередь он несет ответственность перед ними».
72. Sen, The Argumentative Indian, p. 335.
73. В результате отказа от достижения прибыли любой ценой, как утверждал Дж. Р. Д. Тата, возглавлявший совет директоров Tata & Sons в 1938–1991 гг., компания «пожертвовала 100 % своего роста... Но мы не хотели бы, чтобы она пошла каким-то другим путем». Lala, The Creation of Wealth, p. 200.

1. Когда фейерверк взрывается, высвобождаемая энергия возбуждает электроны в атомах и переводит их на более высокие энергетические уровни. Когда электроны возвращаются в исходное состояние, они излучают энергию в виде света. Энергетические уровни, между которыми перемещаются электроны, фиксированы, они разные для разных атомов, так что частицы света, называемые фотонами и излучаемые каждым атомом, также обладают конкретным количеством энергии. Цвет фотона зависит от энергии, и поэтому атомы разных элементов излучают свет разного цвета.

2. Карбонизация – процесс превращения органической материи в почти чистый углерод. Древесина карбонизируется в результате нагревания в отсутствие кислорода.

3. Древесина состоит главным образом из целлюлозы и лигнина, а их молекулы – из атомов углерода, водорода и кислорода. Бумага делается из древесной массы, а некоторые виды чернил – из сажи, полученной при обжигании органической материи.

4. Углерод так легко создает связи с самим собой из-за структуры электронных «оболочек» и свойств связей, которые эти электроны образуют. Его внешняя оболочка содержит четыре электрона, каждым он легко делится с другим атомом углерода и таким образом создает углерод-углеродную связь. Процесс повторяется со многими атомами углерода, в результате образуются длинные цепочки или кольца. Благодаря углерод-углеродной связи они оказываются прочными и устойчивыми. Для разрушения требуется довольно много энергии.

5. Примо Леви в «The Periodic Table» (первое издание – 1975) описывает, как атом углерода переходит из известняка в дерево, далее в человеческий мозг и затем становится точкой на листе бумаги. См.: Levi Primo. The Periodic Table. London: Penguin Books, 2000, p. 188-196.

6. Черный порох традиционно изготавливался из древесного угля, селитры (азотнокислого калия) и серы, которые брались в пропорции приблизительно 10:75:15. Селитра служит окислителем, обеспечивающим поступление кислорода для лучшего горения углеродного топлива. Джон Бейтс писал о порохе в 1634 г.: «Селитра – его душа, сера – жизнь, уголь – тело». См.: Needham Joseph. Science and Civilisation in China. Vol. 5. Part 7. Cambridge: Cambridge University Press, 1986, p. 111.

7. О графене поговорим позже, в главе «Кремний».

8. Norwich John Julius. A History of Venice. London: Allen Lane, 1982, p. 631.

9. Здесь контекст снова имеет ключевое значение. Чистый углерод воспламеняется с трудом, и именно углерод-водородная связь служит ключом к огромной энергии, скрытой в ископаемых видах топлива.

10. При изотермической реакции из системы высвобождается энергия, обычно в виде тепла.

11. При образовании одного и того же количества энергии каменный уголь производит в полтора раза больше двуокиси углерода, чем нефть, и почти в два раза больше, чем природный газ.

12. Выражение «Четыре великих изобретения» ввел в обращение китаевед и миссионер Джозеф Эдкинс. В 1859 г., сравнивая японцев с китайцами, он написал: «Они не могут похвастаться такими выдающимися изобретениями, как книгопечатание, производство

бумаги, морской компас и черный порох». См.: Eddins Joseph. The Religious Condition of the Chinese. London: Routledge, 1859, p. 2.

13. Джозеф Нидхэм, английский ученый, историк и китаевед, предложил свою монографию «Science and Civilisation» Кембриджскому университету в 1948 г. в виде одного тома. Вскоре объем достиг семи томов, каждый из нескольких частей, посвященных развитию науки и технологии на протяжении всей истории Китая. Это одна из самых удивительных научных работ минувшего века. Нидхэм умер в 1995 г., но его работу продолжают сотрудники Needham Research Institute в Кембридже, членом попечительского совета которого я являюсь.

14. Needham Joseph & Wagner Donald B. Science and Civilisation in China. Vol. 5, Part 11. Cambridge: Cambridge University Press, 2008, p. 369.

15. Malthus Thomas. An Essay on the Principle of Population. London: Routledge, 1996. Первое издание в 1798 г.

16. Кеннет Померанц рассматривает роль каменного угля в относительном упадке Китая в своей книге: Pomeranz Kenneth. The Great Divergence: China, Europe, and the Making of the Modern World Economy. Princeton: Princeton University Press, 2000, p. 65. Различия в географическом положении месторождений и транспортных артерий, облегчающих распространение знаний между ремесленниками, предпринимателями, инженерами и учеными, – все это могло повлиять на то, что промышленная революция произошла в Европе, а не в Китае. Померанц утверждает: «Хотя умения, ресурсы и экономические условия в Китае, рассматриваемые как абстрактное целое, возможно, лишь немного хуже для революции угля и пара, чем в Европе, распределение этих факторов делало такую революцию намного менее вероятной».

17. Уильям Блейк написал об английских «сатанинских мельницах» в эпической поэме «Milton». Блейк был знаковой фигурой в европейском романтизме. Выступая против промышленной революции, он идеализировал природу.

18. Tocqueville Alexis de. Journeys to England and Ireland. New York: Anchor Books, 1968, под редакцией J. P. Meyer, p. 96. Первое издание в 1835 г.

19. Briggs Asa. Victorian Cities. Berkeley: University of California Press, 1993, p. 317.

20. В 1845 г. Фридрих Энгельс опубликовал исследование о губительных последствиях промышленной революции в книге «The Condition of the Working Class in England». Материал для нее он собрал во время проживания в Манчестере в 1842–1844 гг.

21. По оценкам Комитета по расследованию несчастных случаев в добывающей промышленности, опубликованным в 1835 г., за предыдущие 25 лет в шахтах погибло более 2000 человек, хотя в действительности цифра может оказаться еще выше.

22. «Мертвый воздух» (двуокись углерода) и окись углерода вызывали удушье, а гремучий газ (метан) – взрывы в шахтах.

23. Отчет 1842 г. Парламентской королевской комиссии об использовании в шахтах труда женщин и детей способствовал появлению в том же году Билля о шахтах и шахтерах.

24. В 1698 г. Томас Сейвери запатентовал «атмосферный насос», поднимающий воду на высоту в несколько метров. При вдувании в камеру пара и последующего охлаждения его струей холодной воды создавался частичный вакуум, заставлявший воду подниматься вверх. Давление было слишком низким, чтобы использовать устройство в шахтах, но в 1712 г. Томас Ньюкомен, руководствуясь той же идеей, изобрел более совершенный паровой насос. Насос Ньюкомена использовал давление, чтобы привести в движение поршень, соединенный с

шатунном. Последний мог приводить в действие несколько насосов, способных поднимать воду достаточно высоко. Изобретение Ньюкомена могло также использоваться для подъема угля из шахты. Изобретение Хамфри Дейви предполагало применение в шахтерской лампе тонкой сетки, не позволявшей увеличивать язык пламени настолько, чтобы создать угрозу взрыва.

25. Бытовой газ получают из каменного угля, нагреваемого с помощью пара и кислорода и разлагающегося на ядовитую смесь метана, водорода, окиси углерода и двуокиси углерода.

26. Бандой четырех называлась радикальная фракция в Коммунистической партии Китая. Ее возглавляла Цзян Цин, последняя жена Мао Цзедуна, сюда входили также Чжан Чуньцяо, Яо Вэньюань и Ван Хунвэй. После смерти Мао они лишились власти и ушли в подполье. Офис ВР в начальный период реализации проекта в 1970-х гг. находился в Шанхае в особняке, получившем название Красный Дом. Ходили слухи, что Банда четырех скрывалась там незадолго до ареста. На суде Банда четырех была обвинена в преступлениях, совершенных в период Культурной революции. Ее члены получили разные наказания: от высшей меры (замененной на пожизненное заключение) до 20 лет тюрьмы. См.: Browne, *Beyond Business*, p. 27. Степень загрязнения воздуха в Пекине особенно заметна зимой и весной из-за более высокой частоты инверсии воздушных слоев. Обычно температура воздуха с набором высоты снижается, но в результате инверсии теплый слой запирает находящийся под ним более холодный, что приводит к росту концентрации вредных веществ вблизи земли. Смог в Китае напоминает лондонский. «Большой туман» 1952 г. – самый яркий пример пагубного смога в английской столице. Погодные условия способствовали концентрации дыма от каменного угля, сожженного на электростанциях и в домах. Смог, плотный, «как гороховый суп», снизил видимость до 30 сантиметров, что привело к многочисленным авариям на транспорте. По некоторым оценкам, в ту зиму в Лондоне умерло около 12 000 человек.

28. Реальные цифры могут быть еще выше: многие случаи аварий местные власти скрывают из страха перед правящей Коммунистической партией или перед собственниками шахт.

29. Растущая зависимость Китая от каменного угля привела к тому, что объемы эмиссии двуокиси углерода на единицу производимой энергии в последние десятилетия здесь непрерывно росли, хотя в большинстве других стран они снижались.

30. BBC News, «China pollution “threatens growth”», 28 February 2011. www.bbc.co.uk.

31. В июле 2011 г. я слышал выступление Вэнь Джибао, бывшего геолога, в Королевском обществе в Лондоне, где ему была вручена медаль Короля Карла II. В своей речи он подчеркнул важность роли науки и технологии. См.: «The Path to China’s Future», 27 June 2011, Royal Society, London.

32. Nevins Allan. Ford: The Times the Man, the Company. New York: Charles Scribner’s Sons, 1954, p. 48.

33. Ford Henry. My Life and Work. London: William Heinemann, 1922, p. 22.

34. Nevins, Ford: The Times the Man, the Company, p. 54.

35. Там же, p. 17.

36. Там же, p. 1.

37. Нефть стала не только топливом для новых видов транспорта, но и неотъемлемой частью автомобильных дорог. Асфальт изготавливается из самых крупных углеводородных молекул сырой нефти и используется для строительства дорог с ровным покрытием.

38. Высокий объем производства на заводе Форда позволил снизить цену на Модель Т в 1913 г. до 500 долл. (около 12 тыс. долл. в пересчете на сегодня).

39. Слово «нефть» (petroleum) происходит от греческих слов «камень» (petros) и «масло» (elaion). Термин «нефть» впервые появился в ранней работе Агриколы 1546 г.: *De Natura Fossilium*. New York: Geological Society of America, 1955, p. 61. Перевод с первого латинского издания 1546 г. выполнили Mark Chance Bandy и Jean A. Bandy.

40. В Британской библиотеке хранится первое издание «*De re metallica*», прежде принадлежавшее принцу Генри, сыну короля Якова I. Многочисленные пометки на полях ясно указывают на интерес, который принц Генри проявлял к горному делу.

41. Agricola, *De re metallica*, p. 583.

42. Отчет о технологических особенностях добычи нефти можно найти в: Frick C. Thomas. *Petroleum Production Handbook* New York: McGraw-Hill, 1962.

43. Browne, *Beyond Business*, p. 152–175.

44. Извлечение нефти и газа обычно более затратно, чем извлечение каменного угля, по трем причинам. Во-первых, добыча ранее недоступных запасов нефти и газа требует нового и более сложного оборудования, которое должно работать в тяжелых климатических условиях и агрессивных средах. В то же время, хотя в технологии угледобычи появилось много нововведений, основные принципы остались прежними. Во-вторых, в природе методов извлечения этих ископаемых имеются фундаментальные различия. Нефть и газ могут добываться только после того, как в месторождение вложены крупные инвестиции. Это повышает риск и стоимость привлечения капитала. Напротив, добыча угля осуществляется постепенно, и размер издержек сильнее коррелирует с ее темпами. В-третьих, газы и жидкости требуют бо2льших затрат на транспортировку и хранение, чем твердые виды топлива.

45. В 1856 г. Дарси привел формулу расчета скорости прохождения воды через песчаные фильтры в «*Les Fontaines Publiques de la Ville de Dijon*», отчете о строительстве муниципальной системы водоочистки в Дижоне, Франция. Он установил, что скорость движения жидкости пропорциональна перепаду давления в системе, сечению трубы, по которой течет жидкость, и проницаемости среды. Скорость течения также обратно пропорциональна вязкости среды.

46. Закачка воды и газа в скважину часто рассматривается как метод увеличения нефтеотдачи пласта, а не улучшения нефтеотдачи. Эти методы традиционно применялись для организации вторичного и третичного процессов нефтедобычи после того, как естественная нефтеотдача (первичный процесс) прекращалась. Такое различие больше не актуально, так как все искусственные процессы повышения нефтеотдачи могут теперь использоваться с самого начала добычи нефти из скважины.

47. Нагревание также применяют для извлечения нефти из сланцевой породы. Некоторые сланцы могли бы давать нефть и газ, если на них достаточно долго воздействовать высокой температурой при высоком давлении. Эти процессы обычно протекают в течение миллионов лет, но их можно ускорить, нагревая породу. Коммерческая добыча жидкой нефти из сланца ведется таким способом с 1800-х гг. Сланец сжигается как твердое топливо, сохранившееся с доисторических времен, но при этом он сначала извлекался из-под земли, а потом перерабатывался. Существуют и другие сланцы, которые могут давать нефть под воздействием гидравлического удара. Это важный источник нефти в США.

48. В 1896 г. Джон Мак-Лаурен писал: «Пламя или искра не могут вызвать взрыв нитроглицерина, но тот, кто бьет по нему со всей силы, да не создаст проблем для своих наследников, заранее зафиксировав последнюю волю и заказав коробку для сигар, в которую плачущие родственники смогут собрать его разлетевшиеся во все стороны останки». См.: *Sketches in Crude Oil – Some Accidents and Incidents of the Petroleum Development in all parts of the Globe*, 1896.

49. Hubbert M. K. «Nuclear energy and the Fossil Fuels», *Drilling and Production Practice*, American Petroleum Institute, 1956.

50. Friedman Thomas. *Hot Flat and Crowded*. London: Allen Lane, 2008, p. 250.

51. Годом раньше взрыв на борту «Одиссея» на противоположном побережье Канады привел к тому, что в море вылилось 132 000 тонн нефти. К счастью, бо2льшую ее часть отнесло от берега, что позволило снизить негативное влияние катастрофы на экологию.

52. Я подробно рассказываю о катастрофе в Тексас-Сити в «Beyond Business», с. 203–206.

53. Дэниел Ергин цитирует Рокфеллера в своей книге об истории нефтяной индустрии. См.: *The Prize: The Epic Quest for Oil Money and Power*. New York: Free Press, 2009, p. 26. Первая публикация в 1991 г.

54. Там же, с. 81.

55. Части Standard Oil по-прежнему существуют как известные международные нефтяные компании. Крупнейшая из них, Standard Oil of New Jersey, составила почти половину общей стоимости Standard Oil и известна теперь как Exxon. Standard Oil of New York позднее превратилась в Mobil; Standard Oil of California – в Chevron; Standard Oil of Ohio – в Sohio, которую позднее поглотила BP; Standard Oil of Indiana стала Amoco, которая позднее слилась с BP; Continental Oil стала Conoco; Atlantic стала частью ARCO, а затем BP.

56. Yergin, *The Prize*, p. 89.

57. Tarbell Ida. «Character Study Part One», published in McClure's Magazine, July 1905.

58. 29 сентября 1916 г. New York Times сообщила на первой странице, что стремительный рост курса акций Standard Oil превращает ее главу в миллиардера. Личное состояние Рокфеллера выросло с 300 млн долл. до почти 1 млрд долл., когда произошло разделение Standard Oil Trust. Акции, которыми он владел в каждой образовавшейся компании, резко взлетели в цене при открытии торгов 1 декабря 1911 г. и продолжали дорожать, пока суммарная стоимость не превысила отметку в 1 млрд долл. Если измерять богатство в процентах от общей стоимости экономики страны, то Рокфеллер остается самым богатым из всех когда-либо живших американцев.

59. Ron Chernow, *Titan* (New York: Random House, 1998), p. 314.

60. Там же.

61. Благодаря использованию печально известной схемы залоговых аукционов российские олигархи приобрели государственные предприятия по ценам, намного меньшим реальной стоимости. См. также примечание 64.

62. В 2010 г. российский олигарх и филантроп Владимир Потанин заявил, что потратит свое состояние на благотворительные цели, а не оставит его полностью своим детям. «From oligarchy to philanthropy», *Financial Times*, 8 May 2011. www.ft.com.

63. Потанин – сын обеспеченных родителей, в отличие от других российских олигархов, выросших в небогатых еврейских семьях. До участия в залоговых аукционах он был советским служащим, а затем банкиром.

64. Этот период истории документально отражен в «Sale of the Century» (Chrystia Freeland. London: Abacus, 2005). Судебная тяжба между олигархами Абрамовичем и Березовским вновь привлекла внимание к дикому периоду российской истории и пролила свет на их экстравагантную личную жизнь и даже на детали выкупа Абрамовичем двух британских заложников. Березовский пытался взыскать с Абрамовича 5 млрд долл., утверждая, что тот принудил его продать долю в российском нефтяном гиганте «Сибнефть» за малую долю реальной стоимости. Березовский добился того, чтобы суд состоялся в Лондоне, так как был уверен, что в России суд будет применять законы против него. Но в итоге Березовский проиграл дело.

65. В «The Prize» Ергин пишет (стр. 80–81): «Когда XIX век давал дорогу XX, все надеялись, что государство восстановит конкуренцию, станет контролировать злоупотребления и ослабит политическую и экономическую власть трестов, ужасных драконов, свободно разгуливавших по стране. И самым жестоким и самым страшным драконом была Standard Oil».

66. В число «семи сестер» входили: Jersey (Exxon), Socony-Vacuum (Mobil), Standard of California (Chevron) и Texaco (четыре партнера Aramco), а также Gulf, Royal Dutch/Shell и British Petroleum.

67. Хотя страны ОПЕК по-прежнему добывают около 40 % мировой нефти (и около 60 % продается на международном рынке), среди них, как и в любой крупной и неоднородной группе стран, сохраняется соперничество, и согласование квот на добычу нефти легче происходит в теории, чем на практике. Например, Саудовская Аравия, член ОПЕК, создала прочный альянс с США. Более того, когда спрос резко возрастает, многие нефтедобывающие страны стремятся его удовлетворить, оставляя мало возможностей для контроля за ценами. Саудовская Аравия – единственная страна, имеющая резервные физические возможности для увеличения нефтедобычи и потенциального снижения цен. Координация усилий по снижению объемов добычи нефти для повышения цен требует тесного сотрудничества.

68. Browne, Beyond Business, p. 24–42.

69. Alyeska Pipeline Service Company, <http://www.alyeska-pipe.com>.

70. BP оказалась выдвинута из Кувейта, когда в 1975 г. государство полностью взяло под контроль Kuwait Oil Company, частично принадлежавшую BP.

71. Browne, Beyond Business, p. 24–42.

72. Карлос Андрес Перес впервые пришел к власти в 1974 г. Два годами позже он создал PDVSA на волне кампании по национализации природных ресурсов в 1970-х гг. Цены на нефть были высокими, и многие развивающиеся страны решили использовать национальное богатство для ускорения экономического роста. Но в 1980-х гг., когда цены на нефть упали, упали и доходы государства. Перес проиграл президентские выборы в 1979 г. и провел 1980-е гг. в поездках по миру, знакомясь с проявлениями «ресурсного проклятья» и альтернативными моделями экономического развития. Вновь став президентом в 1993 г., он попытался применить на практике новые знания о нефтяной экономике.

73. Browne, Beyond Business, p. 125.

74. Ricardo, David. On the Principles of Political Economy and Taxation. London: John Murray, 1821. Впервые опубликована в 1817 г.

75. Yergin, The Prize, p. 120.

76. Алжир – хороший пример. Сохранив небольшие доли бизнеса международных нефтяных компаний и пообещав увеличить их в будущем, Алжир сумел сохранить в стране

квалифицированные кадры.

77. «The devil's excrement», The Economist, 22 May 2003. www.economist.com.

78. Yergin, The Prize, p. xv.

79. Томас Фридман пишет: согласно первому закону нефтяной политики «чем больше растет средняя глобальная цена на сырую нефть, тем меньше наблюдается свободы слова, свободы СМИ, свободных и честных выборов, независимости судов, верховенства закона и независимости политических партий». При высоких ценах на нефть гражданам нет необходимости платить налоги государству, но вследствие этого государство становится менее подотчетным своим гражданам. Нефтяные доходы тратятся на достижение популистских целей, ослабляя требование проведения демократических изменений, но они тратятся также и на усиление репрессивного аппарата, полиции и спецслужб». См.: «The first law of petropolitics», Foreign Policy, 15 April 2006.

80. Browne, Beyond Business, p. 110–119.

81. Алмазы образуются глубоко в мантии земли, где высокое давление и температура более 1000 °C превращают мелкие зерна чистого углерода в регулярные атомные решетки, практически не поддающиеся разрушению.

82. A Rough Trade. London: Global Witness, 1998.

83. Там же, с. 2.

84. После публикации отчета «Глобал Уитнесс» компания заявила: 100 % ее алмазов не имеют отношения к конфликту, и с 2003 г. она сертифицировала их, используя Кимберлийский процесс (Kimberley Process).

85. A Crude Awakening. London: Global Witness, 1999.

86. В 2003 г., вскоре после объявления Инициативы по транспарентности в добывающей промышленности, сходная инициатива появилась и в сфере торговли алмазами. Кимберлийский процесс (Kimberley Process) предполагает, что страны продают алмазы в специальных контейнерах и с предоставлением документов, что они не были добыты в целях финансирования боевых действий. Эта практика призвана помочь ограничить использование доходов от продажи алмазов на финансирование войн в Конго, Сьерра-Леоне и других странах. Однако в 2011 г. «Глобал Уитнесс» отказалась от поддержки Кимберлийского процесса, заявив: «Схема себя не оправдала». В частности, были упомянуты преступления против человечности, совершенные в попытках получения прибыли от добычи алмазов в Зимбабве. Схема охватывает только алмазы, используемые повстанческими движениями или их союзниками, но оказывается бессильной против «законных» режимов, таких как режим Роберта Мугабе.

87. В 2004 г. Ангола начала публиковать данные о добыче и экспорте нефти. Хотя ситуация продолжает улучшаться, сведения о доходах по-прежнему раскрываются не полностью. В отчете, который опубликовала «Глобал Уитнесс» в 2011 г., обнаружено расхождение в 8,5 млрд долл. между доходами от нефти, названными Министерством финансов и Министерством нефти Анголы, и доходами, указанными в отчетах Sonangol (национальная нефтяная компания).

88. В рамках закона Додда–Франка в США Комиссия по ценным бумагам и биржам в августе 2012 г. потребовала, чтобы все добывающие компании, акции которых торгуются на бирже, раскрывали детали платежей, перечисленных правительствам других стран. Когда писалась эта книга, Евросоюз также пошел по этому пути.

89. Browne John. «Europe must enforce oil sector transparency», Financial Times, 25 April

90. «Кэннонболл» – первая платформа, спроектированная и построенная в Тринидаде и Тобаго. Ее создание обошлось в 250 млн долл. www.br.com.

91. Энергетический эквивалент барреля нефти в виде природного газа будет занимать объем в 160 кубометров.

92. Вначале технология была очень ненадежной. На первой коммерческой линии СПГ, построенной в Кливленде, в 1944 г. произошел взрыв, унесший жизни 128 человек. Использование СПГ получило широкое распространение только в 1960-х гг., когда была разработана технология доставки СПГ потребителю. До этого СПГ мог использоваться только как дорогостоящее средство хранения газа.

93. В середине XIX в. Джеймс Прескотт Джоуль и Уильям Томсон (позднее лорд Кельвин) изучали вопрос об эквивалентности тепловой и механической энергии. Охлаждение газа в линиях СПГ происходит благодаря ей. Когда газ переходит из контейнера малого объема, но с высоким давлением, в контейнер большего объема с меньшим давлением, то газ совершает работу в обоих контейнерах («работа» совершается тогда, когда используется энергия). Но газ совершает меньшую работу в большом контейнере с малым давлением, чем в малом контейнере с высоким. Эта разница (до тех пор, пока энергия системы остается постоянной) приводит к изменению температуры газа.

94. В Тринидаде и Тобаго в результате экономических реформ начала 1990-х гг., на протяжении 16 лет, вплоть до 2008 г., наблюдался непрерывный рост реального ВВП.

95. Цена природного газа может никогда не прийти к единому международному стандарту, так как в отличие от нефти стоимость доставки сжиженного природного газа составляет значительную долю в конечной цене.

96. В США около трети природного газа идет на производство электроэнергии. Чуть меньше используется в промышленности, а остальное в бытовых целях, в домохозяйствах и в коммерческом секторе.

97. В 2011 г. Тринидад экспортировал в США всего 20 % своего СПГ, на 70 % меньше, чем в 2007 г. Теперь он больше полагается на экспорт на рынки Европы, Азии и Южной Америки.

98. Gasland (2010), Josh Fox, New Video Group; and State of Colorado Oil and Gas Conservation Commission, Gasland Correction Document, 2010.

99. После нефтяного эмбарго 1973 г. Никсон объявил о Проекте независимости, в котором содержался следующий призыв: «Давайте поставим общенациональную цель в духе проекта “Аполлон”, и будем действовать с решимостью, проявленной в проекте “Манхэттен”, и к концу десятилетия создадим потенциал для удовлетворения наших энергетических потребностей, чтобы не испытывать зависимости от источников энергии в других странах». См.: Yergin, The Prize, p. 599.

100. «America’s New Energy Reality», New York Times, 9 June 2012. www.nytimes.com.

101. Malthus Thomas. An Essay on the Principle of population. Oxford: Oxford University Press, 2008, p. 62.

102. The Limits of Growth (1972), the Club of Rome, Earth Island Limited, London.

103. Зеленая революция – ряд последовательных улучшений в сельскохозяйственных технологиях (выведение высокоурожайных сортов пшеницы, применение новых удобрений и пестицидов, строительство ирригационных сооружений и др.). Зеленая революция происходила в развивающихся странах в 1940-х – 1970-х гг.

104. В четвертом отчете IPCC, выпущенном в 2007 г., обращалось внимание на связь между двумя фактами. Во-первых, концентрация в атмосфере двуокиси углерода, преобладающего парникового газа, увеличивается под влиянием деятельности человека. Во-вторых, температура поверхности Земли растет. В отчете утверждается, что оба результата «с большой вероятностью» (более 90 %) связаны между собой: увеличение эмиссии парниковых газов вызывает увеличение среднемировой температуры.

105. Фактический риск, в отличие от воспринимаемого риска, есть вероятность возникновения события, умноженная на оценку ущерба природе, причиненного им. Даже если вероятность катастрофического изменения климата очень мала, последствия настолько тяжелые, что риск остается высоким.

106. IPCC был создан в 1988 г. для изучения текущего состояния научных знаний об изменении климата и его потенциального будущего воздействия на экологию и социально-экономическую сферу.

107. «IPCC Third Assessment Report, Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability», Technical summary, Group 1, p. 79. Климат изменяется в результате нарушения баланса между эмиссией и поглощением углерода. Хотя мы знаем, какие природные факторы нарушают баланс, роль антропогенных изучена недостаточно. Парниковые газы и аэрозоли оказывают наибольшее антропогенное влияние на энергетический баланс и вызывают противоположные эффекты: парниковые газы способствуют потеплению, а аэрозоли (за исключением содержащих черный углерод) – похолоданию. Охлаждающее влияние аэрозолей менее определено, чем повышающий температуру эффект парниковых газов. Неопределенность, ассоциируемая с аэрозолями, настолько велика, что климатические модели не исключают: их охлаждающий эффект может компенсировать потепление, вызываемое парниковыми газами. Еще меньшая определенность возникает при попытках моделировать будущий климат, так как возникают эффекты обратной связи – изменение концентрации водяного пара, облаков и снежного покрова, возникающее при потеплении на Земле. Ожидается, что они усилят глобальное потепление, однако неизвестно насколько.

108. Согласно Попперу, никакой единичный научный эксперимент не может полностью подтвердить открытие; скорее, подтвердить его способны дополнительные эксперименты. Напротив, если новое и заслуживающее доверия наблюдение не согласуется с научным открытием, то говорят, что оно сфальсифицировано. См.: The Logic of Scientific Discovery. London: Routledge, 2002. Первая публикация в Германии, 1934 г.

109. Browne, Beyond Business, p. 78–89.

110. Addressing Climate Change, 1997. www.bp.com.

111. «The Nobel Peace Prize 2007». Nobelprize.org, An Inconvenient Truth, 2006.

112. Лидеры согласились, что нужно работать над достижением нового глобального соглашения в 2005 г., чтобы ввести его в действие к 2020 г. Оно должно заменить Киотский протокол. Новое соглашение устранило различие между развитыми и развивающимися странами, которые в настоящий момент не несут обязательств по сокращению эмиссии парниковых газов. Были также даны обещания создать новый денежный фонд для помощи развивающимся странам в создании источников чистой энергии и адаптации к любым вредным последствиям изменения климата.

113. В «The Politics of Climate Change» Гидденс пишет: «Так как опасности, связанные с изменением климата, не ощущаются в повседневной жизни, то, какими бы ужасными они ни были, многие предпочтут ничего не делать. Однако ждать, пока они станут видимыми, чтобы

начать действовать, по определению бессмысленно». См.: The Politics of Climate Change. Cambridge: Polity Press, 2011, p. 2.

114. Процент американцев и западноевропейцев, рассматривающих глобальное потепление как угрозу, снизился на 10 % во время финансового кризиса 2000-х гг. Gallup Poll, 20 April 2011.

115. Hardin G. «The Tragedy of the Commons». Science 162 (3859): 1243–1248 (1968).

116. Китай и, возможно, США – единственные страны, способные осуществить односторонние действия по сдерживанию изменения климата и увидеть позитивные результаты усилий.

117. Цитируется в: Shogren, «Kyoto Protocol», AAPG Bulletin, October 2004, V. 88, No. 9, p. 1221–1222.

118. Это так называемый Парадокс Джевонса, впервые описанный английским экономистом Уильямом Стэнли Джевонсом в «The Coal Question» (1865). Джевонс – еще одна реинкарнация Мальтуса; он озабочен тем, что запасы каменного угля скоро истощатся из-за чрезмерного потребления. Он выступал против идеи, что более экономичное использование угля предотвратит «мальтузианскую катастрофу»: более эффективное использование угля увеличит его потребление человечеством.

119. IPCC пришла к выводу, что в геологических пластах имеется потенциал для хранения минимум 2000 гигатонн двуокиси углерода; это на два порядка больше суммарной годовой эмиссии двуокиси углерода.

120. В 2006 г., когда эксплуатация месторождения Миллер в Шотландии была завершена, ВР решила попробовать реализовать проект по повышению нефтеотдачи нефтяного пласта. Труба для закачивания двуокиси углерода CCSa под землю уже была установлена и готова вдохнуть новую жизнь в истощенное месторождение. Но проект так и не был реализован из-за отсутствия правовой и финансовой поддержки британского правительства. До тех пор пока издержки CCS ниже дохода, который он может принести за счет повышения нефтеотдачи, существует возможность для использования CCS в нефтегазовой индустрии. Закачка двуокиси углерода обеспечивает сейчас в США больше добычи нефти, чем любой другой метод восстановления нефтяных месторождений.

121. Страны ЕС обязались к 2020 г. снизить объем эмиссии на 20 % относительно уровня 1990 г. Система торговли квотами на эмиссию в ЕС – первая и самая крупная подобная международная система в мире. Согласно схеме, предприятия и электростанции имеют предельный годовой объем эмиссии, но в этом диапазоне им предоставляются скидки на эмиссии, которыми они могут торговать.

Золото

1. Золотой плот, около 700–1600 гг. Размер приблизительно 10 Ч 20 сантиметров. Он был отлит в виде цельного изделия с использованием глиняной формы и воска. Изготовлен из сплава золота, меди и серебра, известного как тумбага. Низкая температура плавления облегчает работу литейщиков.

2. Ритуал «эль дорадо» описан историком Хуаном Родригесом Фрейле в «Conquest and discovery of New Granada» (1636). От ритуала, проводившегося на озере, индейцы отказались еще до того, как первые испанцы проникли в Колумбию, но рассказ о нем Фрейле услышал

от молодых поколений племени. Однако споры по поводу истинного происхождения ритуала продолжают. Возникновение легенды стало ассоциироваться с территорией обитания племени муисков только после первых экспедиций по поиску золотого города Эльдorado.

3. В противоположность Ксю, коварная луна Хия символизировала темноту, колдовство, инстинкт и зловещую сторону человеческой натуры.

4. До появления в XVIII в. современного символа золота – букв Au – им служило изображение солнца. Даже Au происходит от *Auroga*, имени римской богини утренней зари.

5. Имеются исключения. В середине XIX в. жители острова Фиджи захватили сундук с золотыми монетами на торговом корабле, подошедшем близко к островам. Когда капитан Кук прибыл на Фиджи, то обнаружил: местные жители бросают монеты плашмя, заставляя отскакивать от поверхности воды. В Африке первые европейские купцы с выгодой обменивали золото на соль, которую местные жители считали гораздо более полезной.

6. Bernstein Peter, *The Power of Gold*. New York: John Wiley & Sons, 2000, p. 121.

7. Вама Пома, андский летописец. Wood Michael, *Conquistadors*. London: BBC Books, 2000, p. 134.

8. Hemming John, *The Search for El Dorado*. London: Michael Joseph, 1978, p. 226.

9. Один из племенных вождей по имени Деликола, услышав о судьбах вождей других племен, придумал историю о великой империи из золота, чтобы еще больше разжечь алчность людей Писарро и направить их как можно дальше вглубь джунглей.

10. В 1548 г. Писарро был повешен недалеко от Куско после того, как выступил против принятия новых законов для управления обеими Америками; он считал их слишком либеральными.

11. К 1700 г. мировые запасы золота и серебра были в пять раз больше, чем в 1492 г.

12. В XVI в. Европа пережила период высокой инфляции, получивший название революции цен. Эта финансовая ситуация – следствие глубоких социально-экономических изменений в Европе задолго до прибытия Колумба в Америку. Огромный приток золота в Испанию лишь обострил проблемы. Ценность драгоценного металла – не абсолютная величина. Когда золота становится много, его ценность падает, заставляя цены на другие товары расти. Жадность конкистадоров посеяла семена будущих трудностей.

13. Hammer B. and Norskov J. K. «Why gold is the noblest metal of all». *Nature*, Vol. 376, 20 July 1995.

14. Молдская золотая пелерина – предмет церемониальной одежды, изготовленный из золота в Европе в бронзовом веке. Она была найдена в Уэльсе вблизи городка Молд рабочими каменного карьера в XIX в. Лист золота, из которого она сделана, выкован из одного слитка и затем украшен деталями, имитирующими нитки бус и складки одежды.

15. Кочевые племена скифов на территории от Северного Причерноморья до Средней Азии изготавливали декоративные предметы из золота, серебра, бронзы и костей животных в VII–IV вв. до н. э. В Эрмитаже собрана самая лучшая коллекция скифского золота: щитов, гребней и чаш, украшенных золотыми фигурками диких животных и сражающихся воинов.

16. Маршалл указывает дату где-то между 18 и 20 января, однако один из его рабочих записал в своем дневнике 24 января: «Сегодня в русле реки был найден кусок металла, похожий на золото, его обнаружил Джеймс Маршалл, начальник строительства лесопилки». См.: Caughey John Walton. *California Gold Rush*. Berkeley: University of California Press, 1975, p. 2.

17. Brands H. W. *The Age of Gold*. London: Arrow, 2006, p. 16.

18. Там же.

19. Browning Peter. *Bright Gem of the Western Seas*. Lafayette, CA: Great West Books, 1991, p.

3.

20. 29 мая газета *Californian* писала: «Вся местность от Сан-Франциско до Лос-Анджелеса и от морского побережья до гор Сьерра-Невада издает корыстный вопль “золото, золото, золото!”, оставляя поля незасеянными, дома недостроенными и производя только лопаты и кирки». См.: *Caughey, California Gold Rush*, p. 21.

21. Во время одного особенно жестокого нападения в 1850 г., названного «Побоищем на кровавом острове», кавалерийский полк уничтожил более 50 индейцев племени помо. Нападение было организовано в отместку за жестокое убийство группой индейцев помо двух поселенцев. После этого события последовали реальные попытки наладить нормальные отношения между помо и остальными жителями Калифорнии.

22. Один из ранних методов проверки чистоты золотых монет заключался в использовании «пробного камня». Получатель тер край монеты о камень и затем сравнивал оставленный след с теми, которые оставили на подобных камнях монеты, чистота которых не вызывала сомнений. Однако этот метод весьма приблизителен, а владелец пробных камней мог манипулировать их использованием.

23. Неметаллические монеты использовались до изобретения золотых и серебряных; например, раковины моллюсков, называемые каури, в Древнем Китае. Но эти предметы годились только для не крупных сделок и не имели ценности за пределами данной культуры.

24. В Британском музее, членом попечительского совета которого я был в 1995–2005 гг., имеется большая коллекция лидийских монет от бесформенных кусков электрона до монет Креза, отчеканенных из чистого золота.

25. Царь Крез был озабочен растущей мощью Персии и поэтому обратился за советом к Дельфийскому оракулу. Оракул поведал: если Крез затеет войну с Персией, то «разрушит великую империю». Оракул славился точностью предсказаний, он не ошибся и на этот раз. Великая империя была разрушена, но, к несчастью для Креза, – его собственная. См.: *Bernstein, The Power of Gold*, p. 35.

26. Золотой дукат весил 3,5 грамма и был изготовлен из золота 997-й пробы (т. е. практически из чистого).

27. Lane Frederic and Mueller Reinhold. *Money and Banking in Medieval and Renaissance Venice: Vol. 1*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1985, p. xiii.

28. Приподнятая круговая кромка сделана вдоль края монеты, чтобы затруднить эту практику, но, за исключением дуката, центр круговой кромки часто не совпадал с центром монеты.

29. Во время судебного разбирательства в Александрии в марте 1393 г. некто Леонардо Граденьо обвинялся в обрезании краев монет. Венецианский консул в Александрии провел расследование и обнаружил в сундуке у Граденьо почти три сотни монет с обрезанными краями. Граденьо скрылся, но суд признал его виновным и заочно приговорил к отсечению правой руки, ослеплению и высылке из города. 15 лет спустя его жена обратилась с просьбой помиловать мужа, указывая на его молодость в момент преступления. Прощение было дано, но, когда Граденьо был схвачен в Венеции в 1413 г., старый приговор привели в исполнение.

30. Levenson Thomas. *Newton and the Counterfeiter*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2009, p. 112.

31. Ньютон также прославился введением в обращение монеты в два фунта, на которой

выгравируются слова из его письма Роберту Хуку: «Standing on the shoulders of giants» («Стоя на плечах гигантов»).

32. Levenson Thomas. Newton and the Counterfeiter. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2009, p. 112.

33. Bryan William Jennings. «Cross of Gold Speech», 1896. <http://historymatters.gmu.edu/d/5354/>.

34. Bernstein, The Power of Gold, p. 279.

35. <http://goldsheetlinks.com/production.htm>.

36. Salgado Sebastiro. Workers. London: Phaidon Press, 1993, p. 19.

37. Serra Pelada вновь открылась в составе крупной горнодобывающей компании в 2013 г., но теперь в ней используется тяжелая техника, а не ручной труд.

38. John Maynard Keynes. Essays in Persuasion. London, Macmillan, 1984, p. 183–184. Первая публикация в 1931 г.

39. Чрезмерный интерес к египетскому золоту, например в могиле Тутанхамона, помешал заметить другие более важные исторические и археологические открытия.

Серебро

1. Описание поиска конкистадорами серебряной горы см.: Gandna Enrique de. Historia crítica de los mitos de la conquista Americana. Buenos Aires, 1929, pp. 145–196.

2. На языке индейцев: «Pachacamac janac pachapac guaccaichan». См.: Lindgren Waldemar & Creveling J. G. The Ores of Potosi, Bolivia. Economic Geology, May 1928, Vol. 23, No. 3, p. 234.

3. Capoché L. Relación general de la Villa Imperial de Potosi; Bakewell Peter. Miners of the Red Mountain: Indian Labor in Potosi 1545–1650. Albuquerque: University of New Mexico Press, 1984, p. 3.

4. Hanke Lewis. The Imperial City of Potosi. The Hague, Martinus Nijhoff, 1956, p. 28.

5. Там же, с. 2.

6. Примерно так говорил Дон Кихот Ламанчский, по свидетельству его слуги Санчо Пансы.

7. Hanke Lewis, The Imperial City of Potosi, p. 30.

8. Bakewell, Miners of the Red Mountain, p. 45. Действительно, идея правильности принудительного труда господствовала в представлениях инков задолго до конкистадоров. Аборигенам, знакомым с рабством у соплеменников – вельмож и военачальников, новая схема могла даже казаться достойной. В начале года более 7000 коренных жителей работали на добыче или плавке руды в Потоси, многие служили Гонсало Писарро. Добыв две меры серебра, они могли оставлять себе все остальное; некоторые разбогатели.

9. Когда масштабы добычи на Потоси увеличились, испанцы начали прочесывать местность. Потребовалось больше работников, многих пригоняли издалека. Люди из равнинных районов не могли выдержать сурового климата, многие погибали в пути.

10. Доклад монаха из обители Сан-Томас, 1550. Hanke, The Imperial City of Potosi, p. 25.

11. Ежегодно, как писал Луис Капоке, около 50 рабов умирали в госпиталях, «проглоченные живьем» «диким чудовищем» Потоси. Если прибавить умерших в копиях, получается, что несколько сотен людей умирали ежегодно из-за тяжелых условий работы.

Bakewell, *Miners of the Red Mountain*, p. 145.

12. Hanke, *The Imperial City of Potosi*, p. 25.

13. Многие серебряные рудники Богемии были заброшены из-за наводнений или вредного воздуха в шахтах. Эти проблемы отчасти снимало применение дренажных и вентиляционных технологий, но до конца они не были решены до тех пор, пока в XVIII в. не появились угольные паровые насосы.

15. Agricola, *De re metallica*, p. xxv.

16. Там же, с. 5.

17. Там же.

18. Агрикола писал: если проходчик хочет найти жилу, он должен быть сведущ в философии, астрономии и арифметике, поскольку лишь это помогает определить залегание и понять, в каком направлении закладывать шахту. Философия в средневековом понимании включала естественные науки и в сочетании с астрономией действительно могла пригодиться на практике. Agricola, *De re metallica*, p. 4.

19. Там же, с. 36. Люди потянулись в шахты Фрайбурга, как и в Иоахимсталль 350 лет спустя. Соседняя деревня Кристиансдорф выросла и превратилась в «саксонский город» Саксшадт. Отто профинансировал строительство новых городских стен и дал 3000 марок серебра соседнему монастырю. Он также приобрел огромные участки земли. В его казне хранилось более чем 30 000 марок серебра, захваченных богемцами в 1189 г.

20. Большинство серебряных рудников было обнаружено в XII–XIII вв., когда по Центральной Европе искали рудные жилы. Регион был сравнительно мало освоен, так как лежал за пределами Римской империи. Более поздние открытия на границе Богемии и Моравии увеличили количество серебра в Европе. В 1298 г. огромный запас серебра найден в Богемии. Первые 40 лет он давал 20 тонн серебра в год. Но поток серебра иссякал, поскольку вытекал из Европы по восточным торговым путям. Когда люди осознали, что серебра становится все меньше, они начали сохранять то немногое, что у них оставалось, и поэтому в XV в. слитков оказалось крайне мало.

21. Agricola, *De re metallica*, p. 217. Хотя Агрикола разделял общую веру в демонов и гномов, во всех других отношениях он был весьма скептичен в отношении сверхъестественного. В те времена для поиска рудных жил активно использовались волшебные палочки. Разумеется, результат вызывал жалобы, по существу которых Агрикола замечал, что настоящий рудознатец должен быть человеком серьезным и положительным и не может использовать сомнительные средства. Там же, с. 41.

22. Там же, с. 18.

23. Делосский союз, добровольное объединение греческих городов-государств, по сути, привел к афинскому владычеству. Большинство членов Афинского союза направляли средства в центральную казну, а из нее в дальнейшем финансировалось увеличение грозного афинского флота, а также строительство великолепного Парфенона, посвященного Афине.

24. Xenophon, *A Discourse Upon Improving the Revenue of the State of Athens*.

25. Спартанцы воевали против Афин в Пелопоннесской войне, начавшейся в 431 г. до н. э. Финансирование войны – производство вооружений и оплата военным – требовало ускоренной чеканки огромного количества «сов». Огромные займы были сделаны из запасов, созданных на Акрополе как раз для этих целей.

26. Алкивиад, афинский генерал-предатель, объяснил, что спартанская оккупация отрезала бы афинян от домов, сельскохозяйственных угодий и серебряных рудников. Около

20 000 рабов были перемещены, в том числе из рудников, что лишило Афины основного источника доходов.

27. Международное соотношение между стоимостью золота и серебра составляло около 15,5:1, но в 1880-х гг. оно вдруг начало меняться. Золото оторвалось от серебра и оказалось доминирующим. Резкие изменения в соотношении цен нефти и газа может указывать на фундаментальные изменения в производстве и потреблении этих источников энергии. Так и внезапное изменение соотношения золота и серебра свидетельствует о сдвиге в международной валютной системе и нашем восприятии относительной ценности этих металлов.

28. Когда фотон серебра оказывается на фотобумаге, электрон освобождается. Он может притянуть положительно заряженные ионы серебра к нейтральному атому. Атом серебра нестабилен, но если фотонов достаточно, а их удары одновременны, то множество ионов серебра соберутся в атомы, образуя стабильное соединение. Возникающее скрытое изображение выявили после изобретения фотографии.

29. Потемнение солей серебра на солнце впервые отметил в 1614 г. Анджело Сал: «Когда вы помещаете порошок нитрата серебра на солнце, он становится черным, как чернила». Однако было неясно, что является причиной – тепло или свет. См.: Gernsheim Helmut. *The Origins of Photography*. London, Thames & Hudson, 1982, p. 19.

30. «An account of a method of copying paintings upon glass, and of making profiles, by the agency of light upon nitrate of silver. Invented by T. Wedgwood, Esq. With observations by H. Davy» // *Journals of the Royal Institution of Great Britain*, 1802, Vol. 1, p. 170–174.

31. Talbot William Henry Fox. *The Pencil of Nature*. London: Longman, Brown, Green & Longmans, 1844, p. 6.

32. Talbot Fox. «Some Account of the Art of Photogenic Drawing, or the Process by Which Natural Objects May Be Made to Delineate Themselves without the Aid of the Artist's Pencil», read to the Royal Society on 31 January 1839.

33. Дагер развивал эту методику совместно с Жозефом Нисепором Ньепсом. Ньепс создал первую в мире не исчезнувшую фотографию в 1826 г., используя светочувствительность битума. Также он был первым, кто в 1829 г. описал саму идею фотографии: «Гелиография – мгновенное воспроизведение изображения, полученного в камере обскура, с помощью света во всем спектре, от черного до белого». И в 1858 г. кузен Нисепора Ньепс де Сен-Виктор описал эффект урана на фотопластинке, за 40 лет до Беккереля. Значения своего открытия он, однако, не осознал.

34. Он открыл, что сочетание нитрата серебра, уксусной и галловой кислоты (селитры) создает скрытое изображение на бумаге, которое может проявиться позже под воздействием галловой кислоты. Сегодня разработаны «восстановители», превращающие ионы серебра в металл. Эта реакция происходит быстрее вокруг атомов серебра в скрытом изображении, обуславливая сроки проявки изображения.

35. «Calo» от греческого kalos – прекрасный, хороший, полезный.

36. Распространение калотипии тормозилось потому, что Фокс Талбот продавал на нее патенты, в отличие от дагеротипа, который спонсировался Араго и стал предметом национальной гордости, завоевав мир. Чтобы все знали о важности его открытия, Фокс в 1844–1846 гг. опубликовал работу «The Pencil of Nature» в шести частях. Фотография была непонятной в то время, и Фокс Талбот объяснял читателям, что изображения создаются «воздействием света на чувствительную бумагу» и что «запечатлеть несколько фигур можно

за то же время, что и одну, поскольку камера фиксирует все единомоментно». Talbot Fox, *The Pencil of Nature*, Plate XIV.

37. Истмен выбрал название «Kodak», поскольку хотел, чтобы оно стало узнаваемым и произносилось без ошибок в большинстве языков.

38. Coe Brian. *George Eastman and the Early Photographers*. London, Priory Press, 1973, p. 56.

39. *History of Kodak: George Eastman*. www.kodak.com.

40. Коробочка была всего 8 сантиметров в ширину и 16 в длину. Объектив был выбран так, чтобы все, расположенное в метре от камеры и далее, оказывалось в центре внимания.

41. В «Kodak Primer» Истмен писал: «Принцип Kodak подразумевает, что любой человек может сделать фотографию, не будучи специалистом... Кто угодно, мужчина, или женщина, или ребенок. Единственное, что нужно, – это мысленно выстроить прямую линию и нажать кнопку... перед вами инструмент, не предполагающий каких-либо специальных навыков или знаний в сфере искусства». Frizot Michael. *A New History of Photography*. Milan, Könemann, 1998, p. 238.

42. Coe, *George Eastman and the Early Photographers*, p. 67.

43. «Saigon Execution 1968», Eddie Adams, Associated Press. Sebastião Salgado, *Migrations*. New York, Aperture, 2009, p. 209. «Auschwitz Children», Photographer Unknown. Getty. Queen Elizabeth II: Portraits by Cecil Beaton. London: V&A Publishing, 2011.

44. Frizot, *A New History of Photography*, p. 591.

45. «The Acknowledged Master of the Moment», *Washington Post*, 5 August 2004. В 1952 г. Картье-Брессон опубликовал книгу своих фотографий под названием «Решающий момент» («The Decisive Moment»). New York. Simon & Schuster, 1952).

46. «Eulogy: General Nguyen Ngoc Loan», *Time*, 27 July 1998.

47. Salgado, *Migrations*. p. 14.

48. ВР раньше, и безуспешно, претендовала на Блок 65.

49. Серир был единственным нефтяным промыслом, принадлежавшим ВР и Банкеру до национализации в 1971 г.

50. В 1979 г. ВР в Великобритании предъявила Банкеру иск по поводу задолженности в рамках совместного соглашения. ВР претендовала на 15 575 823 долл. и 8 922 060 фунтов. Банкер не собирался платить. В 1988 г. он был объявлен банкротом, после того как американский суд присудил ему и его брату Уильяму Герберту покрыть налоговую задолженность в размере 130 млн долл., что послужило на руку противникам Банкера, которые теперь могли получить желаемое.

51. Сказано в интервью финансовому журналу *Barron* в апреле 1974 г. Hurt Harry III. *Texas Rich*. New York, W.W. Norton & Company, 1981, p. 320.

52. У Банкера была страсть к племенным рысакам. На международных бегах он был хорошо известен благодаря грандиозности своей конюшни. К серебру позже он относился так же.

53. Hurt, *Texas Rich*, p. 325.

54. У Банкера было двое братьев – Уильям Герберт и Ламар, и старшая сестра Маргарет. Герберт преуспел более других, он успешно защитил диссертацию по геологии. Ламар вкладывал деньги в спортивные мероприятия, сделав миллионы на мировом чемпионате по теннису.

55. Jerome Smith. *Silver Profits in the Seventies*. Vancouver, ERC Publishing, 1972, p. 31. Смит также подчеркнул, что промышленное применение серебра увеличилось за счет

электроники и фотографии. И золото, и серебро – великолепные проводники электричества, настолько хорошие, что во время Второй мировой войны в проект «Манхэттен» поступило 13 500 тонн серебра (на сумму более 300 млн долл.) от казначейства США. Во время войны медь была в дефиците, и поэтому планировалось использовать серебро, а не строить гигантские электромагнитные катушки для обогащения урана.

56. Доказательство для конгрессменов в 1980 г. Stephen Fay. The Great Silver Bubble. London, Hodder & Stoughton, 1982, p. 29–30.

57. Ханты полагали, что правительство США попытается отобрать их серебро, и отправили его за рубеж. Их опасения были не беспочвенны; в 1933 г. президент Франклин Рузвельт объявил частные накопления золота в слитках и монетах незаконными, требуя от владельцев возвращения золота в казну по фиксированной и явно заниженной цене.

58. Hurt, Texas Rich, p. 409. Позже Ханты предъявили иск, считая, что правила рыночной торговли нельзя изменять в середине «игры».

59. Если продавец игнорирует налоговые последствия.

60. Кроме ликвидации заказов.

61. Hurt, Texas Rich, p. 410.

62. Там же, с. 416.

63. Все основные активы Хантов (энергетика, недвижимость, драгоценные металлы) росли быстрыми темпами в 1970-е гг. До катастрофы Ханты имели активы на сумму 12–14 млрд долл. Даже после краха у них по-прежнему оставалось около 8–10 млрд долл. И если бы цена серебра упала до нуля, они сохранили бы 6–7 млрд долл. Они не разорились, а просто слегка обеднели.

64. Там же, с. 420.

65. «Испарина Солнца» и «слезы Луны»– инкские названия золота и серебра.

Уран

1. Эпицентром называется точка на земле, над которой произошел взрыв бомбы. В Хиросиме эпицентр находился на высоте 680 метров над землей.

2. В этой главе я сосредоточил внимание на Хиросиме как на первом месте применения разрушительной энергии урана в атомной бомбе, уничтожившей целый город. Нагасаки – другой город, также испытавший на себе мощь ядерного оружия; он стал мишенью для второй (плутониевой) бомбы, сброшенной американцами тремя днями позже, 9 августа 1945 г.

3. В мае 1974 г. радиостанция NHK Hiroshima попросила слушателей прислать рисунки с изображением этого события. В итоге было получено более 2000 рисунков. После следующего обращения в 2000 г. было собрано еще 1338 рисунков. Теперь в коллекции насчитывается более 3600 произведений, и они сделаны людьми, пережившими атомную бомбардировку.

4. «Болезненные страдания» Томоми Ямасина. В момент бомбардировки ей было 16 лет, и она находилась в 3600 метрах от эпицентра взрыва, перед Первым армейским госпиталем Хиросимы. В 2002 г., когда она откликнулась на просьбу прислать новые рисунки, ей было 72 года. Hiroshima Peace Memorial Museum, A-bomb Drawings by Survivors. Hiroshima, The City of Hiroshima, 2007, p. 82.

5. Джордж Шульц – американский экономист, государственный деятель и бизнесмен. Он был министром труда в 1969–1970 гг., министром финансов в 1972–1974 гг. и государственным секретарем США в 1982–1989 гг.

6. Знание истории Второй мировой войны позволяет лучше понять, почему была сброшена бомба. Атомная бомбардировка и последующая капитуляция Японии положили конец войне, обеспечив определенность в условиях высокой неопределенности. Считалось, что альтернатива – высадка американских войск в Японии – привела бы к большему числу жертв. «Вопрос заключался в спасении сотен тысяч жизней американцев», – сказал позднее президент Трумэн, обращаясь к телевизионной аудитории США. Но число погибших и число спасенных несравнимы; а сама по себе атомная бомбардировка бесчеловечна независимо от эпохи. Lansing Lamont. *Day of Trinity*. London, Hutchinson, 1966, p. 303.

7. Пьер умер после того, как его сбил конный экипаж. Мария – от апластической анемии, вызванной длительным воздействием радиации.

8. Rutherford E. «Nuclear Constitution of Atoms». *Proc. Roy. Soc.*, A97, 374, 1920.

9. James Chadwick. «Possible Existence of a Neutron», *Nature*, p. 312 (27 February 1932 г.). Чедвик, открывший существование нейтронов, позднее также присоединился к работе над проектом «Манхэттен».

10. Отто Ган возглавлял группу ученых, сумевших расщепить ядро урана с помощью нейтронов. В 1944 г. за расщепление урана он был удостоен Нобелевской премии по химии. Мейтнер должна бы по праву разделить с ним эту премию.

11. Протоны и нейтроны удерживаются в ядрах мощной силой, одной из четырех фундаментальных в природе. Три других – гравитация, электромагнитное излучение и менее изученное так называемое слабое взаимодействие.

12. Frisch Otto, *What Little I Remember*. Cambridge: Cambridge University Press, 1979, p. 106. Позднее Фриш стал одним из первых, кому довелось держать в руках образцы U-235, полученные в ходе реализации проекта «Манхэттен». «Я почувствовал сильное желание взять один кусок впервые полученного металлического урана-235 для пресс-папье. Это был бы замечательный сувенир, способный в будущем многое рассказать». Zoellner Tom, *Uranium: War, Energy and the Rock that Shaped the World*. New York: Viking, 2009, p. 64.

13. Meitner Lise and Frisch Otto, «Disintegration of Uranium by Neutrons: a New Type of Nuclear Reaction», *Nature*, Vol. 143, No. 3615, p. 239 (11 February 1939). Otto Frisch, «Physical Evidence for the Division of Heavy Nuclei under Neutron Bombardment», *Nature*, Vol. 143, No. 3616, p. 276 (18 February 1939).

14. В атомной бомбе «Малыш» было всего 64 килограмма урана. Менее килограмма участвовало в расщеплении ядер и всего 0,7 грамма непосредственно превратилось в энергию. Как мало надо для разрушения города.

15. Изотопы обладают теми же химическими свойствами, содержат одинаковые количества протонов в ядрах, но отличаются количеством нейтронов.

16. Всего 0,7 % природного урана относится к этому типу.

17. Rhodes Richard, *The Making of the Atomic Bomb*. New York: Touchstone, 1988, p. 292.

18. Многие спрашивали, почему он привлек к разрушительному оружию внимание властей, которые сделали его реальностью. На этот вопрос ответил Отто Фриш, который, располагая теми же знаниями, что и Силард, представил свою идею британскому правительству: «Меня часто спрашивали, почему я не отказался от проекта, не сказав о нем ничего и никому. Зачем начинать проект, который, в случае успеха, привел бы к созданию

оружия невиданной мощи, оружия массового уничтожения? Ответ очень прост. Мы вели войну, а идея была достаточно очевидной; вполне вероятно, что кто-то из немецких ученых работал над ее реализацией». Rhodes, *The Making of the Atomic Bomb*, p. 325.

19. Johnson Charles W. and Jackson Charles O., *City Behind a Fence* (Knoxville: The University of Tennessee Press, 1981), p. 43.

20. Другим основным методом обогащения урана в Оук Ридж была электромагнитная сепарация. Сначала электроны отделялись от атомов урана, чтобы атомы становились положительно заряженными. Попадая в магнитное поле, заряженные ионы урана двигались по искривленной траектории, но более тяжелые ионы урана-238 отклонялись меньше, чем ионы урана-235, что позволяло разделить эти изотопы.

21. Zoellner, Uranium Charles W. Johnson and Charles O. Jackson, *City Behind a Fence* (Knoxville: The University of Tennessee Press, 1981), p. 66.

22. Studer Michael H. et al. «Lignin content in natural *Populus* variants affects sugar release», *PNAS*, Vol. 108, No. 15, pp. 6300–305 (12 April 2001).

23. Harry Truman announcing the bombing of Hiroshima, 6 August 1945. Harry S. Truman Library, «Army press notes», Box 4, Papers of Eben A. Ayers.

24. Там же.

25. *Space Adventures*, March 1960, Charlton Comics.

26. Zeman Scott and Amundson Michael, *Atomic Culture, How we Learned to Stop Worrying and Love the Bomb* (Boulder CO: University Press of Colorado, 2004), p. 15.

27. Строгое предупреждение, сделанное директором проекта «Манхэттен» генералом Гроувсом во введении к брошюре «*Dagwood Splits the Atom*», написанной совместно с Комиссией по атомной энергии США в 1949 г. *Dagwood Splits the Atom*. New York: Kings Features Syndicate, 1949.

28. *Dallas Morning News*, 12 August 1945, section 4, p. 8.

29. *Eagle*, 1 August 1952.

30. Колдер Холл – первая коммерческая атомная электростанция в мире, вырабатывавшая десятки мегаватт электроэнергии для гражданских нужд. Ранее США и СССР уже производили небольшие количества электроэнергии на ядерных реакторах.

31. «Queen Switches on Nuclear Power», BBC, 17 October 1956. www.bbc.co.uk.

32. Там же.

33. Pocock R. F., *Nuclear Power: Its development in the United Kingdom*. London, Institution of Nuclear Engineers, 1977, p. 25.

34. Hennessy Peter, *Cabinets and the bomb*. Oxford: Oxford University Press, 2007, p. 48.

35. Проект реактора для Колдер Холл получил название PIPPA (Pressurised Pile Producing Power and Plutonium, в буквальном переводе – «герметичный реактор, производящий энергию и плутоний»). Плутоний образуется в реакторах в результате поглощения нейтронов атомами урана. Оружейный плутоний имеет высокую концентрацию изотопов Pu-239. Для достижения этого результата урановое топливо должно оставаться в реакторе на короткое время, и в итоге меньшее количество энергии, содержащееся в ядерном топливе, используется для генерирования электроэнергии.

36. Hachiya Michihiko, *Hiroshima Diary, The Journal of a Japanese Physician August 6 – September 30, 1945* (London: Victor Gollancz, 1955), p. 35.

37. Socolow Robert, «Reflections on Fukushima: A time to mourn, to learn, and to teach», *Bulletin of the Atomic Scientists*, 21 March 2011. Соколов пишет: «Если вариантам выбора,

например, есть или не есть, не приписывается высокое отношение угрозы к риску, то экспертные модели риска не будут соответствовать вариантам выбора».

38. Маловероятно, что случаи смерти вследствие аварии на Фукусиме можно выявить статистически. Более опасными, чем радиация, могут оказаться канцерогенные химические вещества, рассеянные по окружающей территории из-за землетрясения и цунами.

39. За неделю до моего приезда в Японию высокий уровень радиации был зарегистрирован на улицах токийского района Сетагайо. Источником оказались старые бутылки с радиумом, хранившиеся на улице в подземном погребе и обнаруженные только благодаря постоянному радиационному контролю.

40. В том же году советский лидер Михаил Горбачев заявил на советском центральном ТВ о том, что чернобыльская катастрофа была «суровым напоминанием о том, что человечество все еще пытается обуздать ту фантастически мощную силу, которую само вызвало к жизни».

41. Всеобщая обеспокоенность и подавленность – главные чувства, испытываемые жителями окрестностей Чернобыля. Их породил страх перед радиацией и настойчивое желание переехать в незараженные области. Повышенная обеспокоенность и стресс могли оказать дополнительное негативное влияние на здоровье из-за изменения образа жизни, например питания, никотиновой и алкогольной зависимости.

42. За пределами зоны катастрофы более низкий уровень радиации в нескольких областях Украины и Белоруссии вызвал увеличение заболеваемости раком щитовидной железы, но эта форма рака обычно поддается лечению. Лейкемия наблюдалась у людей, участвовавших в ликвидации последствий чернобыльской катастрофы. При этом не наблюдалось заметного увеличения числа заболеваний другими формами рака относительно базовых уровней. Source and Effects of Ionising Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly, Vol. II, «Health effects due to radiation from the Chernobyl Accident», United Nations, New York, 2011.

43. Эти страхи актуальны и сегодня. 20 июля 2012 г. партия «радиоактивной» черники была обнаружена на одном из московских рынков. Предполагалось, что ягоды могли поступить из зараженной местности вокруг Чернобыля.

44. 46 % одобряют сохранение использования Японией ядерной энергии на нынешнем уровне, а 44 % считают, что ее использование нужно снизить. Только 8 % хотели бы, чтобы Япония увеличила использование ядерной энергии (тот же показатель, что и во время предыдущих опросов в последние 20 лет). Japanese Resilient, but See Economic Challenges Ahead, Pew Research Center, June 2011.

45. «Kan heaps pressure on atomic plant operator», Financial Times, 15 March 2011.

46. Независимая комиссия по расследованию атомной аварии на Фукусиме пришла к выводу: «Авария на атомной станции Фукусима, управляемой компанией ТЕРСО, стала результатом сговора между правительством, регуляторами и ТЕРСО и отсутствия должного руководства с их стороны». The National Diet of Japan, 2012, p. 16.

47. Japanese Wary of Nuclear Energy: Disaster 'Weakened' Nation, Pew Research Center, June 2012.

48. Для разных источников энергии среднее число смертей от несчастных случаев на гигаватт выработанной энергии (с учетом инцидентов, повлекших гибель пяти и более человек, в период с 1969 по 2000 г.) составляет:

Каменный уголь (без учета Китая): 0,60

Каменный уголь (с учетом Китая в период с 1994 по 1999 г.): 6,1

Нефть: 0,90

Природный газ: 0,11

СПГ: 14,9

Гидроэнергетика: 10,3

Ядерная энергетика: 0,048

Источник: Nuclear Energy Agency, Comparing Nuclear Accident Risks with Those from Other Energy Sources (OECD, 2010).

49. Buruma Ian, Wages of guilt (London: Atlantic Books, 2009), p. 99.

50. The Treaty on the Nonproliferation of Nuclear Weapons (UN, 1968), Article VI. www.un.org.

51. Помимо Ирана, это США, Россия, Великобритания, Франция, Китай, Индия, Пакистан, Северная Корея и Израиль. В общей сложности они обладают 22 400 ядерными зарядами, причем более 95 % приходится на долю России и США.

52. В 1965 г., до того как стать президентом (а затем премьер-министром), Бхутто заявил: «Если Индия создаст бомбу, мы будем есть траву и листья и даже жить впроголодь, но обязательно создадим нашу собственную. У нас нет другого выбора». Gordon Corera, Shopping for Bombs. London: Hurst & Company, 2006, p. 9.

53. Там же, p. 10.

54. Хан однажды заявил журналистам: «Если моя жена соберется куда-нибудь полететь и я решу сопровождать ее, то как только экипаж узнает, кто она, он будет обращаться с ней как с VIP-персоной с момента появления на борту самолета. Что касается меня, то я даже не могу зайти в самое невзрачное придорожное заведение выпить чаю без того, чтобы кто-то не заплатил за меня. Люди отступают в сторону, чтобы выразить свою любовь и уважение ко мне». Zoellner, Uranium, p. 118.

55. «Mutual Deterrence». Speech by Secretary of Defense Robert McNamara, 1962.

56. Система «Мертвая рука» была изображена в виде «Устройства Судного дня» (Doomsday Machine) в фильме 1964 г. «Доктор Стрейнджлав» («Dr. Strangelove»).

Титан

1. Высокое отношение прочности к весу, присущее титану, обусловлено особой структурой расположения его атомов. Они расположены в перемежающихся слоях и связаны в «гексагональную плотноупакованную» структуру, в которой в каждом втором слое находятся непосредственно друг над другом (АВАВАВ). Атомы железа связаны в «кубическую плотноупакованную» структуру, в которой атомы каждого третьего слоя находятся непосредственно друг над другом (АВСАВСАВС). Плотность в гексагонально плотной структуре намного меньше, чем в кубической плотной, поэтому титан намного легче железа, но имеет высокую прочность. Удивительно, что высокие антикоррозионные свойства титана – следствие его высокой реакционной способности. Титан настолько химически активен, что вступает в связь с кислородом на воздухе, образуя очень тонкий слой двуокиси на поверхности. Этот слой защищает металл от коррозии и быстро восстанавливается после удаления.

2. Уран был назван в честь планеты, открытой несколькими годами ранее Уильямом

Гершелем. Клапрот пишет: «Так как никакого имени, которое указывало бы на специфические свойства нового [элемента], не может быть найдено (а именно в таком положении я нахожусь сейчас), думаю, что лучше выбрать название, не означающее ничего само по себе и таким образом не дающее оснований для любых ошибочных идей. Вследствие этого, как и в случае с ураном, я выбрал название из мифологии, воспользовавшись именами первых сыновей Земли – титанов». Klaproth Martin Heinrich, *Analytical Essays Towards Promoting the Chemical Knowledge of Mineral Substances*. Vol. 1, p. 210 (1801).

3. Воздушно-реактивный двигатель берет воздух из окружающей среды, а не жидкий окислитель для создания смеси с топливом в камере сгорания.

4. Rich B. R. and Janos L., *Skunk Works*. Boston: Little Brown and Company, 1994, p. 93.

5. Высокая температура – результат кинетического нагревания, вызванного сжатием газов вокруг фюзеляжа самолета. Алюминиевые сплавы могут выдерживать температуру до 130 °C, достигаемую между скоростями 2М и 3М, но на более высоких скоростях нужно использовать титановые сплавы. При таких температурах не могла бы работать никакая имевшаяся электроника, и поэтому всю систему пришлось создавать с нуля.

6. Согласно закону теплового излучения Кирхгофа хорошие поглотители – также хорошие излучатели. Благодаря черному цвету самолет излучал больше тепла, что позволяло снизить температуру крыльев приблизительно на 35 °C.

7. Даже малое снижение веса может существенно сократить количество топлива, необходимого для вывода космического корабля на околоземную орбиту. Топливные баки часто делаются из титановых сплавов, которые имеют высокое отношение прочности к весу и долговременную химическую совместимость. При подготовке экспедиции «Аполлона-11» титан и алюминий широко применялись для изготовления лунного модуля.

8. Polmar Norman. *Cold War Submarines*. Virginia: Potomac Books, 2004, p. 136.

9. Там же, с. 139. К-162 была «субмариной-перехватчиком». Титановый корпус позволял подводной лодке К-162 иметь впятеро меньшую массу и двигаться вдесятеро быстрее, чем если бы корпус изготовили из стали. К-162 могла развивать скорость до 45 узлов.

10. Металлические части первого в мире искусственного сердца, имплантированного в 2001 г., изготовлены из титана.

11. Около двух третей всего металлического титана потребляется в аэрокосмической отрасли. Использование титановых сплавов в гражданских самолетах Boeing продолжает расти. В 1960–1985 гг. доля титана в весе незагруженного самолета выросла практически с нуля до 9 %, а в весе двигателей до более чем 30 %.

12. Титан в руде обычно находится в связи с кислородом, но, в отличие от железа, от кислорода нельзя избавиться с помощью углерода. Титан настолько химически активен, что устанавливает связи с атомами углерода, образуя бесполезный карбид титана. Кролл решил эту проблему, используя двухступенчатый химический процесс, при котором титан сначала хлорируется, образуя тетрахлорид (в котором атом титана связан с четырьмя атомами хлора), а затем смешивается с магнием, в результате чего образуются губчатый металлический титан и хлорид магния. Затем губчатый металл должен подвергнуться дальнейшей переработке для получения титановых слитков. Этот процесс очень дорогостоящий, потому что каждый этап отличается высокой энерго- и капиталоемкостью. Более того, твердость титана затрудняет механическую обработку, в результате чего много металла теряется. Новые методы разделения с использованием электролиза (подобные применяемым при извлечении алюминия) находятся сейчас в стадии разработки, но ни один не оказался пока что

коммерчески успешным.

13. Lance Phillips and David Barbano, «The Influence of Fat Substitutes Based on Protein and Titanium Dioxide on the Sensory Properties of Low-fat Milks», *Journal of Dairy Science*, Vol. 80, No. 11, November 1997, p. 2726–2731.

14. В июне 1946 г. крупнейшее в мире месторождение ильменита открыто вблизи озера Аллард в провинции Квебек. Quebec Iron and Titanium Corporation была создана в августе 1948 г. в результате объединения Kennecott Copper и New Jersey Zinc Company. Титан чаще всего встречается в природе в виде ильменита (титанистого железняка) или рутила (оксида титана).

15. Ньютон разработал свою теорию к январю 1666 г., но не публиковал «Новую теорию света и цветов» в *Philosophical Transactions* вплоть до 1672 г.

16. По словам Хейдена, историка и художника XIX в., во время организованного им «обеда для бессмертных», на котором присутствовали Уильям Уордсворт, Чарльз Лэмб, Джон Китс и друг Китса Томас Монгхауз, Китс пошутил: Ньютон «разрушил всю поэтичность радуги, сведя ее к набору цветов, полученных с помощью призмы». Затем он предложил тост «за здоровье Ньютона и путаницу в математике». Опираясь на эту историю, Ричард Докинс написал книгу о взаимосвязях между наукой и искусством «*Unweaving the Rainbow*» (London: Penguin Books, 1998). Benjamin Robert Haydon, *The Autobiography and Memoirs of Benjamin Robert Haydon*: Vol. 1. London: Peter Davies, 1926, edited by Tom Taylor, p. 269.

17. Bernard Cohen, *Cambridge Companion to Newton*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002, p. 230.

18. Солнце излучает электромагнитные волны разной длины (в видимом спектре они соответствуют разным цветам) и разной интенсивности. Помимо видимого света, Солнце также излучает более короткие и более длинные электромагнитные волны, невидимые человеческому глазу. Наши глаза созданы так, что воспринимаемый ими диапазон длин волн, излучаемых Солнцем, соответствует длинам волн, излучаемых Солнцем с максимальной интенсивностью.

19. Солнце кажется нам золотистым, потому что атмосфера Земли действует подобно фильтру, рассеивая длинноволновое излучение синего края спектра (благодаря чему небо кажется голубым) и пропуская более короткие волны, соответствующие желтому и красному цветам.

20. Pilkington Glass впервые наладила коммерческий выпуск самоочищающихся оконных стекол в 2001 г.

21. Deyong Wu and Mingce Long, ‘Realizing Visible-Light-Induced Self-Cleaning Property of Cotton through Coating N-TiO₂ Film and Loading AgI Particles’, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2011, 3 (12), pp. 4770–4774.

22. Эти солнечные фотоэлементы, названные фотоэлементами Гретцеля по имени изобретателя Михаэля Гретцеля, – разновидность солнечных фотоэлементов на основе сенсibilизированных красок (DSC). Однако большинство солнечных фотоэлементов относятся к другому типу, и они изготавливаются из кремния. О них мы поговорим в следующей главе. См.: Gratzel Michael and O’Regan Brian. «A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films», *Nature*, Vol. 353, pp. 737–40 (24 October 1991).

23. Об использовании титана для изготовления ножей рассказал мне бывший офицер британской разведки, живший одно время в Москве и купивший такой набор.

1. Vannoccio Biringuccio, *Pirotechnia* (Cambridge, MA: MIT Press, 1966), p. 126. Бирингуччо был современником Агриколы. В «*De re metallica*» Агрикола пишет: «Недавно Ванноччо Бирингуччо из Сиены, мудрый человек, сведущий во многих делах, написал... о плавке металлов и изготовлении различных сплавов... читая его указания, я освежил в памяти воспоминания об этих процессах, которые наблюдал в Италии». В действительности он не просто освежил свои воспоминания, а скорее скопировал (и расширил) эти разделы в сочинении Бирингуччо. Однако «*De re metallica*» и «*Pirotechnia*» – совершенно разные тексты. Агрикола подробно описывает методы добычи полезных ископаемых, о которых в «*Pirotechnia*» говорится довольно кратко. Зато Бирингуччо сосредоточивается на извлечении металлов из руд и изготовлении металлических предметов. Например, он подробно рассказывает об изготовлении ружей и колоколов (позднее он занимался отливкой пушек и возведением оборонительных сооружений, в том числе и для Венецианской республики). Агрикола может считаться «отцом горнодобывающей промышленности», а Бирингуччо – «отцом литейной промышленности». Agricola, *De re metallica*, p. xxvii.

2. Biringuccio, *Pirotechnia*, p. 126. История об открытии стекла, пересказанная Агриколой и Бирингуччо, впервые была изложена Плинием (*Natural History*, c. AD 79).

3. Первыми предметами из стекла были бусы, имитирующие драгоценные камни; они были изготовлены в Египте в III тысячелетии до н. э. На Ближнем Востоке стекло научились делать приблизительно в 1600 г. до н. э.

4. Biringuccio, *Pirotechnia*, p. 126–127.

5. Вязкость вызвана трением между молекулами жидкости.

6. Стекло легко бьется потому, что не имеет жесткой кристаллической структуры.

7. «Черный слон из *pastra vitrea* с голубыми глазами, с бивнями и ногами». Куплен у торговца антиквариатом Клаудио Джанолло, San Marco 2766, 30112 Venezia.

8. Cappelletti Venini and Company была основана в 1921 г. и на следующий год выставила свои стеклянные изделия на Венецианской биеналле. В 1925 г. компания разделилась, и Мартинуцци стал директором вновь образованной Venini and Co.

9. Производство стекла было не единственной отраслью, которую предполагалось сосредоточить на определенной территории; переезд на Мурано был частью более широкого плана Венеции по консолидации промышленности.

10. Biringuccio, *Pirotechnia*, p. 130.

11. Agricola, *De re metallica*, p. 592.

12. Agricola, *De Natura Fossilium*. New York: Geological Society of America, 1955, p. 112. Перевод с первого издания на латыни 1546 г. Mark Chance Bandy и Jean A. Bandy.

13. Хрусталь впервые изготовлен приблизительно в 1450 г. мастером Анджело Беровьеро. Наличие в песке окиси железа и золы растений, которая часто использовалась в качестве флюсующего агента, придавало низкокачественному стеклу голубоватый или зеленоватый оттенок. Добавление нужного количества окиси марганца улучшало цвет стекла, но слабый желтоватый или сероватый оттенок все равно сохранялся. Муранские мастера использовали очень чистый кварц и максимально очищали растительную золу, чтобы по возможности удалить окись железа. После этого требовалось лишь небольшое количество окиси марганца для исключения нежелательного желтоватого оттенка. В

результате удавалось получить продукт, похожий на горный хрусталь. Кварц по атомному строению очень похож на хрусталь, так как оба состоят из кислорода и кремния приблизительно в пропорции 2:1. Но в кварце атомы образуют прочную кристаллическую решетку, а в стекле находятся в неупорядоченном состоянии, как в жидкости.

14. Чтобы получить отчетливое отражение, нужен плоский, тонкий и чистый кусок стекла. Его сделать трудно, и поэтому долгое время зеркала из полированного металла давали более четкое отражение, чем стеклянные. В Древней Греции и Древнем Риме смесь меди и олова или в некоторых случаях бронза использовались для изготовления маленьких зеркал для личного пользования.

15. Melchior-Bonnet Sabine. *The Mirror: A History*. New York: Routledge, 2001, p. 16–17.

16. Vannoccio Biringuccio в Melchior-Bonnet, *The Mirror*, p. 20.

17. Pendergrast Mark. *Mirror, Mirror* (New York: Basic Books, 2003 [ebook]), location 1813/5102.

18. Там же, location 1818/5102.

19. Melchior-Bonnet, *The Mirror*, p. 47.

20. Pendergrast, *Mirror, Mirror*, location 1844/5102.

21. В 1674 г. Джордж Равенскрофт научился изготавливать свинцовый хрусталь, добавив к кварцу окись свинца. Чистое, тяжелое стекло отражает свет под большим углом, чем обычное, в результате после огранки оно начинает играть, подобно бриллиантам. Английский свинцовый хрусталь вытеснил предметы из венецианского стекла. В 1674 г. посол Альберти отмечал: муранские стеклоделы, перебравшиеся в Лондон, «сидят без работы, умирают с голода или эмигрируют». См.: Patrick McCray, *Glassmaking in Renaissance Venice*. Aldershot, Ashgate, 1999, p. 163.

22. Джеймс Чанс – один из немногих выпускников Кембриджа, занявшихся бизнесом. Многие продолжали научную карьеру, другие становились священниками, военными или адвокатами. Все эти виды деятельности считались более уважаемыми, чем бизнес. Из тех, кто в 1830–1860-х гг. получил десять самых высоких оценок по математике, лишь 3 % пошли в бизнес. Та же картина наблюдалась и в Кембридже, когда я учился там в 1960-х гг. Однажды, за несколько недель до выпуска в 1969 г., я увидел Брайана Пиппарда, одного из самых знаменитых университетских профессоров, шедшего по направлению ко мне по Королевской аллее. Проходя мимо меня, он сказал своему коллеге: «Это Брауни. Он собирается стать капитаном индустрии. Разве это не забавно?» Карьера в бизнесе обычно рассматривалась студентами университета как напрасная растрата полученных знаний.

23. Chance согласилась купить права на производственную технологию Бонтама в обмен на получение 5/12 прибыли. Развитие патентного законодательства и способность прибыльно применять ноу-хау много значили для обеспечения конкурентного преимущества и внедрения инноваций. Бонтам был не слишком уверен в надежности патента, когда в 1844 г. писал Лукасу: «Обычно патент подходит только изобретателю, который не имеет собственного производства и хочет продать право на использование своего изобретения».

24. *Lancet*, Vol. 1, 22 February 1845, p. 214. London, John Churchill, 1845.

25. Fay Charles Ryle. *Palace of Industry, 1851: A Study of the Great Exhibition and Its Fruits*. Cambridge: Cambridge University Press, 1951, p. 16.

26. *The Times*, 2 May 1851. В кн.: Beaver Patrick, *The Crystal Palace*. Chichester, Phillimore, 1986, p. 41–42.

27. Там же.

28. The Times. В кн.: Beaver, The Crystal Palace, p. 37.

29. Бессемер изобрел новые способы изготовления стеклянных линз и листового стекла. Он также придумал новую отражательную печь, которая была продана компании Chance Glass.

30. Пакстон построил теплицу для гигантских амазонских лилий, выращиванием которых увлекался. Испытывая благоговейный восторг перед размерами этого растения – а диаметр их листьев превышает полтора метра, – он при проектировании теплицы использовал идею ребер жесткости, обеспечивавших прочность листьев лилий.

31. До того как Пакстон представил свое предложение, Строительный комитет планировал построить здание из кирпича и железа вчетверо длиннее собора Св. Павла с гигантским железным куполом в центре. Многие находили этот проект чудовищным. Представленный Пакстоном проект Хрустального дворца был столь же рациональным, сколь и эстетичным. Стекло дешевле кирпича, и монтаж стеклянных конструкций требовал меньше времени.

32. Chance Toby and Williams Peter, Lighthouses: The Race to Illuminate the World. London: New Holland Publishers Ltd, 2008, p. 108.

33. В 1854 г. Хрустальный дворец был перевезен – стойка за стойкой, окно за окном – на новое место в Сайденхем Хилл на юге Лондона. Но 30 ноября 1936 г. пожар, начавшийся в служебном помещении, быстро распространился по всему зданию. Полы и внутренние стены в нем были деревянными. Сегодня на этом месте не осталось ничего, кроме фундамента.

34. Punch, 2 November 1951. Журнал, который и предложил название «Хрустальный дворец», продолжал: «Мы будем разочарованы, если следующее поколение лондонских детей не будет возвращаться, подобно огурцам под стеклянной крышей» (Chance and Williams, Lighthouses, p. 109).

35. Разрезание цилиндрического стекла было механизировано в конце XIX в. Этот метод позволял получать листы стекла длиной до 13 метров и шириной почти 2,5 метра. В Великобритании механическое выдувание стекла с использованием сжатого газа впервые использовала Pilkingtons в 1909 г.

36. Ленточное стекло стало производиться за несколько десятилетий до изобретения Пилкингтона. Pilkington Glass разработала этот процесс в начале XX в. совместно с Генри Фордом, стремившимся снизить себестоимость своих автомобилей. Однако ленточное стекло все равно требовало шлифовки и полировки.

37. Небоскреб Shard («Осколок»). Открытие его в Лондоне (июль 2012 г.) сопровождалось грандиозным лазерным шоу.

38. The Music Lesson, Hiroshi Sugimoto (1999), из коллекции автора.

39. Miller Jonathan. On Reflection: An Investigation of Artists' Use of Reflection Throughout the History of Art. New Haven, Yale University Press, 1998, p. 124.

40. Republic (X, 596) in Melchior-Bonnet, The Mirror, p. 104.

41. Стеклянные линзы, названные так по причине сходства с зернами чечевицы (по латыни lenses), продавались изготовителями очков с середины XIV в., но телескоп был изобретен только 100 лет спустя. В октябре 1608 г. Генеральные штаты Гааги получили от Ханса Леппрсхея заявку на патент на инструмент, «позволяющий видеть удаленные предметы так, как если бы они находились вблизи». См.: Patent Application of Hans Lippershey, 2 October 1608. The Hague, Algemeen Rijksarchief, MSS «Staten-Generaal», Vol. 33, f. 178v.

42. Hoskin Michael. The Cambridge Concise History of Astronomy. Cambridge: Cambridge University Press, 1999, p. 112.
43. Nicolaus Copernicus, De revolutionibus, 1543. Наряду с наблюдениями Галилея точные астрономические наблюдения Тихо Браге, установившего новые стандарты в астрономической науке XVI в., и новые законы движения планет, сформулированные Иоганном Кеплером, имели решающее значение для разработки гелиоцентрической модели Вселенной.
44. Сформулированный Галилеем принцип инерции давал объяснение этой «проблеме». Тело, движущееся с постоянной скоростью, будет продолжать двигаться с этой скоростью до тех пор, пока не испытает внешнего воздействия. Так как Земля и все находящееся на ней движется с постоянной скоростью, то воздействия какой-либо силы не ощущается.
45. Hoskin, The Cambridge Concise History of Astronomy, p. 122.
46. Стекло отклоняет или преломляет лучи разного цвета в разной степени. Вот почему стеклянная призма Ньютона давала на стене изображение радуги. Чтобы изображение было получено близко к линзе, свет должен преломляться сильнее с использованием более искривленной, а значит, и толстой линзы. Но она также увеличивает расхождение преломляемых лучей разного цвета (разной длины волны), в результате чего получается размытое изображение. Использование более тонких и менее искривленных линз дает более четкое изображение, но увеличение фокусного расстояния линз означает необходимость увеличения длины трубы телескопа.
47. Гершель понял, что телескопы собирают свет «пропорционально своим апертурам, так что телескоп с увеличенной вдвое апертурой будет проникать в пространство вдвое дальше». Яркость звезды быстро снижается по мере увеличения расстояния от Земли, и поэтому зеркало, собирающее больше света, позволяет увидеть более удаленные звезды. Pendergrast, Mirror, Mirror, location 2024/5102.
48. Pendergrast, Mirror, Mirror, location 2024/5102.
49. Многие телескопы Гершель изготовил не из посеребренного стекла, а из зеркальной бронзы – хрупкого сплава, состоящего преимущественно из меди и олова.
50. The Great Art of Light and Shadow (1646), в Frank Kryza, The Power of Light. New York, McGraw-Hill, 2003, p. 36.
51. Многие историки уверены, что это не более чем легенда. Проводились даже экспериментальные попытки повторить процесс, но даже при ярком сицилийском солнце бронзовые щиты в качестве отражателей вряд ли могли причинить серьезный вред деревянным вражеским кораблям.
52. Он использовал то же зеркало, чтобы плавить золотые дукаты. Biringuccio, Pirotechnia, p. 387.
53. Проект Леонардо предполагал использование мозаики из посеребренных кусков стекла, уложенных на вогнутое дно котлована. В примечании он писал: «С помощью этого устройства можно передавать тепло любому резервуару для нагревания воды на красильной фабрике. И благодаря такому способу нагревания в резервуаре всегда будет горячая вода». Kryza, The Power of Light, p. 57. См. также рисунки в альбоме Леонардо.
54. Сын Бессемера, в кн.: Bessemer, An Autobiography, p. 36.
55. Нагревательный резервуар Шумана удерживал тепло, подобно теплице. Стекло удерживает тепло, потому что прозрачно для электромагнитных волн видимого спектра, которые Солнце излучает с высокой интенсивностью, но зато оно не пропускает более

длинные волны инфракрасного спектра, исходящие преимущественно от поверхности Земли. Свет проходит через стекло и поглощается землей. Когда энергия направляется обратно в виде инфракрасного излучения, она не может пройти сквозь стекло, которое таким образом удерживает тепло.

56. Kryza, *The Power of Light*, p. 11.

57. Becquerel A. E. «Memoire sur les effets electriques produits sous l'influence des rayons solaires», *Comptes Rendus*, 9, p. 560–567 (1839).

58. Деятельность Пирсона и Фуллера в Белловских лабораториях первоначально не была направлена на создание фотоэлектрического элемента: они пытались изготовить более совершенный кремниевый транзистор.

59. Yergin, *The Quest*, p. 570.

60. Кремний, как и углерод, имеет четыре электрона во внешней оболочке и поэтому устанавливает связи с собой, образуя кристалл, подобно тому как атомы углерода образуют связи между собой, в результате чего создается алмаз. Чтобы выбить электроны из этой кристаллической структуры, требуется большая энергия, и поэтому, так как электрический ток представляет собой поток электронов, чистый кремний способен в лучшем случае проводить очень слабый ток. Лучший полупроводник может быть создан посредством «добавления» кристалла с атомами других элементов. Либо эти атомы будут добавлять дополнительные электроны в кристалл, либо будут действовать как «дырки», в которые могут попадать электроны, в результате чего протекает более сильный ток. Если в полупроводнике избыток электронов, он называется полупроводником n-типа (n – от negative), если же избыток дырок, то полупроводником p-типа (p – от positive). Солнечный фотоэлемент состоит из слоя кремния n-типа, помещенного между двумя слоями кремния p-типа. Электрическое поле создается между отрицательными свободными электронами и положительными свободными дырками. Когда фотон поглощается солнечным фотоэлементом, он разбивает пару электрон-дырка на свободный электрон и свободную дырку, которые затем движутся в противоположные стороны устройства под воздействием электрического поля. Этот поток может использоваться как источник электрической энергии.

61. Кремний – важный инструмент для возобновляемого и не возобновляемого аспекта перехода. Сланцевый газ высвобождается из породы под воздействием песка (диоксида кремния) и воды под высоким давлением.

62. «Vast Power of the Sun Is Tapped By Battery Using Sand Ingredient», *New York Times*, 26 April 1954.

63. IBM 11230, Initial Press Release, IBM Data Processing Division, 11 February 1965.

64. В 2002 г. было проведено беспрецедентное исследование на месторождении Тандер Хорс, позволившее получить около 28 терабайт информации, что в миллиард раз больше, чем память IBM 1130. На обработку этой информации компьютерным центром ВР в Хьюстоне ушло около месяца, но всего двумя годами ранее потребовалось бы два года.

65. В электровакуумной лампе горячие катодные нити эмитируют электроны, затем притягивающиеся анодной пластиной, на которую подается положительное напряжение. Так как анод холодный и поэтому не эмитирует электронов, ток течет только в одном направлении. Если сетку, на которую подается отрицательное напряжение, поместить между катодной нитью и положительным анодом, то электроны будут отклоняться, и ток не потечет. Уберите напряжение с сетки, и ток потечет, как прежде. Включение и выключение

напряжения на сетке, расположенной между катодом и анодом, позволяет применять электровакуумную лампу как клапан. Электровакуумная лампа может использоваться также как усилитель электрического сигнала, поданного на сетку.

66. Интерес к полупроводникам возник у Шокли во время Второй мировой войны, когда он разрабатывал технологию детектирования электромагнитных волн. Во время войны Шокли также оказывал влияние на решение сбросить атомные бомбы на Хиросиму и Нагасаки, так как участвовал в подготовке отчета о вероятных людских потерях в случае вторжения на Японские острова.

67. Бардин и Бреттен использовали проводящую жидкость для создания на поверхности электрического поля, разрушавшего эту поверхность и делавшего движение электрического тока невозможным.

68. Название транзистор (transistor) образовано из слов «transfer resistor», то есть передающий резистор. Вскоре после изобретения транзистора Бреттен попросил одного из своих сотрудников, Джона Пирса, зайти к нему в кабинет. Ему был задан вопрос о возможном названии нового устройства. Пирс вспоминал: «В тот момент или немного позже я подумал, что электровакуумные лампы обладают транспроводимостью, а транзисторы будут обладать транссопротивлением... Существовали резисторы, и индукторы, и другие твердые составляющие, конденсаторы и сердечники, по-видимому, присутствовали во всех типах электронных приборов. От транссопротивления я пришел к транзистору». См.: Shurkin, Broken Genius [ebook], location 1889/5785.

69. Транзисторы изготавливаются посредством соединения трех полупроводниковых слоев, либо pnp, либо npn (см. примечание 60). Нижний слой служит источником заряженных носителей, верхний действует как выпускное устройство заряженных носителей, а средний – как канал, через который иногда могут двигаться заряженные носители. Когда источник и выход подсоединены к батарее, ток не может течь через полупроводниковые слои. Например, в npn-транзисторе электроны будут двигаться только от отрицательного полюса батареи в полупроводник n-типа; положительный полюс батареи и другой полупроводник p-типа, которые замыкают цепь, являются положительно заряженными, и поэтому заряды будут отталкиваться, а значит, не потечет никакого тока. Однако если вы инжектируете какое-то количество электронов в средний слой вашего полупроводникового «сэндвича» через «ворота», электроны начнут движение в полупроводник p-типа, и появится слабый ток. Этот слабый ток действует как клапан, который позволяет более сильному току течь через канал, усиливая исходный сигнал. Получается, что транзистор работает и как клапан, и как усилитель.

70. Fortune, March 1953, p. 129, в Joel Shurkin, Broken Genius. London: Macmillan, 2006, p. 120.

71. В то время германий требуемой чистоты был доступнее кремния. Первый кремниевый транзистор создан не раньше 1954 г. и быстро доказал свою эффективность. Кремниевые транзисторы работают при высоких температурах, что крайне важно для военной техники, в которой применялись первые полупроводниковые устройства.

72. Fortune, March 1953, p. 128.

73. Шокли писал: «Я испытал разочарование от того, что усилия, которые я начал предпринимать восемь лет тому назад, не привели к значительному результату». Раздраженный Шокли приступил к разработке нового, более совершенного транзистора. Он сумел создать его несколько месяцев спустя. «Плоскостной транзистор» – предшественник

практически всех транзисторов, используемых в наши дни. См.: Shurkin, Broken Genius, p. 107–108.

74. Lecuyer Christophe. Making Silicon Valley: Innovation and Growth of High Tech, 1930–1970. Cambridge, MA: MIT Press, 2006, p. 133.

75. На заводах по производству полупроводниковой техники сотни женщин в рабочих халатах вручную припаивали провода для подсоединения транзисторов.

76. Fairchild столкнулась с проблемой, связанной с хрупкостью транзисторов: достаточно надавить заточенным карандашом, чтобы транзистор перестал работать. Джин Хорни решил эту проблему, когда обнаружил: оксидный слой, обычно смываемый с полупроводника, способен защитить его поверхность от внешних воздействий. Он продемонстрировал свое открытие коллегам, просто плюнув на поверхность полупроводника.

77. Leslie Berlin, The Man Behind the Microchip. Oxford: Oxford University Press, 2005, p. 108.

78. Сначала никто не знал, как это сделать, и многие не предполагали, что за этой идеей будущее: она требовала таких кардинальных изменений в производственном процессе, что первые интегральные схемы оказались бы очень дорогими. Только военные были готовы платить больше за незначительное снижение веса и повышение надежности. Однако Нойс видел: идея способна произвести революцию в компьютерной индустрии, и продолжал поддерживать усилия по созданию интегрального чипа в Fairchild. Постепенно перспектива стала понятна многим. Нойс рассматривал свое изобретение скорее как прорыв в решении проблемы, чем как новую научную дисциплину. Всякий раз на вопрос о том, когда он получит Нобелевскую премию, он саркастически отвечал: «Они не дают Нобелевскую премию за инженерную деятельность или реальную работу». Надеюсь, эта ситуация скоро изменится после недавнего учреждения комитета по вручению Премии королевы Елизаветы за инженерные разработки, председателем которого я являюсь. Нойс так никогда и не получил Нобелевской премии, но, несомненно, был бы достоин разделить ее с Джеком Килби, если бы дожил до 2000 г. www.qeprize.org. Berlin, The Man Behind the Microchip, p. 110.

Сегодня интегральные чипы изготавливаются методом фотолитографии. Тонкая кремниевая подложка покрывается слоем диэлектрика – двуокиси кремния, поверх которого наносится слой защитного фоточувствительного материала. Когда ультрафиолетовое излучение направляется на этот материал, защитный слой разрушается и может быть удален. Специальная маска используется, чтобы ультрафиолет попадал только на те части чипа, где должны быть напечатаны элементы схемы. После того как защитный слой смывается, специальные химикаты используются для удаления двуокиси кремния в тех же областях, в результате чего обнажается расположенная в самом низу кремниевая подложка. Электрические свойства кремния могут теперь изменяться в качестве первого шага на пути к изготовлению транзистора. Например, к кремнию могут быть добавлены атомы других элементов для создания одного слоя pnp- или pnp-перехода (см. примечание 60). Этот процесс повторяется для одновременного создания всех компонентов схемы. Когда все компоненты чипа готовы, тонкий слой металла наносится сверху. Затем он удаляется так, чтобы все компоненты оказались соединены между собой требуемым образом. Это делается с использованием другого фоточувствительного слоя и другой маски, которая на этот раз имеет вид соединительных «проводов». Сложные схемы требуют нескольких слоев компонентов и металлических «проводов».

79. Berlin, The Man Behind the Microchip, p.100.

80. За тот же период мировой бизнес по производству кремниевых транзисторов, сосредоточенный в США, вырос с 32 млн долл. до почти 90 млн долл.

81. Для ограничения тока в цепи использовался резистор, а конденсаторы применялись для накопления электрической энергии. Вместе с транзисторами это главные компоненты для создания логических вентилях.

82. Закон Мура – в действительности не закон, а результат наблюдения за этапами развития полупроводниковой промышленности. Фактически достоверность закона Мура отчасти поддерживает сама себя. Фирмы в высококонкурентной компьютерной индустрии осознают, что для выживания они обязаны, по крайней мере, двигаться в этом темпе. В действительности же число компонентов на чипе удваивается каждые полтора года, а не каждый год, как первоначально было установлено Муром.

83. «Cramming More Components Onto Integrated Circuits», Electronics magazine, 1965, в кн.: David C. Brock. Understanding Moore's Law: Four Decades of Innovation. Philadelphia: Chemical Heritage Press, 2006, p. 55.

84. Andrew Grove, Only the Paranoid Survive. London: HarperCollins, 1997.

85. Там же, с. 30.

86. Информация кодируется в частицах света, называемых фотонами, и затем передается по оптоволоконным кабелям. Для передачи светового сигнала на большие расстояния без заметного снижения интенсивности должны использоваться мощные лазеры. Именно изобретение таких лазеров, а не оптических стеклянных волокон, существовавших уже довольно давно, позволило в 1970-х гг. создать системы оптоволоконной связи.

87. Kurzweil Ray. The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology. London, Duckworth, 2005, p. 7.

88. Shulman Ari. «Why minds are not like computers». New Atlantis, Winter 2009.

89. Gordon Moore, «Moore's Law at 40», в кн.: Brock, Understanding Moore's Law, p. 6.

90. Мы всё быстрее создаем информацию и на персональных компьютерах, и в больших центрах сбора данных или научно-исследовательских институтах (таких как Большой адронный коллайдер в ЦЕРН, создающий 15 000 000 гигабайт данных каждый год). Медь с трудом справляется с таким огромным потоком данных, так как требуемое количество электронов не может достаточно быстро перемещаться на большие расстояния. Например, крупные центры по сбору данных сталкиваются с проблемой низкой производительности передающих мощностей, поскольку продолжают использовать для передачи данных проводные линии связи из меди. В настоящее время центры обработки и хранения информации должны находиться близко друг от друга, так как медные кабели могут передавать данные лишь на относительно короткие расстояния. Устройства кремниевой фотоники позволяют разнести эти центры в пространстве, чтобы все процессоры, являющиеся основными источниками выделения тепла в компьютере, могли бы быть размещены в одном месте. В результате удалось бы значительно сократить затраты энергии на охлаждение системы.

91. Назван по имени архитектора-футуриста Бакминстера Фуллера (Buckminster Fuller), поскольку напоминает по форме некоторые его проекты.

92. Прочность графена обусловлена прочностью связей между атомами углерода и гибкостью этих связей, что позволяет растягивать лист графена так, чтобы увеличить исходный размер в пять раз, не вызывая нарушений структуры.

93. В двумерном графене электроны могут перемещаться только в горизонтальной плоскости. Перемещений электронов по вертикали не происходит. Это значительно снижает интенсивность, с которой электроны рассеивают друг друга. Поток электронов на поверхности графена похож на движение машин по автостраде. Большое число электронов, которые могут двигаться с высокой скоростью, или так называемая «баллистическая кондукция», обеспечивает графену исключительно высокую электро- и теплопроводность.

94. Интервью с Новоселовым, 19 марта 2012 г.

95. Novoselov K. S. and Geim A. K. et al., «Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films», Science, 306, p. 666 (2004).

95. Novoselov K. S. and Geim A. K. et al., «Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films», Science, 306, p. 666 (2004).

97. Электрический ток возникает в графене тогда, когда он поглощает фотоны. Если найти способ использовать этот ток, то графен можно было бы применять для производства солнечных батарей.

98. Это так называемый цикл обмана Гартнера. После начального возбуждения, вызванного новым открытием, обычно наступает «жестокое разочарование», прежде чем начнется период умеренного применения открытия.

99. Большинство дисплеев изготавливаются из диэлектрика (стекла), покрытого тонким слоем прозрачного электропроводящего материала. Электрический ток течет по проводнику. Тело человека проводит электричество, поэтому, когда вы касаетесь экрана, какой-то ток направляется к точке контакта, изменяя общий ток, текущий по экрану. Изменение тока измеряется сенсорными датчиками, расположенными по краям экрана, и интерпретируется компьютером. Вот почему дисплеи не работают, когда вы касаетесь их рукой, одетой в перчатку из изолирующего материала. Большинство сенсорных дисплеев изготавливаются с использованием оксида индия – олова, но этот материал дорогой и непрочный. Графен – тонкий, износостойкий, обладает высокой электропроводностью, и поэтому из него могут быть изготовлены более дешевые и износостойкие сенсорные дисплеи с более высоким быстродействием.

Власть, прогресс и разрушение

1. Agricola, De re metallica, p. 18.

2. Lieutenant General Brehon Somervell, Commanding General of the Army Services of Supply (во времена службы под началом Гроувза был полковником). Leslie Groves, Now It Can be Told (New York: De Capa Press, 1962), p. 4.

Благодарности

1. «Unpacking my library; A talk about book collecting». Walter Benjamin. Illuminations (New York: Schocken Books, 1969). Я благодарен Дарио Микеле Зорза за предоставление этой ссылки.

Bragg W. H. Concerning the Nature of Things. London: G. Bell & Sons Ltd, 1925.

Browne John. Beyond Business. London: Weidenfeld & Nicolson, 2010.

Diamon Jared. Guns Germs and Steel. London: Jonathan Cape, 1997.

Feynman Richard. The Meaning of It All. London: Penguin Books, 1998.

Железо

Карнеги Э. Автобиография. Евангелие богатства. М.: Попурри, 2014.

Ashton T. S. The Industrial Revolution. Oxford: Oxford University Press, 1968.

Batty Peter. The House of Krupp. London: Secker & Warburg, 1966.

Bessemer Henry. Sir Henry Bessemer, F.R.S.: An Autobiography. London: Office of Engineering, 1905.

Bismark Otto von. Blut und Eisen. 1862.

Bodsworth C. Sir Henry Bessemer: Father of the Steel Industry. London: IOM Communications Ltd, 1998.

BP. «Building the Big One» // Frontiers, April 2005. www.bp.com.

Carnegie A. The «Gospel of Wealth» and Other Writings. New York: Penguin Books, 2006.

Gillingham John. Coal, Steel and the Rebirth of Europe, 1945–1955. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

Harris F. R. Jamsetji Nusserwanji Tata. Oxford: Oxford University Press, 1925.

Hennessy Peter. Never Again. London: Jonathan Cape, 1992.

Hillstrom K. H. and Hillstrom L. C. The Industrial Revolution in America, Vol. 1: Iron and Steel. California: ABC-Clío, 2005.

Hogg Ian V. German Artillery of World War Two. London: Greenhill Books, 1997.

Howard Michael. The Franco-Prussian War. London: Routledge, 2000.

Jeans W. T. Creators of the Steel Age. London: Chapman & Hall, 1884.

Kraus Peter. Carnegie. New Jersey: Wiley, 2002.

Krause P. The Battle for Homestead. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1992.

Lala R. M. The Creation of Wealth. New Delhi: Penguin Portfolio, 2006.

Landau S. B. and Condit C. W. Rise of the New York Skyscraper 1865–1913. New Haven: Yale University Press, 1996.

Manchester William. The Arms of Krupp. London: Michael Joseph, 1968.

Manvell R. and Fraenkel H. Adolf Hitler, The Man and the Myth. New York: Pinnacle, 1973.

Mills Charles. Echoes of the Civil War: Key Documents of the Great Conflict. BookSurge Publishing, 2002.

Mindell David. Iron Coffin: War, Technology and Experience Aboard the USS Monitor. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2000.

Morris C. The Tycoons. New York: Times Books, 2005.

Nasaw David. Andrew Carnegie. New York: The Penguin Press, 2006.

Needham J. and Wagner Donald B. Science and Civilisation in China, Vol. 5, Part 11. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

Parker William. Recollections of a Naval Officer. Annapolis: Naval Institute Press, 1985, originally published in 1883.

Roberts William. Civil War Ironclads. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2002.

Schuman Robert. The Schuman Declaration, 9 May 1950.

Sen Amartya. The Argumentative Indian. London: Penguin Books, 2006.

Sparberg Alexiou Alice. The Flatiron. New York: Thomas Dunne Books, 2010.

Wagner Donald B. «The cast iron lion of Cangzhou». Needham Research Institute newsletter, No. 10. June 1991. P. 2–3.

Wawro Geoffrey. The Austro-Prussian War. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

Weeks Mary Elvira. Discovery of the Elements. Kessinger Publishing, 2003; first published as a series of separate article in the Journal of Chemical Education, 1933.

Углерод

Мальтус Томас. Опыт о законе народонаселения. Петрозаводск: Петроком, 1993.

Норвич Джон. История Венецианской республики. М.: АСТ, 2010.

Поппер Карл. Логика и рост научного знания. М.: Прогресс, 1983.

Рикардо Давид. Принципы политической экономии и налогообложения // Экономическая теория: хрестоматия. М.: ВШЭ, 2000.

Форд Генри. Моя жизнь, мои достижения. М.: Финансы и статистика, 1989.

Agricola Georgius. De re metallica. New York: Dover Publications, 1950, translated by Hoover H. C. and Hoover L.H., originally published in 1556.

Agricola Georgius. De Natura Fossilium. New York: Geological Society of America, 1955, translated from the first Latin edition of 1546 by Mark Chance Bandy and Jean A. Bandy.

AOGHS. «Shooters – A “Fracking” History». The Petroleum Age, American Oil and Gas Historical Society, 4 (3): 8–9.

Bamberg J. H. The History of the British Petroleum Company, Vol. 1: 1901–1932. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.

Bamberg J. H. The History of the British Petroleum Company, Vol. 2: 1928–1954. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

Bamberg James. British Petroleum and Global Oil. Vol. 3: 1950–1975. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

Berger Michael. The Automobile in American History and Culture. London: Greenwood Press, 2001.

Blundell S. J. and Blundell K. M. Thermal Physics. Oxford: Oxford University Press, 2007.

Briggs Asa. Victorian Cities. New York: Harper & Row, 1963.

Brown G. O. «Henry Darcy and the making of a law». Water Resources Research, Vol. 38. No. 7, 1106, 10.1029/2001WR000727, 2002.

Browne John. Addressing Climate Change, 1997. www.bp.com.

Chernow Ron. Titan. New York: Random House, 1998.

Crowther James. The Cavendish Laboratory. London: Macmillan, 1974.

- Club of Rome*. The Limits of Growth. London: Earth Island Limited, 1972.
- Cullen W. D.* «The public inquiry into the Piper Alpha disaster». London: HMSO, 1990.
- Darcy H.* Les Fontaines Publiques de la Ville de Dijon. Paris: Dalmont, 1856.
- DHOS*. Deep Water: Report to the President. National Commission on the Deepwater Horizon Oil Spill and Off shore Drilling, January 2011.
- Edkins Joseph*. The Religious Condition of the Chinese. London: Routledge, 1859.
- Engels Friedrich*. The Condition of the Working Class in England. Oxford: Basil Blackwell, 1958; translated and edited by W. O. Henderson and W. H. Chaloner.
- Flinn Michael and Stoker David*. The History of the British Coal Industry. Vol. 2: 1700–1830: The Industrial Revolution. Oxford: Clarendon Press, 1984.
- Forbes Robert*. Studies in Early Petroleum Histories. Leiden: E. J. Brill, 1958.
- Franklin Benjamin*. Of the stilling of waves by means of oil. Philosophical Transactions 64: 445–460, 448, 1774.
- Freeland Chrystia*. Sale of the Century. London: Abacus, 2005.
- Frick Thomas C.* Petroleum Production Handbook. New York: McGraw-Hill, 1962.
- Friedman Thomas*. Hot, Flat and Crowded. London: Allen Lane, 2008.
- Giddens Anthony*. The Politics of Climate Change. Cambridge: Polity Press, 2011.
- Global Witness*. A Rough Trade. London, 1998.
- Global Witness*. Crude Awakening. London, 1999.
- Goodell Jeff*. Big Coal. New York: Houghton Miffl in Company, 2006.
- Hardin G.* «The Tragedy of the Commons» Science 162(3856): 1243–1248, 1968.
- Hart Matthew*. Diamond. London: Fourth Estate, 2002.
- Helm Dieter*. The Economics and Politics of Climate Change. Oxford: Oxford University Press, 2009.
- Hubbert M. K.* Nuclear energy and the Fossil Fuels. Drilling and Production Practice, American Petroleum Institute, 1956.
- International Energy Agency*. Cleaner Coal in China. OECD, 2009.
- International Energy Agency*. World Energy Outlook. 2011.
- IPCC*. Third Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001.
- IPCC*. Fourth Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.
- Jevons W. S.* The Coal Question. 1865.
- Jianjun Tu*. Coal Mining Safety: China's Achilles' Heel. China Security, Vol. 3. No. 2, pp. 36–53. World Security Institute, 2007.
- Kurlansky Mark*. Salt: A World History. London: Jonathan Cape, 2002.
- Lane Frederic*. Venice: A Maritime Republic. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1973.
- Levi Primo*. The Periodic Table. London: Penguin Books, 2000; originally published in 1975.
- Levine Steve*. The Power and the Glory. New York: Random House, 2007.
- McLaurin John J.* Sketches in Crude Oil – Some Accidents and Incidents of the Petroleum Development in all parts of the Globe. 1896.
- Montgomery C. T. and Smith M. B.* Hydraulic Fracturing, History of an Enduring Technology. Journal of Petroleum Technology. December 2010.
- More Charles*. Understanding the Industrial Revolution. London: Routledge, 2000.
- Morris Ian*. Why the West Rules for Now. London: Profile Books, 2010.
- Needham Joseph*. Science and Civilisation in China. Vol. 1. Cambridge: Cambridge University Press, 1954.

- Needham Joseph.* Science and Civilisation in China. Vol. 5, Part 7. Cambridge: Cambridge University Press, 1986.
- Needham Joseph and Golas Peter J.* Science and Civilisation in China. Vol. 5, Part 13. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- Nevins Allan.* Ford: The Times the Man, the Company. New York: Charles Scribner's Sons, 1954.
- Peebles Malcolm W. H.* Evolution of the Gas Industry. London: Macmillan Press, 1980.
- Pomeranz Kenneth.* The Great Divergence: China, Europe, and the Making of the Modern World Economy. Princeton: Princeton University Press, 2000.
- Rackley S.* Carbon Capture and Storage. Amsterdam: Elsevier, 2010.
- Roston Eric.* The Carbon Age. New York: Walker & Co., 2008.
- Schlumberger.* Prize Beneath the Salt. Oilfield Review, Autumn 2008.
- Schlumberger.* Has the Time Come for EOR? Oilfield Review, Winter 2010/2011.
- Shepherd R. and Ball J.* Liquefied Natural Gas from Trinidad and Tobago: The Atlantic LNG Project. James A. Baker III Institute for Public Policy. Energy Forum, 2004.
- Skinner S. K. and Reilly W. K.* The Exxon Valdez Oil Spill: A Report to the President. 1989.
- Song Ligang and Woo Wing Thye.* China's Dilemma. Anu E Press, Asia Pacific Press, Bookings Institution Press, Social Science Academic Press, 2008.
- Tarbell Ida.* Character Study Part One. McClure's Magazine, July 1905.
- Tarbell Ida.* History of the Standard Oil Company. New York: Philips & Co. 1904.
- Tocqueville Alexis de.* Journeys to England and Ireland. New York: Anchor Books, 1968; edited by J. P. Meyer, originally published in 1835.
- UNFCC.* Kyoto Protocol. United Nations Framework on Climate Change, 1997.
- Victor David et al.* Natural Gas and Geopolitics from 1970 to 2040. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
- Watts Stephen.* The People's Tycoon. New York: Alfred A. Knopf, 2005.
- Werrett Simon.* Fireworks: Pyrotechnic Arts and Sciences in European History. Chicago: University of Chicago Press, 2010.
- Whiteshot Charles Austin.* The Oil-well Driller: A History of the World's Greatest Enterprise, the Oil Industry. West Virginia: The Acme Publishing Company, 1905.
- Winchester Simon.* Bomb, Book and Compass. London: Penguin Books, 2009.
- World Bank.* The Cost of Pollution in China. 2007.
- Yergin Daniel.* The Prize. New York: Free Press, 2009; originally published in 2001.
- Yergin Daniel.* The Quest. London: Allen Lane, 2011.
- Zoellner Tom.* The Heartless Stone. New York: Picador, 2006.

Золото

- Ball Phillip.* The Elements: A Very Short Introduction. Oxford: Oxford University Press, 2004.
- Bernstein Peter.* The Power of Gold. New York: John Wiley & Sons, 2000.
- Brands H. W.* The Age of Gold. London: Arrow, 2006.
- Bray Warwick.* The Gold of El Dorado. London: Royal Academy, 1978.
- Browning Peter.* Bright Gem of the Western Seas. Lafayette, CA: Great West Books, 1991.
- Caughey John Walton.* California Gold Rush. Berkeley: University of California Press, 1975.

- Davies Glyn.* A History of Money. Cardiff: University of Wales Press, 2002.
- Eichengreen Barry and Flandreau Marc.* The Gold Standard in Theory and History. London: Routledge, 1997.
- Emmerich Andrü.* Sweat of the Sun and Tears of the Moon. Seattle: University of Washington Press, 1965.
- Hammer B. and Norskov J. K.* Why gold is the noblest metal of all. *Nature*, Vol. 376, 20 July 1995.
- Hammond Innes.* The Conquistadors. London: Collins, 1986.
- Hemming John.* The Search for El Dorado. London: Michael Joseph, 1978.
- Holliday J. S.* The World Rushed In. London: Victor Gollancz, 1983; first published in 1981.
- Keynes J. M.* Essays in Persuasion. London: Macmillan, 1984, originally published in 1931.
- Labbü Armand.* Colombia Before Columbus. New York: Rizzoli, 1986.
- Lane Frederic and Mueller Reinhold.* Money and Banking in Medieval and Renaissance Venice, Vol. 1. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1985.
- Lapiner Alan.* Pre-Colombian Art of South America. New York: Harry N. Abrams, 1976.
- Levenson Thomas.* Newton and the Counterfeiter. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2009.
- Marx Jennifer.* The Magic of Gold. New York: Doubleday & Co., 1978.
- Museo del Oro, El Dorado: The Gold of Ancient Colombia. New York: Graphic Society, 1975.
- Pemberton John.* Conquistadors. London: Futura, 2011.
- Ramage Andrew and Craddock Paul.* King Croesus Gold. London: British Museum Press, 2000.
- Rawls J. J. & Orsi R. J.* Mining and Economic Development in Gold Rush California. Berkeley: University of California Press, 1999.
- Rouillard Patrick,* Colombia. Publisher unknown, in EJPB library.
- Salgado Sebastizo.* Workers. London: Phaidon Press, 2003.
- Shaw Ian and Nicholson Paul.* The British Museum Dictionary of Ancient Egypt. London: British Museum Press, 1995.
- Sutherland C. H.* Gold: Its Beauty, Power and Allure. London: Thames & Hudson, 1959.
- Sykes Ernest.* Banking and Currency. London: Butterworth & Co., 1932.
- Stahl Alan. Zecca.* Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2000.
- Weatherford Jack.* A History of Gold and Money. London: Pierre Vilar, 1976.
- Wood Michael.* Conquistadors. London: BBC Books, 2000.

Cepeópo

- Bakewell Peter.* Miners of the Red Mountain: Indian Labor in Potosí 1545–1650. Albuquerque: University of New Mexico Press, 1984.
- Cartier-Bresson Henri.* The Decisive Moment. New York: Simon & Schuster, 1952.
- Coe Brian.* George Eastman and the Early Photographers. London: Priory Press, 1973.
- Coe Brian.* Kodak Cameras: The First 100 Years. Hove: Hove Foto, 1988.
- Davy H.* An account of a method of copying paintings upon glass, and of making profiles, by the agency of light upon nitrate of silver. Invented by T. Wedgwood, Esq. With observations by H. Davy. *Journals of the Royal Institution of Great Britain*, 1, pp. 170–174, p. 172 (1802).
- Fay Stephen.* The Great Silver Bubble. London: Hodder & Stoughton, 1982.
- Ferry Stephen.* I Am Rich Potosí. New York: Monacelli Press, 1999.

- Fox Talbot, William Henry.* The Pencil of Nature. Chicago: KWS Publishers, 2011. (London: Longman, Brown, Green & Longmans, 1844).
- Fox Talbot W. H.* Some Account of the Art of Photogenic Drawing, or the Process by Which Natural Objects May Be Made to Delineate Themselves without the Aid of the Artist's Pencil. Read to the Royal Society on 31 January 1839.
- Friedman Milton.* Money Mischief. New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1992.
- Frizot Michael.* A New History of Photography. Milan: Künemann, 1998.
- Gandha Enrique de.* Historia crn tica de los mitos de la conquista Americana. Buenos Aires, 1929.
- Gernsheim Helmut.* The Origins of Photography. London: Thames & Hudson, 1982.
- Guilbert John.* The Geology of Ore Deposits. New York: Freeman, 1986.
- Habashi Fathi.* Niece De Saint-Victor and the Discovery of Radioactivity. Bull. Hist. Chem., Vol. 26, No. 2, 2001.
- Hanke Lewis.* The Imperial City of Potosí. The Hague: Martinus Nijhoff, 1956.
- Howgego Christopher.* Ancient History from Coins. London: Routledge, 1995.
- Hurt Harry.* Texas Rich. New York: W.W. Norton & Company, 1981.
- Kagan Donald.* The Peloponnesian War. London: Harper Perennial, 2005.
- Kraay Colin M.* Archaic and Classical Greek Coins. London: Methuen & Co. Ltd, 1966.
- Lindgren Waldemar and Creveling J. G.* The Ores of Potosi, Bolivia. Economic Geology, Vol. XXIII, No. 3, p. 233–262, May 1928.
- Nef John.* Cambridge Economic History of Europe. Vol. II: Trade and Industry in the Middle Ages, Chapter X: 'Mining and Metallurgy in Medieval Civilisation'. Cambridge: Cambridge University Press, 1987; edited by M. M. Postan and Edward Miller.
- Salgado Sebastizo.* Migrations. New York: Aperture, 2000.
- Smith Jerome.* Silver Profi ts in the Seventies. Vancouver: ERC Publishing, 1972.
- Spufford Peter.* Money and Its Use in Medieval Europe. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.
- Spufford Peter.* Power and Profit: The Merchant in Medieval Europe. London: Thames & Hudson, 2003.
- V&A. Queen Elizabeth II: Portraits by Cecil Beaton (London: V&A Publishing, 2011).
- Wade Nicholas J.* Accentuating the negative: Tom Wedgwood (1771–1805), photography and perception. Perception, Vol. 34, p. 513–520, 2005.
- Wells Liz.* Photography: A Critical Introduction. London: Routledge, 2002.
- Xenophon.* A Discourse Upon Improving the Revenue of the State of Athens.

Ураи

- Baggott Jim.* Atomic. London: Icon Books, 2009.
- Boyer Paul.* By the Bomb's Early Light. New York: Pantheon, 1985.
- Buruma Ian.* Wages of Guilt. London: Atlantic Books, 2009.
- Cambridge University Physics Society, A Hundred Years and More of Cambridge Physics. Cambridge University Physics Society, 1974.
- Chadwick James.* Possible Existence of a Neutron. Nature, p. 312 (27 February 1932).
- Corera Gordon.* Shopping for Bombs. London: Hurst & Company, 2006.

- Cunningham C.* The Silver of Laurion. Greece & Rome, Second Series, Vol. 14, No. 2 (October 1967), p. 145–156.
- Degroot Gerald.* The Bomb. London: Pimlico, 2005.
- Frantz D. and Collins C.* The Nuclear Jihadist. New York: Hachette, 2007.
- Frisch Otto.* What Little I Remember. Cambridge: Cambridge University Press, 1979.
- Frisch Otto.* Physical Evidence for the Division of Heavy Nuclei under Neutron Bombardment. Nature, Vol. 143, No. 3616, p. 276 (18 February 1939) doi: 10.1038/143276ao.
- Frisch Otto and Meitner Lise.* Disintegration of Uranium by Neutrons: a New Type of Nuclear Reaction. Nature, Vol. 143, No. 3615, p. 239 (11 February 1939) doi: 10.1038/143239ao.
- Gowing Margaret.* Britain and Atomic Energy 1939–1945. London: Macmillan, 1965.
- Hachiya Michihiko.* Hiroshima Diary. The Journal of a Japanese Physician August 6 – September 30, 1945. London: Victor Gollancz, 1955.
- Hales Peter.* Atomic Spaces: Living on the Manhattan Project. Urbana, IL: University of Illinois Press, 1997.
- Hendee William R.* Personal and public perceptions of radiation risks. Radiographics. November 1991.
- Hennesy Peter.* Cabinets and the Bomb. Oxford: Oxford University Press, 2007.
- Hiroshima Peace Memorial Museum. A-bomb Drawings by Survivors. Hiroshima: The City of Hiroshima, 2007.
- IAEA. The Great East Japan Earthquake Expert Mission. International Atomic Energy Agency, 2011.
- International Institute for Strategic Studies, Nuclear Black Markets: Pakistan, A.Q. Khan and the rise of proliferation networks. London: IISS, 2007.
- Johnson Charles and Jackson Charles.* City Behind a Fence. Knoxville: University of Tennessee Press, 1981.
- Lamont Lansing.* Day of Trinity. London: Hutchinson, 1966.
- Lifton Robert Jay.* Death in Life. London: Penguin Books, 1971.
- McNamara Robert.* Mutual Deterrence, 1962.
- National Diet of Japan. The Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission, 2012.
- Norris Robert S. and Kristensen Hans M.* Global nuclear weapons inventories, 1945–2010, Bulletin of the Atomic Scientists, 2010 66:777 doi: 10.2968/066004008.
- Nuclear Energy Agency. Comparing Nuclear Accident Risks with Those from Other Energy Sources. OECD, 2010.
- O’Neil John.* Almighty Atom: The Real Story of Atomic Energy. New York: Ives Washburn Inc., 1945.
- ORNL. Oak Ridge National Laboratory, The First 50 Years. www.ornl.gov.
- Pocock R. F.* Nuclear Power: Its Development in the United Kingdom. London: Unwin Brothers, Institution of Nuclear Engineers, 1977.
- Rhodes Richard.* The Making of the Atomic Bomb. New York: Touchstone, 1988.
- Rutherford E.* Nuclear Constitution of Atoms’, Proc. Roy. Soc., A97, 374, 1920.
- Socolow Robert.* Reflections on Fukushima: A time to mourn, to learn, and to teach. Bulletin of the Atomic Scientists, 21 March 2011.
- Studera Michael H. et al.* Lignin content in natural Populus variants affects sugar release. PNAS, 12 April 2011, Vol. 108, No. 15, p. 6300–6305.

UN. The Treaty on the Nonproliferation of Nuclear Weapons. 1968.

UNSCEAR. Source and Effects of Ionising Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2008. Report to the General Assembly, Vol. II, 'Health effects due to radiation from the Chernobyl Accident'. New York: United Nations, 2011.

Young J. et al. Radiation and Public Perception, Advances in Chemistry. Washington, DC: American Chemical Society, 1995.

Zeman Scott and Amundson Michael. Atomic Culture, How We Learned to Stop Worrying and Love the Bomb. Boulder, CO: University Press of Colorado, 2004.

Zoellner Tom. Uranium. New York: Viking, 2009.

Tuman

Aldersey-Williams Hugh. Periodic Tales. London: Viking, 2011.

Cohen B. Cambridge Companion to Newton. Cambridge, Cambridge University Press, 2002.

Crickmore Paul. Lockheed Blackbird: Beyond the Secret Mission. Oxford: Osprey, 2004.

Crickmore Paul. Lockheed SR-71: Operations in the Far East. Oxford: Osprey, 2008.

Crickmore Paul. Lockheed SR-71: Operations in Europe and the Middle East. Oxford: Osprey, 2009.

Emsley John. Nature's Building Blocks. Oxford: Oxford University Press, 2001.

Graham Richard, SR-71 Revealed. Osceola: Motorbooks International, 1996.

Grätzel Michael and O'Regan Brian. A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films. Nature, Vol. 353, pp. 737–740, 24 October 1991.

Haydon Robert. The Autobiography and Memoirs of Benjamin Robert Haydon: Vol. 1. London: Peter Davies, 1926; edited by Tom Taylor.

Klaproth Martin. Analytical Essays Towards Promoting the Chemical Knowledge of Mineral Substances, Vol. 1 (1801).

Leyens Christoph and Peters Manfred. Titanium and Titanium Alloys, Fundamentals and Applications. Kln: Wiley-VCH, 2003.

Mills A. A. Newton's Prism and his Experiments on the Spectrum. Notes Rec. R. Soc. Lond. 1981, 36, 13–36 doi: 10.1098/rsnr.1981.0002.

Phillips Lance and Barbano David. The Influence of Fat Substitutes Based on Protein and Titanium Dioxide on the Sensory Properties of Low-fat Milks. Journal of Dairy Science, Vol. 80, No. 11, November 1997, p. 2726–2731.

Polmar Norman. Cold War Submarines. Virginia: Potomac Books, 2004.

Polmar Norman. Submarines of the Russian and Soviet Navies 1718–1990. Annapolis: Naval Institute Press, 1991.

RAND. Titanium: Industrial Base, Price Trends, and Technology Initiatives. RAND Corporation, 2009.

Rich B. R. and Janos L. Skunk Works. Boston: Little Brown & Company, 1994.

Winkler Jochen. Titanium dioxide. Hannover: Vincentz Verlag, 2003.

Wu Deyong and Long Mingce. Realizing Visible-Light-Induced Self-Cleaning Property of Cotton through Coating N-TiO₂ Film and Loading AgI Particles. ACS Appl. Mater. Interfaces, 2011, 3 (12), p. 4770–4774.

- Auerbach Jeffrey.* Great Exhibition of 1851. New Haven, CT: Yale University Press, 1999.
- Beaver Patrick.* The Crystal Palace. Chichester: Phillimore, 1986.
- Becquerel A. E.* Мѣmoire sur les eff ets ѳectriques produits sous l'infl uence des rayons solaires. Comptes Rendus, 9: 561–567 (1839).
- Berlin Leslie.* The Man Behind the Microchip. Oxford: Oxford University Press, 2005.
- Biringuccio Vannoccio.* Pirotechnia. Cambridge, MA: MIT Press, 1966, edited by Cyril Stanley Smith and Martha Teach Gnudi, originally published in 1539.
- BP. Computing Colossus' Frontiers. BP, 2003.
- Bricknell David.* Float: Pilkingtons' Glass Revolution. Lancaster: Crucible, 2009.
- Brock David.* Understanding Moore's Law: Four Decades of Innovation. Philadelphia: Chemical Heritage Press, 2006.
- Ceruzzi Paul.* A History of Modern Computing. Cambridge, MA: MIT Press, 1998.
- Chance Brothers Limited, Mirror for Chance. 1951.
- Chance Toby and Williams Peter.* Lighthouses: The Race to Illuminate the World. London: New Holland Publishers, 2008.
- Copernicus Nicolaus.* De revolutionibus. 1543.
- Deboni Franco.* Venini Glass. Turin: Umberto Allemandi, 2003.
- Drake Stillman.* Galileo: Pioneer Scientist. Toronto: University of Toronto Press, 1990.
- Fay Charles Ryle.* Palace of Industry, 1851: A Study of the Great Exhibition and Its Fruits. Cambridge: Cambridge University Press, 1951.
- Gable Carl I.* Murano Magic: A Complete Guide to Venetian Glass, Its History and Artists. Atglen, PA: Schiffer, 2004.
- Gibbs-Smith C. H.* The Great Exhibition of 1851. London: HMSO, 1981.
- Grove Andrew.* Only the Paranoid Survive. London: HarperCollins, 1997.
- Hoskin Michael.* The Cambridge Concise History of Astronomy. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- Kömpfer Fritz.* Glass: A World History. London: Studio Vista, 1966.
- Kryza Frank.* The Power of Light. New York: McGraw-Hill, 2003.
- Kurzweil Ray.* The Singularity Is near. London: Duckworth, 2005.
- Lancet, Vol. 1: 22 February 1845, p. 214. London: John Churchill, 1845.
- Lücuyer Christophe.* Making Silicon Valley: Innovation and Growth of High Tech, 1930–1970. Cambridge, MA: MIT Press, 2006.
- McCray Patrick.* Glassmaking in Renaissance Italy: The Innovation of Venetian cristallo. Journal of the Minerals, Metals and Materials Society, Vol. 50, No. 5 (1998), p. 14–19 doi: 10.1007/s11837-998-0024-o.
- McCray Patrick.* Glassmaking in Renaissance Venice. Aldershot: Ashgate, 1999.
- Melchior-Bonnet Sabine.* The Mirror: A History. New York: Routledge, 2001.
- Miller Jonathan.* On Reflection: An Investigation of Artists Use of Reflection Throughout the History of Art. New Haven: Yale University Press, 1998.
- Novoselov K. S.* The rise of grapheme. Nature Materials, Vol. 6, March 2007.
- Novoselov K. S. and Geim A. K. et al.* Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films. Science, 306, 666 (2004).

Pendergrast Mark. Mirror, Mirror. New York: Basic Books, 2003 [ebook].

Rasmussen S. C. How Glass Changed the World. Heidelberg: Springer, 2012.

Ryan Johnny. A History of the Internet and the Digital Future. London: Reaktion, 2010.

Shurkin Joel. Broken Genius. London: Macmillan, 2006 and ebook.

Siffert and Krimmel. Silicon, Evolution and Future of a Technology. Heidelberg: Springer, 2004.

Tait Hugh. Five Thousand Years of Glass. London: British Museum Press, 1991.

Эпилог и благодарности EPILOGUE & ACKNOWLEDGEMENTS

Benjamin Walter. Illuminations. New York: Schocken Books, 1969.

Groves Leslie. R. Now It Can Be Told. New York: De Capa Press, 1962.

Энергия и руды ENERGY AND ORES

Статистические данные были взяты главным образом из BP Statistical Review of World Energy и IEA World Energy Outlook.

notes

Примечания

Ныне эти положения входят в понятие корпоративной социальной ответственности. –
Прим. ред.

Транспарентность (от лат. transparens – прозрачный) – ясность, отсутствие секретности. – *Прим. ред.*

Стальной барабан (*англ.* steelpan) – ударный инструмент с особым звучанием. Он появился в Тринидаде и Тобаго в 1930-х гг. после запрета колониальных властей на хранение, изготовление и использование традиционных национальных музыкальных инструментов афроамериканского населения. Тогда барабаны начали делать из нефтяных и масляных бочек. Верхняя часть бочек срезается на разную глубину, для басовых барабанов используются целые бочки без дна. Оставшееся днище вминают кувалдой, затем по намеченному узору выбивают ряд мелких углублений, что обеспечивает высоту и тембр звука. После чего барабан раскаляют и опускают в холодную воду для закалки стали. – *Прим. ред.*

На Американском континенте до колонизации не существовало таких животных, как лошади. – *Прим. ред.*

Сэр Уолтер Рэли (Рейли; *англ.* Walter Raleigh) – известнейший английский пират, капер, служивший королеве Елизавете I. Также являлся государственным деятелем, поэтом и историком. Легендарная личность еще при жизни. – *Прим. ред.*

Гроут (*англ.* groat) – английская серебряная монета, введена в 1279 г. Стоимость 4 пенни (вес монеты колебался от 5,2 до 8,9 грамма). Выпускалась до 1662 г., впоследствии – только как tuesday money (деньги, которые раздавал король беднякам перед Рождеством). Вильгельм IV в 1836 г. снова выпустил гроут весом в 1,88 грамма (1,74 грамма серебра). Монета чеканилась до 1856 г., а в обращении была до 1887 г. (по материалам «Нумизматического словаря» В. Зварича, <http://borgen.mybb.ru/viewtopic.php?id=396&p=2>). – *Прим. ред.*

Викторианская эпоха (1837–1901) – период царствования Виктории I, королевы Великобритании и Ирландии, императрицы Индии. В английской истории воспринимается как эпоха национального подъема и процветания во всех сферах, включая науку и культуру. – *Прим. ред.*

Атомное оружие в СССР существует с 1947 г. – *Прим. ред.*

Число Маха выражает отношение скорости течения в данной точке газового потока к местной скорости распространения звука в движущейся среде. Назван по имени австрийского ученого Э. Маха. Обозначается 3М, 4М и т. д. — *Прим. ред.*