

Новый шедевр моего любимого автора... Книга, которая дает читателям фундаментальные знания, необходимые для решения самых сложных мировых проблем. **Билл Гейтс**

Как устроено мир на самом деле

Наше прошлое, настоящее и будущее
глазами ученого

Вацлав Смил

Один из ведущих мировых мыслителей и мастер статистического анализа. **Guardian**

Вацлав Смил

**Как устроен мир на самом деле.
Наше прошлое, настоящее
и будущее глазами ученого**

«Азбука-Аттикус»

2022

УДК 31
ББК 65.051

Смил В.

Как устроен мир на самом деле. Наше прошлое, настоящее и будущее глазами ученого / В. Смил — «Азбука-Аттикус», 2022

ISBN 978-5-389-22153-6

Наша сегодняшняя жизнь перенасыщена информацией, однако большинство людей все же не знают, как на самом деле устроен наш мир. Эта книга освещает основные темы, связанные с обеспечением нашего выживания и благополучия: энергия, производство продуктов питания, важнейшие долговечные материалы, глобализация, оценка рисков, окружающая среда и будущее человека. Поиск эффективного решения проблем требует изучения фактов – мы узнаем, например, что глобализация не была неизбежной и что наше общество все сильнее зависит от ископаемого топлива, поэтому любые обещания декарбонизации к 2050 году – не более чем сказка. Что на каждый выращенный в теплице томат требуется энергия, эквивалентная пяти столовым ложкам дизельного топлива, и что мы не знаем таких способов массового производства стали, цемента и пластика, которые не оставляли бы гигантский углеродный след. Кроме этого, канадский ученый, эколог и политолог Вацлав Смил, знаменитый своими работами о связи энергетики с экологией, демографией и реальной политикой, а также виртуозным умением обращаться с большими массивами статистических данных, ищет ответ на самый главный вопрос нашего времени: обречено ли человечество на гибель или нас ждет счастливый новый мир? Убедительная, изобилующая данными, нестандартная, отличающаяся широким междисциплинарным взглядом, эта книга отвергает обе крайности. Количественный взгляд на мир открывает истины, которые меняют наше отношение к прошлому, настоящему и неопределенному будущему. «Я не пессимист и не оптимист; я ученый, пытающийся объяснить, как на самом деле функционирует мир, и я буду использовать это понимание, чтобы помочь нам лучше осознать будущие ограничения и возможности». (Вацлав Смил) В формате PDF A4 сохранён издательский дизайн.

УДК 31
ББК 65.051

ISBN 978-5-389-22153-6

© Смил В., 2022
© Азбука-Аттикус, 2022

Содержание

Введение	7
1	14
Фундаментальные сдвиги	15
Использование энергии в современном мире	19
Что такое энергия?	22
Рост и относительное падение спроса на сырую нефть	27
Конец ознакомительного фрагмента.	29

Вацлав Сми́л

Как устроен мир на самом деле. Наше прошлое, настоящее и будущее глазами ученого

Vaclav Smil

HOW THE WORLD REALLY WORKS

A Scientist's Guide to Our Past, Present and Future

Оригинальное издание на английском языке впервые опубликовано изд-вом Penguin Books Ltd, Лондон.

© Vaclav Smil, 2022

© Гольдберг Ю. Я., перевод на русский язык, 2022

© Издание на русском языке. ООО «Издательская Группа «Азбука-Аттикус», 2022

КоЛибри®

* * *

Обнадеживающее чтение от автора, столь невосприимчивого к риторической моде и отстаивающего неопределенность...

The New York Times

Квинтэссенция научных знаний о нашей жизни... Сми́л заглядывает за горизонты будущего со спокойствием и смирением, предвидя сочетание прогресса и неудач, кажущихся непреодолимыми трудностей и почти чудесных достижений.

Wall Street Journal

Известный ученый стремится показать приоритет материалов, а не электронных потоков данных, изучая то, что он называет четырьмя столпами современной цивилизации: цемент, сталь, пластик и аммиак.

The New York Times Magazine

С точки зрения Сми́ла, нереалистичные представления о сокращении выбросов углерода по иронии судьбы отчасти и объясняются той самой производительностью, которой достигли общества, заменив работу тягловых животных и физический труд людей машинами, работающими на ископаемом топливе.

The Washington Post

Введение

Зачем нужна эта книга?

Каждая эпоха претендует на уникальность, но, даже если опыт трех последних поколений – то есть десятилетий, прошедших после окончания Второй мировой войны, – не изменил наше представление о мире так сильно, как опыт трех поколений, предшествующих началу Первой мировой войны, мы все равно стали свидетелями огромного количества беспрецедентных свершений и открытий. Самое главное, у многих людей теперь существенно повысилось качество жизни, они живут дольше и обладают лучшим здоровьем, чем когда-либо за всю историю человечества. Тем не менее эти преимущества пока доступны лишь меньшинству (примерно пятой части) живущих на земле людей, общее число которых приближается к 8 миллиардам.

Второе достижение, которым мы вправе восхищаться, – беспрецедентное расширение наших знаний о материальном мире и обо всех формах жизни. Наше знание простирается от грандиозных обобщений о сложных системах вселенной (галактик, звезд) до планетарных явлений (атмосфера, гидросфера, биосфера) и устройства материи на уровне атомов и генов: дорожки на поверхности самых мощных микропроцессоров всего в два раза толще диаметра спирали ДНК. Мы превратили это знание в постоянно расширяющийся набор механизмов, устройств, процедур, протоколов и действий, поддерживающих современную цивилизацию, и разум одного человека просто не в состоянии охватить весь гигантский объем нашего общего знания, а также все способы, которыми мы поставили его себе на службу.

Настоящего «человека эпохи Возрождения», обладавшего универсальными знаниями, можно было встретить на площади Синьории во Флоренции в 1500 г., но не позже. В середине XVIII в. двое французских ученых, Дени Дидро и Жан Лерон Д’Аламбер, еще могли собрать группу широко образованных людей для изложения современного понимания мира в довольно обстоятельных статьях своей многотомной Энциклопедии, или Толкового словаря наук, искусств и ремесел» (*Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*). Прошло еще несколько поколений, и объем и специализация знаний увеличились на несколько порядков, а в самых разных областях были сделаны фундаментальные открытия, от электромагнитной индукции (Майкл Фарадей, 1931 г., предпосылка производства электроэнергии) до метаболизма растений (Юстус фон Либих, 1840, предпосылка повышения урожайности) и теории электромагнетизма (Джеймс Клерк Максвелл, 1861 г., предпосылка беспроводной связи).

В 1872 г., через 100 лет после выхода последнего тома Энциклопедии, любое собрание знаний было вынуждено ограничиться поверхностным описанием быстро расширяющегося диапазона тем, а еще через полтора столетия стало невозможным суммировать знания даже в пределах узко очерченных специальностей: даже такие термины, как «физика» или «биология», превратились в относительно бессмысленные ярлыки, и специалисты по физике элементарных частиц с трудом поймут даже первую страницу последней научной работы в области вирусной иммунологии. Совершенно очевидно, что такая атомизация знания не сделала проще общественное принятие решений. Узкоспециализированные направления современной науки стали такими сложными, что многие люди, которые ими занимаются, вынуждены учиться до тридцати или тридцати пяти лет, чтобы войти в круг нового жречества.

Да, они долго учатся, но слишком часто не могут прийти к согласию относительно наилучшего образа действий. Пандемия SARS-CoV-2 со всей очевидностью показала, эксперты не способны прийти к согласию даже по такому простому на первый взгляд вопросу, как ношение маски. В конце марта 2020 г. (через три месяца после начала пандемии) Всемирная организация здравоохранения все еще рекомендовала носить маску только инфицированным, изменив

свою позицию лишь в начале июня 2020 г. Как люди, не обладающие специальными знаниями, могут принять сторону в споре или просто понять его смысл, если в финале опровергается то, что утверждалось в начале?

Тем не менее существующая неопределенность и споры не оправдывают глубины непонимания большинством людей основ функционирования современного мира. В конце концов, знать, как выращивают пшеницу (глава 2), как выплавляют сталь (глава 3), или понимать, что глобализация не является ни новой, ни неизбежной (глава 4), – не то же самое, что разбираться в фемтохимии (изучение химических реакций в масштабах времени 10^{-15} секунд, Ахмед Зевейл, Нобелевская премия 1999 г.) или полимеразной цепной реакции (быстрое копирование ДНК, Кэри Муллис, Нобелевская премия 1993 г.).

Почему же большинство людей в современных обществах имеют такое поверхностное представление о том, как на самом деле функционирует мир? Самое очевидное объяснение – сложность современного мира. Люди постоянно имеют дело с «черными ящиками», относительно простые правила обращения с которыми почти или совсем не требуют понимания, что происходит внутри. Это относится к таким распространенным устройствам, как мобильные телефоны и ноутбуки (набери простой вопрос, и получишь результат), или к массовым процедурам вроде вакцинации (ярким примером для всей планеты стал 2021 г., когда единственной понятной частью процедуры было закатать рукав). Но объяснение дефицита понимания не ограничивается фактом, что обширность наших знаний способствует специализации, обратной стороной которой является поверхностное понимание – или даже непонимание – основ.

Урбанизация и механизация – вот две главные причины этого дефицита понимания. С 2007 г. более половины человечества живет в городах (в богатых странах больше 80 %), и, в отличие от промышленных городов XIX и начала XX в., большинство рабочих мест в них – это сфера услуг. Таким образом, современные горожане в массе своей никак не связаны с производством не только продуктов питания, но также машин и механизмов, а усиливающаяся механизация всех процессов означает, что лишь малая часть населения планеты теперь участвует в обеспечении нашей цивилизации энергией и материалами, без которых современный мир невозможен.

В Америке лишь около 3 миллионов мужчин и женщин (владельцев ферм и наемных работников) напрямую связаны с производством продуктов питания – пахут, сеют, вносят удобрения, выпалывают сорняки, собирают урожай (самая трудоемкая часть процесса – сбор фруктов и овощей) и ухаживают за животными. Это меньше 1 % населения страны, и поэтому не стоит удивляться, что большинство американцев не представляют – или смутно представляют, – откуда у них на столе появляется хлеб и мясо. Урожай пшеницы собирают комбайны – а соевых бобов или фасоли? Сколько времени нужно для превращения крошечного поросенка в свиную котлету: несколько недель или несколько лет? Подавляющее число американцев этого просто не знают. И они не одиноки. Китай является крупнейшим в мире производителем стали – почти миллиард тонн стали, чугуна и проката в год, – но все это производит меньше 0,25 % населения страны численностью 1,4 миллиарда человек. Ничтожный процент китайцев хотя бы раз в жизни стоял рядом с домной или видел огненные красные ленты в процессе непрерывной разливки стали. И подобный отрыв от реальности наблюдается во всем мире.

Вторая главная причина плохого и постоянно ухудшающегося понимания фундаментальных процессов получения энергии (в виде пищи или в виде топлива), долговечных материалов (металлов, нерудных минералов или бетона) заключается в том, что их стали считать старомодными – или даже устаревшими – и совсем неинтересными по сравнению с миром информации, данных или изображений. Так называемые лучшие умы не идут изучать почву и не пробуют свои силы в усовершенствовании цемента: их привлекает работа с нематериальной информацией в виде потоков электронов в мириадах миниатюрных устройств. Непропорцио-

нально большое вознаграждение этих людей – от юристов и экономистов до программистов и инвестиционных менеджеров – никак не связано с реалиями материальной жизни на земле.

Более того, многие из тех, кто поклоняется данным, пришли к убеждению, что потоки электронов сделали ненужными эти старомодные материальные объекты, которые раньше были необходимостью. Поля будут заменены городским сельским хозяйством в высотных зданиях, а синтетические продукты вообще исключат потребность выращивать какую-либо пищу. Дематериализация, основой которой станет искусственный интеллект, положит конец нашей зависимости от большого количества обработанных металлов и минералов, и в конечном итоге мы сможем даже обойтись без земной окружающей среды: кому она нужна, если мы собрались терраформировать Марс? Конечно, это всего лишь преувеличенные и преждевременные прогнозы, фантазии, порожденные обществом, где фейковые новости стали обычным делом и где реальность и вымысел смешались до такой степени, что легковверные умы, склонные к своего рода культу больше, чем к анализу, верят в то, что проницательные наблюдатели прошлого безжалостно сочли бы частичным или полным бредом.

Никто из читающих эту книгу не переселится на Марс; все мы продолжим потреблять зерновые культуры, выращенные на обширных участках сельскохозяйственных земель, а не в небоскребах, которые воображают сторонники так называемой урбанистической агрокультуры; никто из нас не будет жить в дематериализованном мире, где стали ненужными такие незаменимые естественные процессы, как испарение воды или опыление растений. Но получение этих жизненно важных ресурсов становится все более сложной задачей, потому что значительная часть человечества живет в условиях, которые богатое меньшинство преодолело много лет назад, и потому что растущая потребность в энергии и материалах так резко и так быстро увеличивает нагрузку на биосферу, что мы угрожаем ее способности поддерживать процессы и ресурсы в границах, необходимых для ее долгосрочного функционирования.

Приведем один, но очень важный пример: в 2020 г. среднее ежегодное энергопотребление в расчете на одного человека приблизительно 40 % населения мира (3,1 миллиарда человек, в том числе почти все жители африканских стран южнее Сахары) не превышало уровень, достигнутый Германией и Францией в 1850-м! Для достижения стандарта достойной жизни эти 3,1 миллиарда человек должны как минимум удвоить – а предпочтительно утроить – энергопотребление, что приведет к многократному увеличению потребности в электроэнергии, росту производства продуктов питания, появлению необходимой городской, промышленной и транспортной инфраструктуры. Эти потребности неизбежно повлекут за собой дальнейшее разрушение биосферы.

А как нам противостоять ускоряющемуся изменению климата? В настоящее время практически все согласны, что необходимо *что-то* делать, чтобы предотвратить крайне нежелательные последствия, но какие действия, какое изменение поведения окажется самым эффективным? Для тех, кто игнорирует энергетические и материальные потребности нашего мира, кто заменяет мантрами «зеленых» решений понимание того, как мы пришли к этой ситуации, рецепт прост. Это декарбонизация – переход от сжигания ископаемого топлива к преобразованию неисчерпаемых потоков возобновляемой энергии. Но тут есть одна загвоздка: наша цивилизация основана на ископаемом топливе, и все наши технические и научные достижения, качество жизни и процветание общества зависят от сжигания огромного количества ископаемых углеводородов, и мы просто не можем отказаться от этой критически важной составляющей нашей жизни за несколько десятилетий, не говоря уже о годах.

Полная декарбонизация глобальной экономики к 2050 г. в настоящее время достижима лишь ценой невероятного экономического спада – или как результат необычайно быстрых перемен, в основе которых будут лежать похожие на чудо технологические прорывы. Но для первого варианта у нас еще нет убедительной, практичной и доступной по цене глобальной стратегии, а для реализации второго – необходимых технических средств. Что же произойдет?

Пропасть между фантазиями и реальностью глубока, но в демократическом обществе любое соперничество идей и предложений может протекать рационально, когда все стороны обладают хотя бы малой толикой релевантной информации о реальном мире, а не просто повторяют свои предрассудки и делают заявления без какой-либо связи с материальными возможностями.

Эта книга представляет собой попытку снизить дефицит понимания, объяснить некоторые фундаментальные основы выживания и развития нашего общества. Моя цель – не прогноз и не описание самых оптимистичных или пессимистичных сценариев будущего. Не вижу никакой необходимости прибегать к этому популярному – но регулярно терпящему неудачу – жанру: в долговременном плане нас ждет слишком много непредвиденных событий и слишком много сложных взаимодействий, которые не в состоянии предсказать ни один человек или коллектив. Я также не буду защищать любую конкретную (предвзятую) интерпретацию реальности – ни как повод для отчаяния, ни как источник безграничных ожиданий. Я не пессимист и не оптимист; я ученый, пытающийся объяснить, как на самом деле функционирует мир, и я буду использовать это понимание, чтобы помочь нам лучше осознать будущие ограничения и возможности.

Естественно, такого рода исследование обречено быть выборочным, но каждая из семи главных тем, выбранная для более подробного анализа, представляет собой пример экзистенциального императива: здесь у нас нет свободы выбора. Первая глава этой книги показывает, как наше энергозатратное общество постоянно увеличивало свою зависимость от ископаемого топлива и особенно от электричества, самого универсального вида энергии. Осознание этой реальности служит настоятельно необходимой поправкой к широко распространенным заявлениям (основанным на плохом понимании сложных реалий), что мы способны быстро декарбонизировать глобальные энергоресурсы и что через два или три десятилетия мы полностью перейдем на возобновляемые источники энергии. Несмотря на то что все большая часть электрогенерации приходится на новые возобновляемые источники (солнце и ветер, в отличие от давно существующей гидроэнергетики), а на дорогах появляется все больше электромобилей, декарбонизация наземного, воздушного и морского транспорта станет гораздо более серьезным вызовом – как и производство основных материалов без использования ископаемого топлива.

Вторая глава книги посвящена самому главному условию нашего выживания: производству еды. В ней объясняется, что у всего, что поддерживает нашу жизнь – от пшеницы до томатов и креветок, – есть одно общее свойство: существенный расход ископаемого топлива, как непосредственный, так и косвенный. Осознание этой фундаментальной зависимости от ископаемого топлива ведет к реалистичному пониманию нашей продолжающейся потребности в ископаемом углеороде: вырабатывать электричество с помощью ветряных турбин или солнечных батарей гораздо легче, чем сжигать для этого уголь или природный газ, но без жидкого ископаемого топлива гораздо труднее обслуживать сельскохозяйственную технику, а без нефти и газа невозможно производить удобрения и другие химикаты, используемые в сельском хозяйстве. Другими словами, еще несколько десятилетий мы не сможем кормить планету, не используя ископаемое топливо как источник энергии и сырья.

В третьей главе объясняется, как и почему существование нашего общества поддерживается материалами, созданными человеческой изобретательностью, в частности теми, которые я называю четырьмя столпами современной цивилизации: аммиаком, сталью, бетоном и пластиком. Понимание этих реалий обнажает заблуждения, часто встречающиеся в модных заявлениях о дематериализации современной экономики, в которой якобы преобладает сфера услуг и миниатюрные электронные устройства. Относительное снижение материалоемкости многих конечных продуктов было одной из ведущих тенденций развития современного производства. Но в абсолютных цифрах потребность в материалах выросла даже в самых развитых современ-

ных обществах и остается очень далекой от насыщения в странах с низким уровнем дохода, где владение благоустроенным жильем, кухонными приборами и кондиционерами (не говоря уже об автомобилях) остается несбыточной мечтой для миллиардов людей.

Четвертая глава – это история о глобализации, о том, как транспорт и средства связи связали мир в одно целое. Историческая перспектива показывает, насколько старым (и даже древним) является начало этого процесса и как недавно произошел его поистине масштабный – глобальный – расцвет. При ближайшем рассмотрении становится очевидным, что в этом неоднозначном явлении (одни его хвалят, другие в нем сомневаются, третьи критикуют) нет ничего неизбежного. В последнее время в мире наблюдается явный отказ от этой тенденции, а также движение в сторону популизма и национализма, и пока непонятно, насколько далеко это все пойдет или в какой степени изменится под влиянием экономики, политики и соображений безопасности.

Пятая глава предлагает реалистичную основу для оценки рисков, с которыми мы сталкиваемся: современные общества добились успехов в устранении многих смертельных или опасных для здоровья рисков – например полиомиелита или осложнений при родах, – но многие опасности нас будут подстерегать всегда, и мы постоянно ошибаемся в оценке риска, недооценивая или переоценивая угрозы. Ознакомившись с этой главой, читатель получит представление об относительных рисках многих привычных действий, вынужденных или сознательных (от падения на лестнице у себя дома до перелета с одного континента на другой, от жизни в городе, на который часто обрушиваются ураганы, до прыжков с парашютом). Отбросив всю чушь, которой нас кормит индустрия здорового питания, мы увидим диапазон возможностей в отношении еды, которая поможет нам жить дольше.

В шестой главе мы сначала рассмотрим, как изменения окружающей среды могут повлиять на три элемента, без которых нам не выжить: кислород, воду и пищу. Остальная часть главы будет посвящена глобальному потеплению, которое в последнее время стало нашей главной заботой, когда речь идет об окружающей среде, и которое привело к появлению двух противоположных тенденций – ожиданию катастрофы (почти апокалипсиса) и полному отрицанию. Я не буду повторять и сравнивать эти полярные утверждения (этому посвящена масса книг), а подчеркну, что вопреки распространенному мнению глобальное потепление – не новость: основы этого процесса стали ясны более 150 лет назад.

Более того, мы знали, в какой степени потепление климата связано с удвоением концентрации CO_2 в атмосфере за прошедшие 100 лет, и больше 50 лет назад нас предупреждали о непредсказуемой (и невоспроизводимой) природе этого эксперимента над планетой (непрерывное точное измерение концентрации CO_2 началось в 1958 г.). Но мы решили игнорировать эти объяснения, предупреждения и зарегистрированные факты. Более того, мы стали еще сильнее зависеть от сжигания ископаемого топлива, и избавиться от этой зависимости будет трудно и дорого. И неизвестно, сколько на это понадобится времени. Прибавьте все остальные проблемы окружающей среды, и вы неизбежно придете к выводу, что ключевой вопрос нашего существования – сможет ли человечество реализовать свои желания, не разрушая биосферу, – не имеет простых ответов. Но в любом случае необходимо осознать и принять факты. Только тогда мы сможем приступить к эффективному решению проблемы.

В заключительной главе я попробую описать будущее, в частности две распространившиеся в последнее время теории: катастрофизм (мнение, что до окончательного заката современной цивилизации осталось несколько лет) и технооптимизм (предсказание, что новые открытия и изобретения откроют бесконечные горизонты за пределами нашей планеты, превратив земные проблемы в нечто совершенно несущественное). Нетрудно догадаться, что мне не близки обе эти позиции, и мои прогнозы не имеют ничего общего с обеими доктринами. Я не предполагаю неминуемого разрыва с историей в любом направлении; я не вижу каких-

либо запрограммированных результатов – только довольно сложную траекторию, зависящую от нашего выбора, который тоже не предопределен.

В основе этой книги два краеугольных камня: многочисленные научные открытия и полвека моих собственных исследований и литературной деятельности. Диапазон этих научных открытий чрезвычайно широк, от классических работ XIX в. по преобразованию энергии и парниковому эффекту до новейших оценок глобальных вызовов и вероятностей рисков. И эта серьезная книга не могла быть написана без нескольких десятилетий междисциплинарных исследований, результаты которых были изложены в других моих книгах. Я не склонен обращаться к древней метафоре о лисе и еже («лиса знает много секретов, а еж – один, но самый главный»), а предпочитаю делить современных ученых на два типа: одни бурят все более глубокие скважины (верная дорога к славе), а другие изучают широкие горизонты (в настоящее время эта группа значительно уменьшилась).

Меня никогда не привлекала перспектива пробурить самую глубокую скважину и стать лучшим специалистом по крошечному кусочку неба, видимого с ее дна. Я всегда предпочитал смотреть как можно шире и дальше – насколько позволяли мои ограниченные возможности. Всю жизнь меня интересовало такое направление, как исследования в области энергии, поскольку удовлетворительное понимание этой обширной сферы требует знания физики, химии, биологии, геологии и инженерного дела, а также учета исторических, социальных, экономических и политических факторов.

Почти половина из моих теперь уже более 40 (в основном научных) книг имеют отношение к разным аспектам энергии, от масштабных исследований общей энергетики и использования энергии на протяжении всей истории человечества до более подробного анализа отдельных категорий топлива (нефть, природный газ, биомасса), конкретных свойств и процессов (плотность энергии, передача энергии). Остальные мои работы имеют междисциплинарный характер: я писал о таких фундаментальных явлениях, как развитие – во всех его естественных и антропогенных проявлениях – и риск; я писал об окружающей среде (биосфере, биохимических циклах, глобальной экологии, эффективности фотосинтеза и урожаях), о продуктах питания, сельском хозяйстве, материалах (прежде всего стали и удобрениях), технических достижениях, о прогрессе и неудачах производства, а также об истории Древнего Рима и современной Америки, о японской еде.

Таким образом, эта книга – результат трудов всей моей жизни. Она написана для специалистов и стала итогом моих стремлений понять основные аспекты биосферы, истории и мира, который мы создали. И она призвана продолжить то, на чем я настаивал на протяжении нескольких десятилетий: держаться как можно дальше от экстремальных точек зрения. Нынешние (предельно жесткие или предельно фантазирующие) защитники таких позиций будут разочарованы: здесь они не найдут ни стенаний по поводу конца мира в 2030 г., ни одержимости волшебной преобразующей силой искусственного интеллекта, который появится раньше, чем мы думаем. Нет, эта книга пытается предложить основу для более взвешенной и неизбежно агностической перспективы. Надеюсь, что мой рациональный, основанный на фактах подход поможет читателям понять, как на самом деле функционирует наш мир и каковы наши шансы на лучшие перспективы для будущих поколений.

Но прежде чем переходить к конкретным темам, я хотел бы вас кое о чем предупредить, а возможно, и попросить. Эта книга изобилует цифрами (в метрической системе), поскольку реалии современного мира невозможно понять только с помощью качественных описаний. Многие цифры, приведенные в этой книге, либо очень большие, либо очень маленькие, и поэтому для их понимания удобнее оперировать порядками величин, которые обозначаются признанными во всем мире префиксами. Если вы не знакомы с основами такого представления чисел, вам поможет приложение, посвященное числам, большим и маленьким, – некоторым читателям стоит начать знакомство с этой книгой с конца. В противном случае мы встретимся с

вами в главе 1, предлагающей более подробный, количественный рассказ об энергии. Это тема, которая никогда не выйдет из моды.

1

Энергия Топливо и электричество

Представим не совсем обычный сценарий научно-фантастического романа: не путешествие к далеким планетам в поисках жизни, а Земля и ее обитатели как объект дистанционного наблюдения высокоразвитой цивилизации, которая посылает свои зонды в соседние галактики. Зачем они это делают? Просто для систематического расширения своих знаний и, возможно, предупреждения опасных сюрпризов, если третья планета, вращающаяся вокруг ничем не примечательной звезды в спиральной галактике, превратится в угрозу? А может, на тот случай, если им потребуется второй дом? Поэтому они периодически проверяют Землю.

Представим, что зонд приближается к нашей планете каждые 100 лет и что он запрограммирован на второй проход (более тщательное исследование) только при обнаружении ранее ненаблюдаемого способа преобразования энергии – превращения энергии из одной формы в другую – или соответствующего физического воплощения. В терминах общей физики любой процесс – дождь, извержение вулкана, рост растения, питание животного или совершенствование человеческого разума – можно определить как последовательность преобразований энергии, и на протяжении сотен миллионов лет после образования Земли зонды видели бы одну и ту же однообразную (с небольшими вариациями) картину извержений вулканов, землетрясений и атмосферных бурь.

Фундаментальные сдвиги

Первые микроорганизмы появились на нашей планете около 4 миллиардов лет назад, но пролетающие мимо зонды инопланетян не заметили бы их, поскольку эта форма жизни оставалась редкой и скрытой от наблюдения, сосредоточившись в окрестностях щелочных гидротермальных источников на океанском дне. Первая причина для более близкого знакомства появляется приблизительно 3,5 миллиарда лет назад, когда зонд регистрирует на мелководье первые простые одноклеточные организмы, способные к фотосинтезу: они поглощают инфракрасное излучение ближнего диапазона – сразу за видимым спектром, – но не вырабатывают кислород¹. Пройдет еще несколько сотен миллионов лет, прежде чем цианобактерии научатся использовать энергию видимого солнечного света для превращения CO₂ и воды в новые органические вещества, выделяя при этом кислород².

Это радикальный сдвиг, который приведет к созданию кислородной атмосферы Земли, хотя до появления сложных морских организмов пройдет еще много времени – 1,2 миллиарда лет назад зонды зафиксируют рост и распространение ярко-красных водорослей (из-за фотосинтезирующего пигмента фикоэритрина), а также более крупных бурых водорослей. Зеленые водоросли появятся еще через полмиллиона лет, и из-за широкого распространения морских растений для наблюдения за морским дном зондам потребуются более совершенные датчики. Но это принесет свои плоды, поскольку приблизительно 600 миллионов лет назад зонды сделают еще одно эпохальное открытие: первые организмы, состоящие из дифференцированных клеток. Эти плоские и мягкие придонные обитатели (их называют эдиакарской фауной, от названия Эдиакарских гор в Южной Австралии) были первыми простыми животными, которым для метаболизма был необходим кислород, и, в отличие от водорослей, которые переносятся волнами и течениями, они были способны двигаться³.

Затем зонды начнут регистрировать относительно быстрые изменения: если раньше, пролетая над безжизненными континентами, они сотни миллионов лет ждали следующего эпохального сдвига, то теперь видели многочисленные волны появления, распространения и исчезновения огромного количества видов животных. Этот период начинается с так называемого кембрийского взрыва, расцвета маленьких морских животных, обитателей морского дна (541 миллион лет назад, преимущественно трилобиты), и продолжается появлением первых рыб, амфибий, наземных растений, а затем четвероногих (и следовательно, чрезвычайно подвижных) животных. Все эти виды периодически сокращались или вообще исчезали, и 6 миллионов лет назад зонды не обнаружили бы какого-либо одного организма, доминирующего на всей планете⁴. Но вскоре после этого зонды едва не пропустили бы одно важное изменение в механике движений, на первый взгляд незначительное, но с громадными энергетическими последствиями: многие четвероногие животные начинали становиться на две ноги или даже неуклюже передвигаться в таком положении, и более 4 миллионов лет назад этот способ передвижения стал нормой для маленьких обезьяноподобных существ, которые теперь больше времени проводили на земле, а не на деревьях⁵.

¹ Точную дату этого события определить невозможно – от 3,7 до 2,5 миллиарда лет назад. *Cardona T. Thinking twice about the evolution of photosynthesis // Open Biology. 2019. 9/3.180246.*

² *Herrero A. and Flores E. (eds.). The Cyanobacteria: Molecular Biology, Genomics and Evolution. Wymondham: Caister Academic Press, 2008.*

³ *Droser M. L. and Gehling J. G. The advent of animals: The view from the Ediacaran // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2015. 112/16. P. 4865–4870.*

⁴ *Bell G. The Evolution of Life. Oxford: Oxford University Press, 2015.*

⁵ *Stanford C. Upright: The Evolutionary Key to Becoming Human. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2003.*

Теперь интервалы между передачей ценной информации на родную для зондов планету уменьшились с сотен миллионов до всего лишь сотен тысяч лет. В конечном итоге потомки этих первых двуногих (мы называем их гоминидами, и они принадлежат к роду *Homo*, стоящему в длинном ряду наших предков) совершили нечто такое, что ускорило их продвижение к доминированию на планете. Несколько сотен тысяч лет назад зонды регистрировали первое экstrasоматическое использование энергии – то есть внешнее по отношению к организму, любое преобразование энергии кроме пищеварения, – когда некоторые из этих прямоходящих освоили огонь и стали сознательно использовать его для приготовления пищи, обеспечения комфорта и безопасности⁶. Это контролируемое горение преобразует химическую энергию растений в тепловую энергию и свет, что позволяло гоминидам употреблять трудноперевариваемую пищу, согревало их холодными ночами и отгоняло опасных животных⁷. Это были первые шаги в сознательном преобразовании окружающей среды и управлении ею в беспрецедентных прежде масштабах.

Эта тенденция укрепилась после следующей значительной перемены: появления земледелия. Приблизительно 10 тысяч лет назад зонды увидели первые участки намеренно выращенных растений, вносивших крошечный вклад в общий фотосинтез Земли; этими участками управляли люди, которые ради своей выгоды (отложенной) одомашнили зерновые растения – селекционировали, сеяли, ухаживали и собирали урожай⁸. Вскоре появились и первые домашние животные. До этого главной двигательной силой были мышцы человека – они превращали химическую энергию (пищи) в кинетическую (механическую) энергию физического труда. Одомашнивание тягловых животных началось с крупного рогатого скота приблизительно 9 тысяч лет назад, что позволило получить экstrasоматическую энергию не только от человеческих мышц – животные использовались для обработки полей, извлечения воды из колодцев, перемещения грузов, а также в качестве личного транспорта⁹. Гораздо позже появились первые неодушевленные первичные двигатели: более 5 тысяч лет назад – паруса, более 2 тысяч лет назад – водяные колеса, более тысячи лет назад – ветряные мельницы¹⁰.

Затем последовал еще один период затишья (относительного), когда зонды не регистрировали ничего существенного: век за веком наблюдалось лишь повторение, стагнация или медленное развитие и распространение прежних достижений. В Америке и Австралии (в отсутствие тягловых животных и простейших механизмов) до появления европейцев вся работа выполнялась с помощью мускульной силы человека. В некоторых доиндустриальных регионах Старого Света тягловые животные, ветер, а также текущая или падающая вода обеспечивали значительную долю энергии для помола зерна, отжима масла, шлифовки иковки, а тягловые животные стали незаменимыми для тяжелых полевых работ (прежде всего вспашки, поскольку урожай по-прежнему собирали вручную), перевозки товаров и ведения войн.

Но на этом этапе даже в обществах с домашними животными и примитивными механизмами большая часть работы все еще выполнялась людьми.

⁶ Мы точно не знаем, когда люди начали сознательно использовать огонь, но первые свидетельства этого датируются периодом, отстоящим от нас как минимум на 800 000 лет: *Goren-Inbar N. et al. Evidence of hominin control of fire at Gesher Benot Ya'aqov, Israel. Science. 304/5671 (2004). P. 725–727.*

⁷ Рэнгем утверждает, что тепловая обработка пищи была одним из главных достижений эволюции: *Wrangham R. Catching Fire: How Cooking Made Us Human. N. Y.: Basic Books, 2009. (Рэнгем Р. Зажечь огонь: Как кулинария сделала нас людьми. М.: Corpus, 2012.)*

⁸ Одомашнивание разных видов растений происходило независимо в разных регионах Старого и Нового Света, но самый первый кластер возник на Ближнем Востоке: *Zeder M. The origins of agriculture in the Near East // Current Anthropology. 52. Supplement 4 (2011). S 221–S 235.*

⁹ В качестве тягловых животных используются быки, азиатские буйволы, яки, лошади, мулы, ослы, верблюды, ламы, слоны, а также (реже) северные олени, овцы, козы и собаки. Для верховой езды кроме лошадиных (лошади, ослы, мулы) используются только верблюды, яки и слоны.

¹⁰ Эволюция этих механизмов прослежена в: *Smil V. Energy and Civilization: A History. Cambridge, MA: MIT Press, 2017. P. 146–163. (Смил В. Энергия и цивилизация / Пер. с англ. Д. Л. Казакова. М.: Бомбора, 2020.)*

По моим подсчетам – естественно, с использованием приближенной оценки численности тягловых животных и людей, а также оценки производительности труда, основанной на современных измерениях физических возможностей, – более 90 % всей полезной механической энергии и в начале второго тысячелетия нашей эры, и 500 годами позже (в 1500 г., в начале современной эпохи) обеспечивалось за счет мускульной силы, примерно поровну людей и животных, а вся тепловая энергия добывалась сжиганием растительного топлива (по большей части дерева и древесного угля, но также соломы и высушенного навоза).

А затем, приблизительно в 1600 г., инопланетный зонд заметил бы нечто беспрецедентное. На одном из островов люди перестали рассчитывать только на дерево и стали во все больших количествах сжигать уголь, топливо, образовавшееся в результате фотосинтеза десятки или сотни миллионов лет назад и окаменевшее под действием тепла и давления за время долгого пребывания под землей. Наиболее точные реконструкции показывают, что в качестве источника тепла уголь опередил биомассу приблизительно в 1620 г. (возможно, даже раньше); в 1650 г. уже две трети вырабатываемого тепла обеспечивалось сжиганием каменного топлива, а к 1700 г. эта доля достигла 75 %¹¹. Пионером этого процесса была Англия: во всех месторождениях угля, сделавших Великобританию ведущей экономикой XIX в., добывали уголь еще до 1640 г.¹². А затем, в самом начале XVIII в., на некоторых английских шахтах установили паровые машины, первые неодушевленные первичные двигатели, приводимые в движение посредством сжигания ископаемого топлива.

Эти первые машины были настолько неэффективными, что использовать их можно было только на тех шахтах, где уголь не нуждался в транспортировке¹³. На протяжении нескольких поколений Великобритания остается самой интересной страной для инопланетного зонда как пионера внедрения технических новинок. Даже в 1800 г. добыча угля в нескольких европейских странах и в Соединенных Штатах Америки составляла лишь малую долю добычи угля в Великобритании.

В 1800 г. пролетающий мимо нашей планеты зонд подсчитал бы, что растительное топливо по-прежнему обеспечивает более 98 % всего тепла и света, используемых доминантными двуногими, а мускульная сила людей и животных все еще поставляет 90 % механической энергии, необходимой для сельского хозяйства, строительства и промышленного производства. В Великобритании, где Джеймс Уатт в 1770-х гг. внедрил и усовершенствовал паровую машину, компания Boulton & Watt начала выпускать машины мощностью 25 лошадиных сил, но к 1800 г. они продали меньше 500 таких машин, что составляло крошечную часть от общей мощности лошадей и работников физического труда¹⁴.

Даже в 1850 г. увеличившаяся добыча угля в Европе и Северной Америке обеспечивала не более 7 % энергии от топлива; почти половину всей полезной кинетической энергии получали от тягловых животных, около 40 % – от мускульной силы людей и всего 15 % от трех видов неодушевленных первичных двигателей: водяных колес, ветряных мельниц и медленно завоевывавших признание паровых машин. В 1850 г. мир был гораздо больше похож на мир 1700-х или даже 1600-х гг., чем на мир 2000-х.

Однако к 1900 г. общая доля ископаемого топлива, возобновляемых и неодушевленных источников энергии существенно изменилась – современные источники (уголь и в какой-то степени сырая нефть) обеспечивали половину всей первичной энергии, а вторая половина при-

¹¹ Warde P. *Energy Consumption in England and Wales, 1560–2004*. Naples: Consiglio Nazionale delle Ricerche, 2007.

¹² Историю английской и британской угольной отрасли см. в: *Nef J. U. The Rise of the British Coal Industry*. L.: G. Routledge, 1932; *Flinn M. W. et al. History of the British Coal Industry*. 5 vols. Oxford: Oxford University Press, 1984–1993.

¹³ *Stuart R. Descriptive History of the Steam Engine*. L.: Wittaker, Treacher and Arnot, 1829.

¹⁴ *Hills R. L. Power from Steam: A History of the Stationary Steam Engine*. Cambridge: Cambridge University Press. 1989. P. 70; *Kanefsky J. and Robey J. Steam engines in 18th-century Britain: A quantitative assessment* // *Technology and Culture*. 1980. 21. P. 161–186.

ходила на традиционное топливо (дерево, древесный уголь, солома). Водяные турбины на гидроэлектростанциях начали вырабатывать электричество в 1880-х гг.; следующей была геотермальная электростанция, а после Второй мировой войны появились атомные, солнечные и ветряные электростанции (новые источники возобновляемой энергии). Но и в 2020 г. более половины вырабатываемого в мире электричества производится путем сжигания ископаемого топлива, в основном угля и природного газа.

В 1900 г. неодоушевленные первичные двигатели поставляли около половины всей механической энергии: наибольший вклад вносили паровые машины, работающие на угле, далее шли усовершенствованные водяные колеса и новые водяные турбины (появившиеся еще в 1830-х гг.), ветряные мельницы и новые паровые турбины (с конца 1880-х), а также двигатели внутреннего сгорания (первые бензиновые двигатели также появились в 1880-х гг.)¹⁵.

В 1950 г. ископаемое топливо обеспечивало почти три четверти первичной энергии (преимущественно за счет угля), а неодоушевленные первичные двигатели – теперь среди них доминировали бензиновые и дизельные двигатели внутреннего сгорания – более 80 % механической энергии. А в 2000 г. только бедняки в странах с низким доходом использовали топливо из биомассы; дерево и солома составляли лишь около 12 % первичных источников энергии в мире. На первичные источники из плоти и крови приходилось только 5 % механической энергии; людей и тягловых животных почти полностью заменили механизмы, приводимые в действие жидким топливом или электричеством.

На протяжении двух последних веков инопланетные зонды наблюдали бы по всему миру быструю замену первичных источников энергии, сопровождавшуюся расширением и диверсификацией ископаемых энергоресурсов, а также не менее быстрым появлением, освоением и распространением новых неодоушевленных первичных двигателей – сначала паровых машин, работающих на угле, затем двигателей внутреннего сгорания (поршневых и турбин). Самый последний визит зондов открыл бы перед ними картину по-настоящему глобального общества, основанного на массовом – стационарном и мобильном – преобразовании ископаемых углеводородов, развернутом практически везде, за исключением некоторых необитаемых регионов планеты.

¹⁵ Эти расчеты в высшей степени приблизительны; мы знаем общую численность рабочей силы и тягловых животных, но нам все равно приходится делать допущения об их средней мощности и общей продолжительности рабочего времени.

Использование энергии в современном мире

Какие изменения принесла эта мобилизация экстрасоматической энергии? Глобальные энергоресурсы обычно относят к общей (валовой) продукции, но более наглядным было бы оценить энергию, доступную для преобразования в полезные формы. Для этого мы должны вычесть предварительные потери (во время сортировки и очистки угля, перегонки сырой нефти и обработки природного газа), неэнергетическое использование (преимущественно в качестве сырья для химической промышленности, а также смазочных материалов для машин и механизмов, от насосов до авиадвигателей, и как дорожное покрытие) и потери при передаче электроэнергии. С этими поправками – и округлением, чтобы избежать впечатления неуместной точности, – мои расчеты показывают, что в XIX в. потребление ископаемого топлива выросло в 60 раз, в XX – в 16 раз, а за последние 220 лет – в 1500 раз¹⁶.

Усиливающаяся зависимость от ископаемого топлива – самый важный фактор, объясняющий достижения современной цивилизации, а также наши опасения относительно уязвимости его поставок и воздействия его сжигания на окружающую среду. В реальности прирост энергоресурсов был значительно больше 1500-кратного, о котором я упоминал, поскольку следует учитывать сопутствующее повышение эффективности преобразования энергии¹⁷. В 1800 г. эффективность сжигания угля в печах и бойлерах для получения тепла и горячей воды не превышала 25–30 %, и только 2 % угля, потребляемого паровыми машинами, превращались в полезную работу, так что общая эффективность преобразования не превышала 15 %. Сто лет спустя усовершенствованные печи, бойлеры и двигатели повысили эффективность до почти 20 %, а к 2000 г. средняя эффективность преобразования составляла около 50 %. Следовательно, XX в. дал почти 40-кратный рост полезной энергии, а с 1800 г. ее выработка увеличилась почти в 3500 раз.

Чтобы еще лучше оценить масштаб этих перемен, следует привести эти показатели в пересчете на одного человека. Численность населения нашей планеты увеличилась с 1 миллиарда в 1800 г. до 1,6 миллиарда в 1900 г. и до 6,1 миллиарда в 2000 г. Таким образом, поставки полезной энергии (все величины выражены в гигаджоулях на душу населения) увеличились с 0,05 в 1800 г. до 2,7 в 1900 г. и 28 в 2000 г. Стремительный рост экономики Китая после 2000 г. стал главной причиной увеличения поставок полезной энергии в 2020 г. до 34 ГДж на человека. В среднем современный житель Земли имеет в своем распоряжении почти в 700 раз больше полезной энергии, чем его предки в начале XIX в.

Более того, на протяжении жизни людей, родившихся непосредственно после Второй мировой войны (с 1950 по 2020 г.), этот показатель вырос более чем в три раза, с 10 до 34 ГДж на человека. Для наглядности можно воспользоваться следующей метафорой: как будто в личном распоряжении каждого жителя Земли находится около 800 килограммов (0,8 тонны, или почти 6 баррелей) сырой нефти или около 1,5 тонны хорошего битуминозного угля. Это количество энергии можно также перевести в трудозатраты: на каждого из нас круглосуточно работают 60 взрослых мужчин. А если речь идет о богатых странах, эквивалент непрерывного труда будет составлять от 200 до 240 человек, в зависимости от конкретной страны. Другими словами, в нашем распоряжении находится беспрецедентное количество энергии.

¹⁶ В цифрах: менее 0,5 ЭДж в 1800 г., рост почти до 22 ЭДж в 1900 г. и почти до 350 ЭДж в 2000 г., прогнозируется до 525 ЭДж в 2020 г. Более подробно о преобразовании энергии в глобальном масштабе и по странам см.: Smil V. *Energy Transitions: Global and National Perspectives*. Santa Barbara, CA: Praeger, 2017.

¹⁷ Совокупный индекс изменения эффективности использования энергии основан на вычислениях, выполненных мной для книги: Smil. *Energy and Civilization*. P. 297–301. Общую эффективность преобразования энергии см. диаграммы Сэнки для энергетических потоков в мире (<https://www.iea.org/sankey>) и в отдельных странах; для США см.: https://flowcharts.llnl.gov/content/assets/images/energy/us/Energy_US_2019.png

Последствия этого очевидны – с точки зрения интенсивности труда, рабочего времени, отдыха и общего уровня жизни. Изобилие полезной энергии подчеркивает и объясняет все достижения – от лучшего питания до массовых путешествий, от механизации производства до транспорта и личных электронных средств связи, – которые в богатых странах являются скорее нормой, чем исключением. Эти недавние изменения отличаются в разных странах: естественно, они менее заметны в странах с высоким доходом, где использование энергии на душу населения уже 100 лет назад было относительно высоким, и явно видны в странах, модернизация экономик которых резко ускорилась с 1950-х гг., особенно в Японии, Южной Корее и Китае. В период с 1950 по 2020 г. Соединенные Штаты практически удвоили производство полезной энергии на душу населения из таких источников, как ископаемое топливо и первичное электричество (приблизительно до 150 ГДж на человека); в Японии этот показатель вырос более чем вчетверо (почти до 80 ГДж на человека), а Китай стал свидетелем невероятного роста в 120 раз (почти до 50 ГДж на человека)¹⁸.

Траектория ресурсов полезной энергии чрезвычайно информативна, потому что энергия не просто один из компонентов сложной структуры биосферы, человеческого общества и экономики, не просто еще одна переменная в сложных уравнениях, описывающих эти взаимосвязанные системы. Преобразование энергии – это основа жизни и эволюции. Современную историю можно рассматривать как необычно быструю последовательность переходов к новым источникам энергии, а современный мир – как совокупный результат этих преобразований.

Значение энергии в жизни человеческого общества первыми поняли физики. В 1886 г. Людвиг Больцман, один из основателей термодинамики, говорил о свободной энергии – то есть энергии, доступной для преобразования, – как о *Kampfobjekt* (объекте борьбы) за жизнь, которая в конечном итоге зависит от приходящего к нам солнечного излучения¹⁹. Эрвин Шрёдингер, лауреат Нобелевской премии по физике 1933 г., так определил основу жизни: «Отрицательная энтропия – вот то, чем организм питается» (отрицательная энтропия, или негэнтропия = свободная энергия)²⁰. В 1920-х гг., после этих фундаментальных физических открытий конца XIX и начала XX в. американский математик и статистик Альфред Лотка пришел к выводу, что эволюционным преимуществом обладают организмы, способные лучше улавливать доступную энергию²¹.

В начале 1970-х гг. американский эколог Говард Одум объяснил, что «весь прогресс обусловлен специальными субсидиями в энергию и, как только они прекращаются, прогресс исчезает»²². Уже после него физик Роберт Эйрес в своих работах постоянно подчеркивал центральную роль энергии во всех экономиках: «в сущности, экономическая система предназначена для извлечения, усвоения и преобразования энергии как ресурсов в энергию, воплощенную в товарах и услугах»²³. Другими словами, энергия – это единственная по-настоящему универ-

¹⁸ Данные для этих подсчетов можно найти в отчете ООН «Ежегодник статистики энергетики» (Energy Statistics Yearbook): <https://unstats.un.org/unsd/energystats/pubs/yearbook/>; и в статистическом обзоре компании BP: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statisticalreview-of-world-energy/downloads.html>

¹⁹ Boltzmann L. Der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie (лекция, прочитанная на Торжественном собрании Имперской академии наук 29 мая 1886 г.). См. также: Schuster P. Boltzmann and evolution: Some basic questions of biology seen with atomistic glasses // Gallavotti G. et al., eds. Boltzmann's Legacy. Zurich: European Mathematical Society, 2008. P. 1–26.

²⁰ Schrödinger E. What Is Life? Cambridge: Cambridge University Press, 1944. P. 71. Шрёдингер Э. Что такое жизнь? / Пер. с англ. А. Малиновского. М.: Римис, 2015.

²¹ Lotka A. J. Natural selection as a physical principle // Proceedings of the National Academy of Sciences. 1922. 8/6. P. 151–154.

²² Odum H. T. Environment, Power, and Society. N. Y.: Wiley Interscience, 1971. P. 27.

²³ Ayres R. Gaps in mainstream economics: Energy, growth, and sustainability // Shmelev S., ed. Green Economy Reader: Lectures in Ecological Economics and Sustainability. Berlin: Springer, 2017. P. 40. См. также: Ayres R. Energy, Complexity and Wealth Maximization. Cham: Springer, 2016.

сальная валюта, и без ее трансформации невозможны никакие процессы (от вращения галактик до жизни эфемерных насекомых)²⁴.

Учитывая все эти легко проверяемые реалии, трудно понять, почему современная экономика, этот свод объяснений и правил, знатоки которых имеют большее влияние на политику общества, чем любые другие специалисты, в большинстве своем игнорируют энергию. Как отметил Эйрес, в экономике не только отсутствует систематическое осознание значения энергии для физического процесса производства; экономика предполагает, «что энергия не имеет значения (большого), потому что доля затрат на энергию в экономике настолько мала, что ее можно игнорировать... как если бы продукция могла быть произведена только за счет труда и капитала – или как если бы энергия была просто формой созданного руками человека капитала, который может быть произведен (а не добыт) трудом и капиталом»²⁵.

Современные экономисты не получают наград и премий, занимаясь энергией, а современные ученые начинают беспокоиться только тогда, когда возникает угроза поставки той или иной коммерческой формы энергии или цены на нее начинают расти. Эту ситуацию иллюстрирует поисковый сервис Ngram Viewer компании Google, позволяющий увидеть популярность терминов, использовавшихся в печатных источниках в период с 1500 по 2019 г. В XX в. частота использования термина «стоимость энергии» оставалась пренебрежимо малой до внезапного пика начала 1970-х (вызванного тем, что ОПЕК в пять раз повысила цены на сырую нефть; более подробно об этом чуть ниже), а затем еще одного подъема в начале 1980-х. После снижения цен наблюдался такой же крутой спад частоты упоминаний, и в 2019 г. термин «стоимость энергии» использовался не чаще, чем в 1972 г.

Не обладая хотя бы начальной энергетической грамотностью, невозможно понять, как на самом деле функционирует мир. В этой главе я сначала покажу, как сложно дать определение энергии, но легко сделать весьма распространенную ошибку, спутав ее с мощностью. Мы рассмотрим, как разные виды энергии (каждый со своими преимуществами и недостатками) и разные плотности энергии (энергия на единицу массы или объема, что очень важно для хранения и транспортировки) влияли на разные стадии экономического развития. Кроме того, я предложу реалистичные оценки некоторых труднорешаемых проблем, с которыми сталкивается общество по мере последовательного отказа от ископаемых углеводородов. Как мы увидим, наша цивилизация настолько сильно зависит от ископаемого топлива, что следующий переход займет гораздо больше времени, чем нам кажется.

²⁴ Smil. *Energy and Civilization*. P. 1.

²⁵ Ayres. *Gaps in mainstream economics*. P. 4.

Что такое энергия?

Как определить это фундаментальное понятие? Греческое происхождение этого слова очевидно. Аристотель в своей «Метафизике» соединил $\epsilon\nu$ («в») с $\epsilon\rho\gamma\omega\nu$ («работа») и сделал вывод, что существование любого объекта поддерживается $\epsilon\nu\epsilon\rho\gamma\epsilon\iota\alpha$ ²⁶.

За последующие 2 тысячи лет никаких существенных изменений в понимании энергии не произошло. Затем Исаак Ньютон (1643–1727) сформулировал основные физические законы, связывающие массу, силу и движение, и его второй закон движения позволил определить основную единицу энергии. В терминах современных единиц измерения 1 джоуль равен работе, совершаемой при перемещении точки приложения силы, равной 1 ньютону на расстояние одного метра в направлении действия силы²⁷. Но это определение относится только к кинетической энергии и явно не дает интуитивного понимания энергии во всех ее формах.

Практическое понимание энергии было значительно расширено в XIX в. благодаря большому количеству экспериментов с горением, теплотой, излучением и движением²⁸. В результате появилось наиболее распространенное определение энергии: «способность производить работу». Это определение правомерно только при условии, что термин «работа» обозначает не только некий вложенный труд, но и, как выразился один из ведущих физиков той эпохи, общий физический «акт изменения конфигурации системы, направленный против силы, сопротивляющейся этому изменению»²⁹. Тем не менее это определение все еще очень похоже на ньютоновское и далеко от интуитивного.

Пожалуй, на вопрос «что такое энергия?» лучше всего ответил один из самых выдающихся и разносторонних физиков XX в. Ричард Фейнман, который в своих знаменитых «Лекциях по физике» со свойственной ему прямоотой подчеркнул, что «энергия имеет множество разных форм и для каждой из них есть своя формула: энергия тяготения, кинетическая энергия, тепловая энергия, упругая энергия, электроэнергия, химическая энергия, энергия излучения, ядерная энергия, энергия массы».

А потом сделал обескураживающий, но очевидный вывод:

Важно понимать, что физике сегодняшнего дня неизвестно, что такое энергия. Мы не считаем, что энергия передается в виде маленьких пилюль. Ничего подобного. Просто имеются формулы для расчета определенных численных величин, сложив которые мы получаем число... всегда одно и то же число. Это нечто отвлеченное, ничего не говорящее нам ни о механизме, ни о причинах появления в формуле различных членов³⁰.

Так оно и есть. Мы можем использовать формулы для очень точного вычисления энергии летящей стрелы или реактивного самолета, потенциальной энергии массивного камня, готового скатиться с вершины горы, тепловой энергии, получаемой в результате химической реак-

²⁶ История идеи энергии подробно описана в: *Coopersmith J. Energy: The Subtle Concept*. Oxford: Oxford University Press, 2015.

²⁷ *Westfall R. S. Force in Newton's Physics: The Science of Dynamics in the Seventeenth Century*. N. Y.: Elsevier, 1971.

²⁸ *Smith C. The Science of Energy: A Cultural History of Energy Physics in Victorian Britain*. Chicago: University of Chicago Press, 1998; *Cardwell D. S. L. From Watt to Clausius: The Rise of Thermodynamics in the Early Industrial Age*. L.: Heinemann Educational, 1971.

²⁹ *Maxwell J. C. Theory of Heat*. L.: Longmans, Green, and Company, 1872. P. 101. (Максвелл Дж. К. Теория теплоты. СПб., 1888.)

³⁰ *Feynman R. The Feynman Lectures on Physics*. Redwood City, CA: Addison-Wesley, 1988. Vol. 4. P. 2. (Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике. Современная наука о природе / Пер. с англ. А. Ефремова, Г. Копылова, О. Хрусталева. М.: AST Publishers, 2019.)

ции, световой (лучистой) энергии мерцающей свечи или сфокусированного лазера – но не можем свести все эти виды энергии в единое, легко определяемое понятие.

Тем не менее неуловимая природа энергии не смущала армии современных экспертов: с начала 1970-х гг., когда энергия стала темой широкого обсуждения, они с необыкновенным невежеством и вдохновением рассуждали об энергии. Энергия относится к самым трудным для понимания и неверно интерпретируемым понятиям, и плохое знание основ привело к многочисленным иллюзиям и заблуждениям. Как мы видели, энергия существует в разных видах, и, для того чтобы извлечь из нее пользу, необходимо преобразовать один ее вид в другой. Но раньше эту многогранную абстракцию рассматривали как нечто целое, словно разные виды энергии легко взаимозаменяемы.

Некоторые из этих замен на самом деле относительно просты и полезны. Польза от замены свечей (в них химическая энергия воска превращается в лучистую энергию) электрическими лампочками, для которых требуется электроэнергия, вырабатываемая паровыми турбинами (химическая энергия топлива преобразуется сначала в тепло, а затем в электрическую энергию, которая затем превращается в лучистую энергию), совершенно очевидна – безопаснее, ярче, дешевле и надежнее. Замена паровозов и тепловозов электровозами обеспечила более дешевую, чистую и быструю перевозку грузов и людей: все скоростные поезда электрические. Но многие желательные замены остаются дорогостоящими, нереализуемыми в настоящее время или невозможными в требуемых масштабах – независимо от того, как громко рекламируются их достоинства.

Самым распространенным примером из этой категории являются электромобили: в настоящее время они доступны, а лучшие модели достаточно надежны, но в 2020 г. они все еще были дороже автомобилей того же класса с двигателем внутреннего сгорания. Что касается второй категории, то в следующей главе я подробно расскажу о том, что синтез аммиака, необходимого для производства азотных удобрений, в настоящее время в значительной степени зависит от природного газа как источника водорода. Водород можно получить путем разложения (электролиза) воды, но этот способ почти в пять раз дороже, чем процесс извлечения водорода из весьма распространенного и дешевого метана, – масштабное промышленное производство водорода нам еще предстоит создать. Ярчайшим примером последней категории может служить использование самолетов на электрической тяге для дальних перелетов (эквивалент Boeing 787 с керосиновыми двигателями для путешествия из Нью-Йорка в Токио): как мы убедимся, это преобразование энергии еще долго будет оставаться нереалистичным.

Первый закон термодинамики утверждает, что при преобразовании энергии не происходит ее потерь: из химической в химическую при переваривании пищи, из химической в механическую при сокращении мышц, из химической в тепловую при сжигании природного газа, из тепловой в механическую при вращении турбины, из механической в электрическую внутри генератора или из электрической в электромагнитную в виде света, освещающего страницу этой книги. Тем не менее любое преобразование энергии приводит к рассеиванию тепла: энергия не теряется, но уменьшается ее полезность, способность совершать нужную нам работу (второй закон термодинамики)³¹.

Все виды энергии можно измерять в одних и тех же единицах; в естественных науках используют джоуль, а в работах по диетологии – калорию. В следующей главе, где я подробно расскажу о масштабных энергетических субсидиях в современную пищевую промышленность, мы столкнемся с разными свойствами энергии, имеющими жизненно важное значение. Производство курятины требует энергии, во много раз превышающей ту, что содержится в пригодном для еды мясе. Мы можем подсчитать уровень субсидий в виде отношения энергий (затрачен-

³¹ Существует множество книг, знакомящих с основами термодинамики, но среди них выделяется одна: *Sherwin K. Introduction to Thermodynamics*. Dordrecht: Springer Netherlands, 1993.

ные джоули/полученные джоули), однако между затраченной энергией и результатом существует очевидная разница: мы не можем питаться соляжкой или электричеством, тогда как нежирное куриное мясо представляет собой почти идеальную пищу, содержащую высококачественный белок, необходимый макроэлемент, который невозможно заменить эквивалентным количеством энергии из жиров или углеводов.

Когда речь идет о преобразовании энергии, перед нами открывается широкий выбор, причем разные способы обладают разной эффективностью. Высокая плотность химической энергии в керосине и дизельном топливе подходит для межконтинентальных перелетов или морских перевозок, но, если вы хотите, чтобы подводная лодка пересекла Тихий океан, не всплывая на поверхность, лучшим решением будет расщепление урана в маленьком реакторе для выработки электричества³². А на земле крупные ядерные реакторы являются наиболее надежными источниками электричества: некоторые из них вырабатывают электроэнергию 90–95 % времени, тогда как для лучших морских ветряных турбин этот показатель не превышает 45 %, а для фотоэлементов – 25 % даже в самом солнечном климате (в Германии солнечные панели вырабатывают электроэнергию только около 12 % времени)³³.

Все это элементарная физика или электротехника, но эти реалии игнорируются на удивление часто. Еще одна распространенная ошибка – путать энергию и мощность, и такое происходит еще чаще. Эта ошибка выдает незнание основ физики, и, к сожалению, ее совершают не только дилетанты. Энергия – это скаляр, и в физике характеризуется только величиной; скалярными также являются такие известные величины, как объем, масса, плотность, время. Мощность характеризует энергию в единицу времени и поэтому аналогична скорости (в физике скорость указывает на изменения, обычно в единицу времени). Установки, вырабатывающие электроэнергию, как правило, характеризуются мощностью, но мощность – это всего лишь скорость производства или потребления энергии. Мощность вычисляется делением энергии на время: единица ее измерения, используемая в науке, называется ватт = джоуль/секунда. Энергия равняется мощности, умноженной на время: джоули = ватты × секунды. Если вы зажжете маленькую свечку в католическом соборе, она может гореть 15 часов, преобразуя химическую энергию воска в тепло (тепловую энергию) и свет (электромагнитную энергию), а ее средняя мощность составит почти 40 Вт³⁴.

К сожалению, даже в технической литературе встречаются такие абсурдные выражения, как «электростанция вырабатывает 1000 МВт электроэнергии». Электростанция может иметь установленную мощность 1000 мегаватт – то есть вырабатывать столько электричества, – но при этом произведет 1000 мегаватт-часов или (в единицах, используемых в науке) 3,6 триллиона джоулей энергии в час (1 000 000 000 Вт × 3600 секунд). Аналогичным образом скорость основного обмена веществ взрослого мужчины (энергия, необходимая для поддержания всех функций организма в полном покое) составляет около 80 Вт, или 80 джоулей в секунду; муж-

³² Friedman N. U. S. Submarines Since 1945: An Illustrated Design History. Annapolis, MD: US Naval Institute, 2018.

³³ Коэффициент использования вычисляется как отношение реального производства к максимально возможному для данного устройства. Например, большая ветряная турбина мощностью 5 МВт при непрерывной работе в течение всего дня вырабатывает 120 МВт электроэнергии; если в реальности она выдает только 30 МВт, значит, ее коэффициент использования составляет 25 %. Средние годовые коэффициенты использования в США в 2019 г.: 21 % для солнечных панелей, 35 % для ветряных турбин, 39 % для гидроэлектростанций и 94 % для атомных станций: Table 6.07. B. Capacity Factors for Utility Scale Generators Primarily Using Non-Fossil Fuels // https://www.eia.gov/electricity/monthly/epm_table_grapher.php?t=epmt_6_07_b. Низкий коэффициент использования солнечных панелей в Германии не должен вызывать удивление: и в Берлине, и в Мюнхене количество солнечных дней в году меньше, чем в Сиэтле!

³⁴ Церковная свеча весом около 50 г, с плотностью энергии парафина 42 кДж/г содержит 2,1 МДж (50 × 42 000) химической энергии, а ее средняя мощность при 15-часовом горении составит почти 40 Вт (как у тусклой электрической лампочки). Но в обоих случаях лишь малая часть общей энергии преобразуется в свет: меньше 2 % для современной лампы накаливания и всего 0,02 % для парафиновой свечи. Вес свечи и время горения см.: <https://www.candlewarehouse.ie/shopcontent.asp?type=burn-times>; световая эффективность см.: <https://web.archive.org/web/20120423123823/http://www.ccrl.edu/physics/keefe/light.htm>

чине весом 70 килограммов, неподвижно лежащему весь день, потребуется приблизительно 7 мегаджоулей ($80 \times 24 \times 3600$) пищевой энергии, или около 1650 килокалорий, чтобы поддерживать температуру тела, обеспечивать сокращение сердца, а также осуществлять мириады ферментативных реакций³⁵.

В последнее время непонимание сути энергии привело к тому, что сторонники нового «зеленого» мира наивно призывают к почти мгновенному переходу от мерзкого грязного ископаемого топлива, запасы которого ограничены, к более совершенному, не загрязняющему окружающую среду и возобновляемому солнечному электричеству. Но жидкие углеводороды, извлекаемые из сырой нефти (бензин, авиационный керосин, дизельное топливо, мазут) обладают наибольшей плотностью энергии из всех доступных источников и поэтому больше всего подходят для всех видов транспорта. Вот как выглядит лестница плотности энергии (в гигаджоулях на тонну): сухое дерево – 16, битуминозный уголь (в зависимости от качества) – 24–30, керосин и дизельное топливо – около 46. В терминах объема плотность энергии (все величины в гигаджоулях на кубический метр) дерева – 1, качественного угля – 26, керосина – 38. Плотность энергии природного газа (метана) составляет всего лишь 35 МДж/м³ – менее 1/1000 плотности энергии керосина³⁶.

Значение плотности энергии – а также физических свойств топлива – для транспорта очевидно. Океанские лайнеры с паровыми турбинами не сжигают дерево, поскольку при прочих равных условиях дерево займет в 2,5 раза больший объем, чем качественный битуминозный уголь, необходимый для пересечения океана (и будет как минимум на 50 % тяжелее), что значительно уменьшит эффективность перевозки людей и товаров. Самолеты на природном газе нереализуемы, потому что плотность энергии у метана на три порядка меньше, чем у авиационного керосина; уголь тоже не подходит – разница в плотности энергии не столь велика, но он не потечет из расположенных в крыльях баков к двигателям.

Преимущества жидкого топлива не ограничиваются высокой плотностью энергии. В отличие от угля, сырую нефть гораздо легче добывать (нет нужды отправлять шахтеров под землю или портить ландшафт карьерами), хранить (в цистернах или под землей, поскольку из-за гораздо более высокой плотности энергии сырой нефти любое замкнутое пространство вмещает на 75 % больше энергии в виде жидкого топлива, чем в виде угля) и перемещать (танкерами или с помощью трубопроводов, самого безопасного вида транспортировки на большие расстояния), и поэтому она легко доступна там, где в ней возникает потребность³⁷. Сырая нефть требует перегонки, чтобы разделить сложную смесь углеводородов на фракции (бензин является самой легкой фракцией, мазут – самой тяжелой), но этот процесс позволяет получить более ценные виды топлива для конкретных нужд, а также незаменимые побочные продукты, такие как смазочные масла.

Смазка нужна для минимизации трения во всех движущихся механизмах, от громадных турбореактивных двигателей широкофюзеляжных авиалайнеров до миниатюрных подшипников³⁸. Самым крупным потребителем смазочных материалов является автомобильный сектор (в настоящее время на дорогах мира насчитывается более 1,4 миллиарда автомобилей), следующей идет промышленность (самые большие рынки – текстильная, энергетическая, химическая и пищевая), затем океанские суда. Ежегодное потребление смазочных материалов превышает 120 мегатонн (для сравнения: суммарное производство всех пищевых масел, от

³⁵ Расчет основного обмена веществ: Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation, Human Energy Requirements. Rome: FAO, 2001. P. 37, <http://www.fao.org/3/a-y5686e.pdf>

³⁶ Engineering Toolbox. Fossil and Alternative Fuels – Energy Content (2020), https://www.engineeringtoolbox.com/fossilfuels-energy-content-d_1298.html

³⁷ Smil V. Oil: A Beginner's Guide. L.: Oneworld, 2017; Maugeri L. The Age of Oil: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource. Westport, CT: Praeger Publishers, 2006.

³⁸ Mang T., ed. Encyclopedia of Lubricants and Lubrication. Berlin: Springer, 2014.

оливкового до соевого, составляет около 200 мегатонн в год), а поскольку доступная альтернатива – синтетическая смазка, изготовленная из более простых, но, как правило, тоже получаемых из нефти компонентов, а не непосредственно из сырой нефти, – обходится дороже, потребность в них будет расти по мере роста промышленности во всем мире.

Еще один продукт, получаемый из сырой нефти, – асфальт. В настоящее время в мире производится порядка 100 мегатонн этого черного липкого материала; 85 % используется для дорожного покрытия (горячие и теплые асфальтовые смеси), остальное для кровли³⁹. Есть и другие способы использования углеводородов не в качестве топлива. Они – незаменимое сырье для самых разных процессов химического синтеза (в основном получения этана, пропана и бутана из сжиженного природного газа), при производстве синтетических волокон, смол, клеящих веществ, красок и покрытий, растворителей и пестицидов – без всего этого современный мир не может существовать⁴⁰. Учитывая эти преимущества и полезные свойства, совершенно очевидно – и неизбежно, – что наша зависимость от сырой нефти будет расти по мере ее удешевления и возможности доставки в любую точку мира.

Переход от угля к сырой нефти растянулся на несколько поколений. Промышленная добыча сырой нефти началась в 1850-х гг. в России, Канаде и США. Скважины, которые бурили древним ударным способом, когда тяжелый буровой снаряд забивается в почву, были неглубокими, а главным продуктом примитивной перегонки нефти оставался керосин для ламп (который заменил китовую ворвань и свечи)⁴¹. Новые рынки для продуктов перегонки нефти появились только после широкого распространения двигателей внутреннего сгорания: сначала изобрели бензиновые двигатели (с использованием цикла Отто) для легковых автомобилей, автобусов и грузовиков, затем более эффективные двигатели конструкции Рудольфа Дизеля, топливом для которых служила более тяжелая и дешевая фракция (солярка, как вы уже догадались) и которые ставились преимущественно на суда, грузовики и тяжелое машинное оборудование (более подробно об этом см. главу 4, посвященную глобализации). Распространение этих новых первичных двигателей было медленным, и до Второй мировой войны количество владельцев личных автомобилей быстро росло только в США и Канаде.

Сырая нефть стала глобальным топливом и в конечном итоге самым главным источником первичной энергии благодаря открытию гигантских нефтяных месторождений на Ближнем Востоке и в СССР – и, разумеется, благодаря появлению больших танкеров. Некоторые крупные месторождения на Ближнем Востоке начали разрабатывать еще в 1920-х и 1930-х гг. (иранский Гечсаран и иракский Киркук в 1927 г., кувейтский Бурган – в 1937 г.), но большинство были открыты после войны, в том числе Гавар (крупнейшее в мире) в 1948 г., Сафания в 1951 г. и Манифа в 1957 г. – все в Саудовской Аравии. В Советском Союзе самые богатые нефтяные месторождения были открыты в 1948 г. (Ромашкинское в Волго-Уральской нефтегазоносной области) и в 1965 г. (Самотлорское в Западной Сибири)⁴².

³⁹ Asphalt Institute. *The Asphalt Handbook*. Lexington, KY: Asphalt Institute, 2007.

⁴⁰ International Energy Agency. *The Future of Petrochemicals*. Paris: IEA, 2018.

⁴¹ Thuro C. M. V. *Oil Lamps: The Kerosene Era in North America*. N. Y.: Wallace-Homestead Book Company, 1983.

⁴² Li G. *World Atlas of Oil and Gas Basins*. Chichester: Wiley-Blackwell, 2011; Howard R. *The Oil Hunters: Exploration and Espionage in the Middle East*. L.: Hambledon Continuum, 2008.

Рост и относительное падение спроса на сырую нефть

Массовое производство легковых автомобилей в Европе и Японии и сопутствующий перевод экономик этих стран с угля на сырую нефть, а впоследствии на природный газ началось только в 1950-х гг. – одновременно с расширением международной торговли и путешествий (в том числе на новых реактивных лайнерах), а также с использованием нефтехимического сырья для производства аммиака и пластика. В 1950-х гг. мировая добыча сырой нефти удвоилась, а в 1964 г. сырая нефть заменила уголь как главное ископаемое топливо. Добыча постоянно увеличивалась, спрос удовлетворялся, и цены падали. В фиксированных ценах (скорректированных с учетом инфляции) мировая цена на нефть в 1950 г. была ниже, чем в 1940-м, в 1960 г. – ниже, чем в 1950-м, а в 1970 г. – ниже, чем в 1960-м⁴³.

Неудивительно, что спрос генерировали все сектора экономики. Собственно, сырая нефть была такой дешевой, что отсутствовали стимулы для ее эффективного использования: дома американцев в регионах с холодным климатом обогревали нефтяными горелками, но строили с одинарными стеклами и без дополнительного утепления; средний КПД американских машин снизился за период с 1933 по 1973 г., а отрасли с высоким энергопотреблением продолжали использовать процессы с низкой энергоэффективностью⁴⁴. Наиболее показательный пример – в Америке темп замены старых мартеновских печей на более совершенные кислородные конвертеры для производства стали был гораздо ниже, чем в Японии и Западной Европе.

В конце 1960 г. в Америке спрос на нефть, и без того высокий, повысился на 25 %, а во всем мире – почти на 50 %. В период с 1965 по 1973 г. спрос на нефть в Европе почти удвоился, а японский импорт увеличился в 2,3 раза⁴⁵. Как отмечалось выше, открытие новых месторождений позволяло удовлетворить рост спроса, и нефть продавалась практически по той же цене, что и в 1950 г. Но такая ситуация не могла сохраняться слишком долго. В 1950 г. на США приходилось около 53 % мировой добычи нефти; в 1970 г. эта доля упала до 23 % – хотя страна еще оставалась крупнейшим производителем, было очевидно, что придется наращивать импорт – тогда как на Организацию стран – экспортеров нефти (ОПЕК) приходилось 48 % мировой добычи.

Время играло на стороне ОПЕК, основанной в 1960 г. в Багдаде пятью странами с целью предотвратить дальнейшее падение цен на нефть: в 1960-х гг. организация была недостаточно сильной, чтобы оказывать существенное влияние, но к 1970 г. ее доля в мировой добыче нефти, а также снижение добычи в США (пик пришелся на 1970 г.) уже не позволяли игнорировать ее требования⁴⁶. В апреле 1972 г. Техасская железнодорожная комиссия сняла ограничения на добычу нефти в штате и таким образом отказалась от контроля над ценами, существовавшего с 1930-х гг. В 1971 г. Алжир и Ливия приступили к национализации добычи нефти; в 1972 г. их примеру последовал Ирак, и в том же году Кувейт, Катар и Саудовская Аравия начали постепенно забирать себе нефтяные месторождения – до сих пор они находились в руках иностран-

⁴³ Aguilera R. F. and Radetzki M. *The Price of Oil*. Cambridge: Cambridge University Press, 2015; Cordesman A. H. and Al-Rodhan K. R. *The Global Oil Market: Risks and Uncertainties*. Washington, DC: CSIS Press, 2006.

⁴⁴ В начале 1930-х гг. средний расход бензина американских машин составлял 16 миль на галлон (15 л на 100 км); на протяжении четырех десятилетий этот показатель медленно ухудшался до 13,4 мили на галлон (17,7 л на 100 км) в 1973 г. Новые стандарты «Закона о среднем расходе топлива автомобилями, выпускаемыми корпорацией» (CAFE) удвоили его до 27,5 мили на галлон (8,55 л на 100 км) в 1985 г., но последующее снижение нефтяных цен затормозило прогресс вплоть до 2010 г.: Smil V. *Transforming the Twentieth Century*. N. Y.: Oxford University Press, 2006. P. 203–208.

⁴⁵ Подробную статистику производства и потребления энергии можно найти в отчете ООН «Ежегодник статистики энергетики» (*Energy Statistics Yearbook*) и статистическом обзоре компании BP, *Statistical Review of World Energy*.

⁴⁶ Ghanem S. M. *OPEC: The Rise and Fall of an Exclusive Club*. L.: Routledge, 2016; Smil V. *Energy Food Environment*. Oxford: Oxford University Press, 1987. P. 37–60.

ных корпораций. Затем в апреле 1973 г. США сняли ограничения на импорт сырой нефти к востоку от Скалистых гор. Неожиданно цены на рынке начал диктовать продавец, и 1 октября 1973 г. ОПЕК подняла официальную цену на 16 %, до 3,01 доллара за баррель, а после победы Израиля над Египтом и Сирией на Синайском полуострове в октябре 1973 г. шесть арабских стран Персидского залива подняли цену еще на 17 % и установили эмбарго на экспорт нефти в США.

1 января 1974 г. страны Персидского залива подняли официальную цену до 11,65 доллара за баррель, то есть всего за один год стоимость главного источника энергии увеличилась в 4,5 раза, и в результате закончилась эпоха быстрого экономического развития, движущей силой которой была дешевая нефть. С 1950 по 1973 г. ВВП Европы почти утроился, а в США при жизни одного поколения ВВП увеличился более чем в два раза. В период с 1973 по 1975 г. темпы мирового экономического роста снизились почти на 90 %, а когда экономики, пострадавшие от высоких цен на нефть, начали приспосабливаться к новым реалиям – прежде всего впечатляющим ростом энергоэффективности в промышленности, – исламская революция в Иране (падение монархии и приход к власти фундаменталистской теократии) привела ко второй волне роста нефтяных цен, с 13 долларов в 1978 г. до 32 долларов в 1981 г., и еще 90-процентному спаду темпов мирового экономического роста в период с 1979 по 1982 г.⁴⁷

Цена нефти более 30 долларов за баррель уничтожила спрос, и к 1986 г. нефть снова продавалась по 13 долларов за баррель, что создало условия для очередного раунда глобализации – на этот раз с центром в Китае, быструю модернизацию которого обеспечили экономические реформы Дэн Сяопина и значительные иностранные инвестиции. Два поколения спустя только те, кто пережил эти годы хаоса цен и поставок (или те немногие, кто изучал последствия), могли понять, насколько травматичными были эти две волны роста цен. Последствия экономических спадов ощущаются и сегодня, спустя несколько десятилетий, поскольку, когда спрос на нефть стал расти, многие меры экономии остались, а некоторые – в частности, переход к более эффективному использованию энергии в промышленности – продолжали совершенствоваться⁴⁸.

В 1995 г. добыча сырой нефти наконец превысила рекорд 1979 г. и продолжила рост, отвечая на спрос со стороны реформирующейся экономики Китая, а также на повышение спроса во всей Азии, – однако относительное доминирование сырой нефти, отмечавшееся до 1975 г., так и не восстановилось⁴⁹.

⁴⁷ *Buchan J.* Days of God: The Revolution in Iran and Its Consequences. N. Y.: Simon & Schuster, 2013; *Maloney S.* The Iranian Revolution at Forty. Washington, DC: Brookings Institution Press, 2020.

⁴⁸ Первыми сократили потребление энергоемкие производства (металлургия, химический синтез), успех стандартов американского «Закона о среднем расходе топлива» уже отмечался выше (см. примеч. 44), а почти все производство электроэнергии, основанное на сжигании сырой нефти или мазута, перешло на уголь или природный газ.

⁴⁹ Доля сырой нефти после 1980 г. вычислялась по цифрам потребления в British Petroleum, Statistical Review of World Energy.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

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