

Содержание

Введение и слова признательности	7
1. Энергия и общество	8
Потоки, запасы и средства контроля	11
Концепции и единицы измерения	14
Сложности и предупреждения	23
2. Энергия в доисторические времена	27
Общества охотников-собирателей	33
Истоки сельского хозяйства	46
3. Традиционное сельское хозяйство	53
Общие и разные практики	56
Работа в поле	57
Господство зерновых	61
Циклы севооборота	66
Маршруты интенсификации	68
Тягловые животные	69
Орошение	78
Внесение удобрений	84
Разнообразие культурных растений	88
Постоянство и инновации	89
Древний Египет	90
Китай	92
Культуры Мезоамерики	98
Европа	101
Северная Америка	107
Пределы традиционного земледелия	112
Достижения	113
Питание	118
Ограничения	120
4. Топливо и первичные движители доиндустриальной эпохи	128
Первичные движители	132
Одушевленная мощность	133
Мощность воды	146
Мощность ветра	156
Растительное топливо	162
Дерево и древесный уголь	163
Пожнивные остатки и навоз	166
Хозяйственные нужды	168
Приготовление пищи	169
Тепло и свет	172
Транспорт и строительство	175
Наземный транспорт	175
Гребные и парусные суда	185
Здания и другие сооружения	193

Содержание

Металлургия	203
Цветные металлы	204
Железо и сталь	207
Военное дело	213
Одушевленные энергии	213
Взрывчатые вещества и огнестрельное оружие	218
5. Ископаемое топливо, первичное электричество и возобновляемые источники энергии	220
Великий переход	223
Начало и распространение добычи каменного угля	224
От древесного угля к коксу	228
Паровые двигатели	230
Нефть и двигатели внутреннего сгорания	239
Электричество	249
Технические инновации	260
Уголь	264
Углеводороды	268
Электричество	273
Возобновляемые источники энергии	277
Первичные движители в транспорте	281
6. Цивилизация ископаемого топлива	286
Беспрецедентная мощность и ее использование	287
Энергия в сельском хозяйстве	295
Индустриализация	302
Транспорт	313
Информация и коммуникация	322
Экономический рост	331
Последствия и проблемы	337
Урбанизация	338
Качество жизни	342
Политические импликации	350
Оружие и войны	354
Изменения окружающей среды	366
7. Энергия в мировой истории	370
Большие паттерны в использовании энергии	370
Энергетические эпохи и переходы	372
Долгосрочные тенденции и снижение затрат	382
Что не изменилось?	392
Между детерминизмом и выбором	401
Императивы энергетических потребностей и видов использования энергии	402
Важность средств контроля	409
Пределы энергетических объяснений	413
Приложение	426
Базовые единицы измерения	426
Научные единицы измерения, их множители и делители	428
Хронология достижений, связанных с энергией	429
Мощность в истории	435
Библиографические заметки	437
Справочная литература	438

Введение и слова признательности

Я завершил работу над «Энергией в мировой истории» в июле 1993 года, книга вышла в 1994-м и оставалась в печати два десятилетия. Но с 1994 года исследования в области энергии ушли далеко вперед, и я сам внес в них вклад, написав девять книг, посвященных только энергетическим вопросам, а также дюжину междисциплинарных трудов со значительной энергетической составляющей. И когда я вновь решил коснуться этой удивительной темы, стало очевидно, что поверхностное обновление данных не поможет. В результате читателю предлагается в сущности новая работа с новым заголовком: текст почти на 60% объемнее, чем первая версия, в книге на 40% больше иллюстраций и в два раза больше ссылок на литературу, включены некоторые интересные вычисления, детальные объяснения важных тем и таблицы, без которых не обойтись. Я использовал цитаты из разнообразных источников, от классиков — Апулей, Лукреций, Плутарх — до исследователей девятнадцатого и двадцатого веков, таких как Бродель, Эден, Оруэлл и Сенанкур. Иллюстрации были обновлены, их созданием занимались Bounce Design в Виннипеге; две дюжины архивных фотографий отыскивались в корпорации Corbis в Сиэтле, их предоставили Ян Саундерс и Ану Хорсман. И как это всегда бывает в случае междисциплинарного исследования такого рода, книга не могла появиться без работ сотен историков, ученых, инженеров и экономистов.

Виннипег, август 2016 года

1. Энергия и общество

Энергия — единственная универсальная валюта, без ее трансформации в какой-либо форме невозможны никакие свершения. Проявления этих трансформаций варьируются от вращения галактик до термоядерных реакций в недрах звезд. На Земле они ранжируются от терраформирующих сил тектонических плит, которые делят на части дно океана и поднимают горные хребты, до кумулятивного эрозивного воздействия крохотных капель воды (еще римляне знали, что *gutta cavat lapidem non vi, sed saepe cadendo* — капля воды точит камень не силой, а постоянством). Жизнь на Земле — а несмотря на десятилетия попыток поймать взеземные сигналы, мы знаем только жизнь на нашей планете — была бы невозможной без фотосинтетического перехода соляной энергии в фитомассу (биомассу растений). Выживание людей зависит от этой трансформации, и на многих других потоках энергии держится существование нашей цивилизации.

Ричард Адамс (Adams 1982: 27) сказал по этому поводу:

«Мы можем придумать самые безумные идеи, но если у нас нет возможности воплотить их, то они так и останутся идеями... История действует непредсказуемым образом. Но события истории тем не менее опираются на структуру или организацию, которые должны гармонично сочетаться с их энергетическими компонентами».

Эволюция человеческих обществ привела к увеличению этих самых обществ, к росту сложности социальных и производственных процессов и к повышению качества жизни для все большего числа людей. С фундаментальной биофизической перспективы и доисторическую эволюцию человека, и ход человеческой истории можно рассматривать как поиск контроля над все большими запасами и потоками все более концентрированной и гибкой энергии в разных формах, над ее трансформацией со все более низкими затратами и высокой эффективностью в тепло, свет и движение. Подобная тенденция была обобщена Альфредом Лотка (1880–1949), американским математиком, химиком и статистиком, в его законе максимальной энергии: «В любой рассматриваемый момент естественный отбор будет действовать так, чтобы увеличить общую массу органической системы, чтобы увеличить скорость циркуляции материи через систему и чтобы увеличить общий поток энергии через систему до тех пор, пока остается неиспользованный остаток материи и доступной энергии» (Lotka 1922, 148).

История сменяющих друг друга цивилизаций, самых больших и сложных организмов нашей биосферы, идет в рамках этого принципа. Зависимость людей от все более и более мощных потоков энергии можно рассматривать как неизбежное

продолжение органической эволюции. Вильгельм Оствальд (1853–1932, лауреат нобелевской премии по химии 1909 года за работу в области катализа) был первым ученым, который явным образом приложил «второй закон энергетике ко всем и любым действиям и в особенности к совокупности человеческих действий...»: «Все виды энергии не годятся для этой трансформации, только определенные формы, которым вследствие этого дается имя свободных форм энергии... Свободная форма энергии, таким образом, является капиталом, который потребляют все существа всех видов, и посредством ее превращения совершается все» (Ostwald 1912, 83). Это привело его к формулировке энергетического императива: «*Vergeude keine Energie, verwerte sie*» — «Не тратьте энергию ни в какой форме, делайте ее полезной» (Ostwald 1912, 85).

Три цитаты иллюстрируют, как последователи Оствальда заново использовали его выводы и как некоторые из них устанавливали связь между энергией и всеми человеческими действиями намного более детерминистским и откровенным образом. Начало семидесятых отмечено работой Ховарда Одума (1924–2002), который предложил вариацию ключевой темы Оствальда: «Доступность источников энергии определяет количество рабочей активности, которая может существовать, а контроль над потоками энергии определяет силу в человеческих взаимоотношениях и в относительном влиянии человека на природу» (Odum 1971, 43). В конце восьмидесятых Рональд Фокс завершил книгу о роли энергии в эволюции словами «усовершенствование культурных механизмов происходит с каждым усовершенствованием в области стыковки энергетических потоков» (Fox 1988, 166).

Не нужно быть ученым, чтобы установить связь между запасом энергии и социальным развитием. Об этом Эрик Блэр, больше известный как Джордж Оруэлл (1903–1950), писал в 1937 году во второй главе повести «Дорога на причал Уигана», после того, как сам побывал на угольной шахте:

«Наша цивилизация, при всем уважении к Честертону, базируется на угле куда в большей степени, чем можно полагать, не задумываясь об этом. Машины, позволяющие нам жить, и машины, изготовляющие другие машины, все они прямо или косвенно зависят от угля. В метаболизме западного мира шахтер в угольной шахте стоит на втором месте по важности после того человека, который вспахивает почву. Он что-то вроде кариатиды, на плечах которой стоит все, не запачканное угольной сажой. По этой причине стоит понаблюдать за процессом добычи угля, если у вас есть шанс и вы готовы к трудностям» (Orwell 1937, 18).

Но повторное обозначение этой фундаментальной связи (как сделал Оруэлл) и утверждение, что культурные усовершенствования имеют место после каждого усовершенствования в области энергии (как сделал Фокс), — две разные вещи. Вывод Оруэлла не предвзят, а высказывание Фокса — откровенное изложение заново детерминистического постулата, выраженного двумя поколениями ранее антропологом Лесли Уайтом (1900–1975), который назвал его первым важным законом культурного развития: «При прочих равных условиях степень культурного

развития зависит прямым образом от количества энергии на душу населения, энергии освоенной и пущенной в работу» (White 1943, 346). В то время как не может быть противоречия между фундаментальной формулировкой Оствальда и заявлением о всеобъемлющем воздействии энергии на структуру и динамику эволюционирующих обществ (при всем уважении к Оруэллу), детерминистическая связь между уровнем использования энергии и культурными достижениями — в значительной степени спорная идея. Я оцениваю эту причинность (или ее отсутствие) в следующей главе данной книги.

Фундаментальная природа этого концепта не ставится под сомнение.

Роберт Линдсэй (Lindsay 1975, 2) писал:

«Если мы можем найти единственное слово, чтобы представить идею, которая прилагается к каждому элементу нашего существования способом, заставляющим нас чувствовать, что мы истинным образом его понимаем, то это значит, что мы достигли чего-либо экономического и могущественного. Именно это и произошло с идеей, выраженной словом «энергия». Никакой другой концепт не объединил подобным образом наше понимание существующего».

Но что такое энергия?

Удивительно, но даже лауреаты Нобелевской премии сталкивались с трудностями, пытаясь дать внятный ответ на этот, казалось бы, простой вопрос. Ричард Фейнман (1918–1988) в своих знаменитых «Лекциях по физике» подчеркнул: «Важно понимать, что в сегодняшней физике мы не имеем представления о том, что такое энергия. Мы не можем представить, что энергия появляется в маленьких шариках определенного объема» (Feynman 1988, 4–2).

Из В	Электромагнитная	Химическая	Ядерная	Термальная	Кинетическая	Электрическая
Электромагнитная		Хемилюминесценция	Ядерные бомбы	Тепловое излучение	Ускоряющиеся заряды	Электромагнитное излучение
Химическая	Фотосинтез	Химическое обогащение		Кипячение	Разложение при облучении	Электролиз
Ядерная	Гамма-нейтронные реакции					
Термальная	Поглощение солнечного излучения	Сгорание	Деление/синтез	Теплообмен	Трение	Нагрев сопротивлением
Кинетическая	Радиометры	Метаболизм	Радиоактивность/ядерные бомбы	Термальное расширение/внутреннее сгорание	Механизмы	Электромоторы
Электрическая	Солнечные батареи	Топливные элементы/батареи	Ядерные батареи	Термоэлектричество	Электрогенераторы	

Рисунок 1.1. Матрица энергетических преобразований. В ячейках, где существует несколько возможных вариантов, упомянуты только две, самые известные трансформации