



С. Д. Хайтун

**«ТЕПЛОВАЯ СМЕРТЬ»
НА ЗЕМЛЕ**

**И СЦЕНАРИЙ
ЕЕ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ**

1

ЭНЕРГЕТИКА, ПОСТРОЕННАЯ НА КРУГОВОРОТЕ ТЕПЛА И ВЕЧНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ 2-ГО РОДА

Практически вся потребляемая человеком энергия рассеивается в виде тепла, перегружая биосферу. «Чистые» виды топлива не отличаются в этом плане от «грязных». Последствия перегрева станут катастрофическими, когда энергопотребление достигнет 0,1% (одна оценка) или 1% (другая оценка) от солнечного потока, то есть — при нынешних темпах роста энергопотребления — через 50–80 или 130–200 лет. Будучи одним из основных законов природы, вектор эволюции обязывает все и вся развиваться в сторону интенсификации метаболизмов или погибнуть. Это значит, что затормозить сколько-нибудь существенно россыпание биения энергии — и потребления вообще — человечество не может.



URSS

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт истории естествознания и техники
им. С. И. Вавилова

С. Д. Хайтун

**«ТЕПЛОВАЯ СМЕРТЬ»
НА ЗЕМЛЕ И СЦЕНАРИЙ
ЕЕ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ**

Часть 1

**Энергетика,
построенная на круговороте тепла
и вечных двигателях 2-го рода**



URSS
МОСКВА

Хайтун Сергей Давыдович

**«Тепловая смерть» на Земле и сценарий ее предотвращения:
Энергетика, построенная на круговороте тепла и вечных двигателей
2-го рода. Ч. 1. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. — 192 с.**

Потребляя энергию, мы превращаем одну ее форму в другую, в конечном же счете практически вся добываемая энергия рассеивается в виде тепла. Если энергопотребление сравняется по мощности с достигающим поверхности Земли солнечным излучением, равные формы жизни погибнут. При сохранении нынешних темпов роста энергопотребления это произойдет через 285–430 лет, реально же проявления перегрева станут катастрофическими, когда энергопотребление достигнет 0,1% (одна оценка) или 1% (другая оценка) от солнечного потока, т. е. через 50–80 или 130–200 лет соответственно. Популярный сценарий — торможение роста потребления энергии — направлен против вектора эволюции и потому губелен.

Излагаемый в первой части книги авторский сценарий состоит в переходе к (термоциклической) энергетике, построенной на круговороте тепла и «фабриках холода», которые бы снова и снова собирали рассеянное в среде тепло. Роста энергопотребления можно будет добиваться ускорением круговорота тепла без увеличения его общего количества в среде.

Мыслимы два типа «фабрик холода». Во-первых, это гео- и гидротермальные энергоустановки и тепловые насосы классического типа, КПД которых не превышает КПД Карно. Во-вторых, это тепловые машины с КПД, не ограниченным КПД Карно, т. е. вечные двигатели 2-го рода, запрещаемые, согласно традиции, вторым началом термодинамики. Рассеянное в среде тепло характеризуется, как правило, низкими температурными градиентами, что делает КПД «фабрик холода» первого типа слишком малыми. Перед человечеством возникает дилемма: либо попытаться установить несостоятельность запрета на вечные двигатели 2-го рода и в случае удачи реализовать термоциклическую энергетику, либо погибнуть.

Проводимый во второй части книги анализ чрезвычайно (чрезмерно) многочисленных формулировок второго начала и определенных таких двигателей приводит автора к выводу о несостоятельности запрета на них. Цель книги — попытаться переломить негативное отношение Большой Науки к вечным двигателям 2-го рода и побудить энергетические компании заняться ими вплотную.

Первая часть книги не требует при чтении специальных знаний и может быть рекомендована широкому кругу читателей, обладающих навыками работы с научной литературой.

Издательство «Книжный дом «ЛИБРОКОМ»».
117312, Москва, пр-т Шестидесятилетия Октября, 9.
Формат 60×90/16 Печ. л. 12. Зак. № 1931.

Отпечатано в ООО «ЛЕНАНД».
117312, Москва, пр-т Шестидесятилетия Октября, 11А, стр. 11.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Введение	11
Глава 1. Угроза гибели человечества из-за теплового загрязнения среды, вызываемого потреблением энергии как таковым	19
1.1. Потепление климата	19
1.2. Угроза «тепловой смерти»: deadline1 (энергопотребление равно потоку солнечного излучения на поверхности Земли).....	20
1.3. Угроза «тепловой смерти»: deadline2 и deadline3 (энергопотребление равно соответственно 1 % и 0,1 % от потока солнечного излучения на поверхности Земли).....	25
1.4. Мировое сообщество на угрозу «тепловой смерти» из-за потребления энергии как такового не реагирует	29
1.4.1. Глобальный энергетический кризис и его проявления	30
1.4.2. Пути преодоления мировым сообществом энергетического кризиса	32
1.4.2.1. Борьба с парниковым эффектом	32
1.4.2.2. Энергосбережение	34

1.4.2.3. Возвращение «отодвинутых» и поиски новых невозобновляемых источников энергии	35
1.4.2.4. Освоение возобновляемых источников энергии (ВИЭ).....	41
1.4.3. Экзотические объяснения и рецепты преодоления наблюдаемых природных катаклизмов	52
1.4.4. Недостаточность принимаемых мировым сообществом мер: угроза «тепловой смерти» остается	53
Глава 2. Популярный сценарий — торможение роста потребления энергии — направлен против вектора эволюции и потому гибелен.....	57
2.1. Популярный сценарий: торможение роста энергопотребления и потребления вообще.....	57
2.2. Римский клуб и комиссия Брундтланд: концепция устойчивого развития и ее недостаточность	62
2.3. Универсальная эволюция	67
2.4. Вектор универсальной эволюции	69
2.4.1. Вектор эволюции как совокупность компонент	69
2.4.2. Первая компонента вектора эволюции: интенсификация энергообмена и обмена веществ.....	71
2.4.2.1. Энергообмен vs. обмен веществ	71
2.4.2.2. Энергетизм: здоровая основа концепции Маха, Оствальда и др.	72
2.4.2.3. Интенсификация энергообмена и обмена веществ в органической эволюции.....	74
2.4.2.4. Тепловые барьеры в эволюции животных: появление человека	83
2.4.2.5. Интенсификация потребления энергии и вещества в социальной эволюции	85
2.4.3. Поправка на эволюционный принцип минимакса	89
2.4.3.1. Принцип минимакса	90
2.4.3.2. Минимизационная сторона принципа минимакса в энергообмене и обмене веществ	93

2.4.4. Вторая компонента вектора эволюции: круговороты энергии и вещества	94
2.4.4.1. Круговороты энергии и вещества как проявление минимизационной стороны принципа минимакса	94
2.4.4.2. Интегсификация круговоротов энергии и вещества	98
2.5. Идти против вектора эволюции — это значит идти к социальной катастрофе	101
Глава 3. Авторский сценарий: переход к (термоциклической) энергетике, построенной на круговороте тепла и вечных двигателях 2-го рода	105
3.1. Реализация устойчивого развития через интенсификацию круговоротов энергии и вещества	105
3.2. Круговорот энергии как круговорот тепла: термоциклическая энергетика и «фабрики холода» как ее основа	107
3.3. Необходимость базирования термоциклической энергетике на вечных двигателях 2-го рода	111
3.4. Хотя гео- и гидротермальные установки и тепловые насосы классического типа de facto черпают рассеянное в среде тепло, многие физики, включая классиков, отрицают саму возможность этого	117
3.5. Принято считать, что вечные двигатели 2-го рода запрещены вторым началом термодинамики; этот запрет необходимо подвергнуть критическому анализу	125
3.5.1. Необходимость критического анализа запрета на вечные двигатели 2-го рода диктуется угрозой «тепловой смерти»	125
3.5.2. У запрета на вечные двигатели 2-го рода при его возникновении присутствовала психологическая подоплека, что делает его изначально не вполне корректным	126

3.5.3. Несовместимость запретов Большой Науки с фрактальной природой науки	127
3.5.4. Законы физики не могут противоречить законам эволюции.....	133
Глава 4. «Человек — чума Вселенной» и другие сценарии энергетического будущего: нельзя класть яйца в одну корзину	135
Заключение	139
Литература	143
Именной указатель	177
Предметный указатель	185

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта книга является плодом многолетних размышлений автора над понятием энтропии. Первую свою статью на эту тему я написал в 1967 г., сразу по окончании Московского физико-технического института, однако опубликована она была уже после того, как в 1972 г. я оказался в Институте истории естествознания и техники АН СССР (РАН), в котором работаю по сей день. С тех пор я касался этого понятия во многих публикациях. Если в первой из них [Хайтун, 1974] авторская точка зрения относительно энтропии была достаточно стандартной, то со временем она всё более отходила от мейнстрима. В 1991 г. [Haitun, 1991] я пришел к выводу, что энтропия реальных систем, в отличие от энтропии отдельно взятого математического распределения, не является мерой беспорядка, в чем «виновны» взаимодействия, которые, определяя развитие реальных систем, сами изменяются во времени, делая баланс энтропии и беспорядка неопределенным.

Этот результат привел к новой проблеме: если энтропия реальных систем не является мерой беспорядка/сложности, то почему эволюционный рост энтропии происходит с ростом сложности? Ее решение было предложено в книге «Феномен человека на фоне универсальной эволюции» (2005) в рамках авторской версии универсального эволюционизма, которая «сама собой» привела к выводу об угрозе «тепловой смерти» человечества из-за экспоненциального, с удвоением каждые 23,5–35 лет, роста потребления энергии с последующим ее рассеянием в виде тепла.

При сохранении такого роста энергопотребления антропогенный поток тепла в биосфере через 285–430 лет сравняется с потоком тепла от Солнца, что для земной биосферы станет смертельным, полномасштабные же катастрофические явления начнутся, когда энергопотребление достиг-

нет 0,1 % (одна оценка) или 1 % (другая оценка) от солнечного потока, что произойдет соответственно через 50–80 или 130–200 лет.

Предпринятое в «Феномене человека...» рассмотрение неорганической, органической и социальной эволюции в едином ключе убедило меня также в том, что вектор эволюции безусловно существует, имея несколько компонент:

- 1) интенсификация «метаболизмов» разной природы, включая энергообмен и обмен веществ;
- 2) интенсификация и расширение круговоротов энергии и вещества, и др.

Будучи одним из основных законов природы, вектор эволюции обязывает всё и вся развиваться в задаваемом им направлении или погибнуть. Это значит, что *затормозить сколько-нибудь существенно рост потребления энергии — и потребления вообще — человечество не может, потому что это принесет ему гибель.*

В поисках выхода пришлось вплотную заняться анализом взаимоотношений энтропии с теплотой, подведомственных второму началу термодинамики, запрещающему, согласно традиции, вечные двигатели 2-го рода, т. е. энергетические установки, которые используют в качестве источника энергии рассеянное тепло среды и которые не имеют холодильника, из-за чего их КПД не лимитируется КПД Карно. Вот эта каноническая точка зрения — в поисках избавления от угрозы «тепловой смерти» — и подвергается в настоящей книге критическому анализу.

Принято считать, что холодильник необходим всякой тепловой машине для компенсации уменьшения (тепловой) энтропии, связанного с превращением тепла в другие формы энергии. Главный авторский тезис состоит в том, что *компенсация уменьшения тепловой энтропии может быть и нетепловой*, поскольку никакого «закона» возрастания тепловой энтропии природа не знает, действует только закон возрастания полной энтропии. Это и делает в принципе возможным вечный двигатель 2-го рода. Если их удастся развернуть в необходимых масштабах, то можно будет перейти к (термоциклической) энергетике, построенной на круговороте тепла, что и снимет угрозу «тепловой смерти». Диктуемого эволюцией роста энергопотребления тогда можно будет добиваться, интенсифицируя круговорот тепла без увеличения общего количества тепла, рассеянного в среде.

Работа выполнена в секторе теоретико-методологических проблем истории естествознания Института истории естествознания и техники РАН

им. С. И. Вавилова. Сотрудникам Сектора во главе с А. А. Печенкиным и заведомом методологических и социальных проблем развития науки Ю. И. Кривоносову автор выражает свою признательность за содействие. Считаю также своим приятным долгом поблагодарить за неизменно благожелательное отношение на всех стадиях работы заведомом истории физико-математических наук Г. М. Иддиса. Остро критическое отношение к развиваемым в книге положениям сотрудников сектора истории физики и механики во главе с Вл. П. Визгиным и жесткая полемика с моим другом В. И. Роговым стимулировали работу на всем ее протяжении. Критика и всегда-то полезна, заставляя вас находить возможно более весомые и возможно более четко сформулированные аргументы, однако когда вы беретесь за столь рискованную тему, что наиболее участливые из оппонентов выражают свое искреннее беспокойство за ваше душевное здоровье, она становится жизненной необходимостью. Всем, кто вольно или невольно помогал таким образом, автор выражает свою признательность, не возлагая, естественно, на них ответственность за излагаемые в книге положения и возможные ошибки.

ВВЕДЕНИЕ

Математик может говорить, что ему вздумается, но физик должен, хотя бы в какой-то мере, быть в здравом уме.

Джозайя Виллард Гиббс

Вплотную занявшись сегодня потеплением климата, мировое сообщество пока упускает, мне кажется, очень важную, быть может — самую важную, составляющую этой проблемы. Большинство экспертов считает сегодня, что потепление является следствием промышленных выбросов в атмосферу парниковых газов, особенно — углекислого газа CO_2 . Соответственно основные усилия сосредоточены на изыскании средств снижения концентрации CO_2 в атмосфере.

В этом, на мой взгляд, и состоит ошибка. Очистка атмосферы — дело, разумеется, благое, однако это лишь ненадолго отсрочит катастрофу. Дело в том, что, потребляя энергию, мы только превращаем одну ее форму в другую, в конечном же счете практически вся добываемая нами энергия рассеивается в виде тепла, подвергая биосферу тепловым перегрузкам.

Если и когда человечество будет ежегодно добывать, рассеивая затем в виде тепла, столько же энергии, сколько ее достигает за год поверхности Земли в виде солнечного излучения, развитым формам жизни придет конец. С удвоенным потоком тепла биосфере определенно не справиться.

Количество добытой в 2003 г. энергии примерно в 5000 раз меньше энергии солнечной радиации. Однако энергопотребление удваивается каждые 23,5–35 лет (это соответствует ежегодному приросту 2–3%), так что, *при сохранении нынешних темпов роста*, оно сравняется по мощно-

сти с достигающей Земли солнечной энергией через 285–430 лет. Реально же проявления перегрева станут катастрофическими, когда добываемая энергия достигнет 0,1 % (одна оценка) или 1 % (другая оценка) от солнечной энергии, т. е. через 50–80 или 130–200 лет соответственно. Собственно, это и есть та самая «тепловая смерть», о которой говорили классики термодинамики во второй половине XIX в. и которая в XX в. была отвергнута применительно ко Вселенной. Теперь она реально угрожает нам на Земле. Существенно, что

тепловое загрязнение среды возникает не из-за потребления «грязных» видов топлива, но вызывается потреблением энергии как таковым. Переход к «чистым» видам топлива ничего в этом плане не даст.

Пока мировое сообщество эту проблему не обсуждает. Те же немногочисленные авторы, которые ее видят, вполне легкомысленно, на мой взгляд, ограничиваются высказыванием надежды на то, что человечество как-нибудь да сможет затормозить рост добычи энергии. Я, однако, уверен в том, что

сколь угодно-нибудь существенное замедление роста потребления энергии и потребления вообще невозможно.

К такому выводу приводит активно развиваемый в последние десятилетия универсальный эволюционизм [Big History], который в едином ключе рассматривает неорганическую, органическую и социальную эволюцию и который позволяет утверждать, что безусловно существует вектор эволюции, имеющий несколько компонент [Хайтун, 2005а. Разд. 4.8]:

- 1) интенсификация энергообмена и обмена веществ,
- 2) интенсификация и расширение круговоротов энергии и вещества и др.

Законы эволюции, полагаю я, — столь же обязательные к исполнению законы природы, как и законы гравитации. Мы ведь прекрасно знаем, что будет с нами, прыгни мы с самолета без парашюта. Если человечество попытается сколько-нибудь существенно затормозить энергопотребление, то, пойдя поперек законов эволюции, погибнет. Гибель «поперечных» или недостаточно «параллельных» вектору эволюции социумов многократно наблюдалась в прошлом.

Предлагаю не испытывать судьбу и — в качестве возможного сценария действий — разработать меры, которые позволили бы решить проблему потепления климата, не снижая темпов роста потребления энергии. Идея звучит просто: нельзя ли собирать рассеиваемое нами тепло, чтобы вновь и вновь использовать его энергию?

Именно это делают традиционные гео- и гидротермальные циклические тепловые установки, которые работают на вулканическом тепле или тепле горячих источников, подчиняясь известным соотношениям термодинамики. Таковы же экспериментальные океанические установки, работающие за счет разницы температур между глубинными и поверхностными слоями воды (одна такая установка размещена, например, на старом танкере). Наиболее же показательны в этом плане тепловые насосы, которые всё более массово используются сегодня во всем мире для отопления зданий и которые собирают тепло, рассеянное в поверхностных слоях Земли или в воздухе. Реально все они работают как «фабрики холода», охлаждающие среду.

Мы могли бы понаставить их («фабрики холода») повсюду в атмосфере и/или океане. Собирая тепло, которое сегодня безвозвратно рассеивается в среде, перегружая биосферу, «фабрики холода», если их удастся реализовать в должных масштабах, не только предоставят нам альтернативный источник энергии, но и изменят лицо всей энергетики. *Энергопотребление приобретет форму круговорота тепла*, чего от нас, собственно, и «добывается» эволюция. Энергетика такого типа — за отсутствием более подходящего термина — может быть названа *термоциклической*.

Добыча ископаемых энергоносителей сводится в этом сценарии к минимуму — ею придется компенсировать лишь то небольшое количество энергии (проценты или доли процента), которое в ходе потребления выбывает каждый цикл из теплооборота. «Фабрики холода» станут основными источниками энергии.

Диктуемой законами эволюции интенсификации энергопотребления можно будет добиваться ускорением круговорота тепла без теплового загрязнения среды.

Если бы рассеивалась *вся* потребляемая энергия, то у нас не было бы возможности охлаждать ноосферу, и тогда ее температура продолжала бы

расти из-за парникового эффекта. Возможность регулирования климата появляется благодаря именно тому обстоятельству, что небольшая часть потребленной энергии выбывает каждый раз из энергооборота. Добывая ископаемые энергоносители меньше необходимого, можно будет охладить ноосферу, больше необходимого — нагревать ее. Это предоставит возможность бороться не только с потеплениями климата, но и с похолоданиями, которые неоднократно сменяли друг друга на Земле в прошлом и которые могут дать о себе знать в будущем.

Переход к термоциклической энергетике принес бы разрешение и энергетического кризиса, связанного с близящимся исчерпанием традиционных энергоресурсов планеты.

Таков в общих чертах наш сценарий энергетического и климатического будущего землян. Альтернативный сценарий связан с торможением роста потребления энергии.

Оба сценария означают для человечества радикальную перестройку всего образа жизни на протяжении ближайших ста лет, однако первый направлен по вектору эволюции, а второй — против.

Я и мои немногочисленные единомышленники считаем, что второй сценарий губелен, тогда как большинство исследователей, игнорируя вектор эволюции, придерживается именно его.

Но одно дело — полемка ученых и другое — реальная жизнь. Когда дело касается столь важных вещей, человечество не может полагаться на какую-то одну точку зрения. Надо учитывать и вероятность того, что правы мы с коллегами, и того, что правы наши оппоненты. Нельзя класть яйца в одну корзину. Разрабатывать следует параллельно оба сценария, чтобы в дальнейшем реализовать какой-то один из них или их комбинацию.

Возвращаясь к авторскому сценарию, заметим, что у гео- и гидротермальных установок, к сожалению, невелики ресурсы источников энергии; ресурсы океанических установок — в условиях энергетике как круговорота тепла — неисчерпаемы, однако их КПД, ограниченный сверху КПД Карно, из-за малой разницы температур имеет потолок около 7 %, реально не превышая 2–3 %. Невысок КПД и тепловых насосов, также лимитируемый КПД Карно. Поднять же этот потолок, согласно традиции, не позво-

ляет второе начало термодинамики, которое, в каноническом его прочтении, утверждает, что энергетические установки, полностью превращающие тепло в работу и имеющие благодаря этому КПД, неограниченный сверху КПД Карно, невозможны, и которое обязывает их (энергетические установки) иметь холодильник, сброс части извлекаемого из среды тепла в который обеспечивает рост тепловой энтропии (энтропии Клаузиуса), диктуемый, как полагают, вторым началом.

Таким образом, на пути создания термоциклической энергетики стоит запрет, налагаемый, согласно канонической точке зрения, вторым началом термодинамики на вечные двигатели 2-го рода.

От вечных двигателей 2-го рода откровенно пахнет серой, почему без крайней на то необходимости автор этих строк не решился бы подвергнуть сомнению запрет на них. Однако такая необходимость существует, и вызывается она более чем реальной угрозой «тепловой смерти». Если сколько-нибудь существенное торможение темпов роста потребления энергии и на самом деле запрещено законами эволюции, то

перед человечеством возникает жесткая дилемма: либо попытаться установить несостоятельность запрета на вечные двигатели 2-го рода и в случае удачи реализовать термоциклическую энергетику, либо погибнуть.

Угроза «тепловой смерти» — это мощный стимул для максимально благожелательного рассмотрения аргументов против запрета на вечные двигатели 2-го рода. Поскольку же этот запрет выводят из второго начала термодинамики, постольку мы должны повнимательнее к нему (второму началу) присмотреться.

Со вторым началом и на самом деле не всё ладно, о чем свидетельствует множество существующих в литературе разных его формулировок. В нашей книге приводится 47 разных формулировок второго начала, а реально их еще больше. Это разнообразие контрастирует, например, с формулировками закона сохранения энергии, которые в тех же руководствах практически слово в слово повторяют друг друга.

Множество существующих сегодня формулировок и трактовок второго начала термодинамики говорит об отсутствии ясности относительно его содержания.

Такое впечатление сложилось не только у меня:

«Термин „второе начало термодинамики“ употребляется в физике уже более ста лет. Однако до сих пор разные авторы вкладывают в него различное содержание» [Сивухин, 1979. С. 139].

«По-видимому, нет другой области, в которой при ее создании и применениях делалось бы такое большое число неверных утверждений и выводов, как в термодинамике. Такие ошибки допускали как основатели термодинамики, так и другие ученые, что говорит о трудности изучаемого предмета. Анализ этих ошибок и заблуждений поучителен» [Базаров, 1991. С. 162].

«...второе начало термодинамики относят к наиболее трудным для изучения законам физики» [Полторак, 1991. С. 37].

Отсюда и возникает основная задача этой книги: из множества формулировок и трактовок второго начала термодинамики мы попытаемся вышелушить ядро закона природы, который за всем этим стоит, имея при этом в виду решение практического вопроса о справедливости или несправедливости запрета на вечные двигатели 2-го рода:

«...рассматривая все возражения против второго начала, не нужно забывать, что в конце концов, если только нет ошибки в рассуждениях, они направлены против невозможности *perpetuum mobile* второго рода» [Планк, 1925а. С. 98].

Учитывая богатое прошлое второго начала и запрета на вечные двигатели 2-го рода, мы будем работать в жанре *активной истории науки*, когда анализ данной научной проблемы или дисциплины совмещается с анализом ее истории. Кредо автора этих строк состоит в том, что точка зрения, наиболее продуктивная в историко-научном плане, почти наверное окажется и наиболее верной относительно самой проблемы, и наоборот.

Как показывает проведенный в книге анализ, в том, что в литературе называется вторым началом термодинамики, скрываются пять разных положений, из них одно ошибочное:

- 1) в чисто тепловых процессах происходит выравнивание температур, включая переход тепла от более нагретых тел к менее нагретым;

- 2) существует асимметрия между процессами превращения нетепловых форм энергии в теплоту, с одной стороны, и превращения теплоты в другие виды энергии — с другой: первые, в отличие от вторых, не требуют компенсации;
- 3) для равновесного (обратимого) случая может быть введено равенство $dS = dQ/T$, которое является здесь определением (тепловой) энтропии;
- 4) действует закон возрастания полной энтропии;
- 5) действует «закон» возрастания тепловой энтропии.

Закон возрастания полной энтропии и «закон» возрастания тепловой энтропии одновременно справедливыми быть не могут. Показав несостоятельность сомнений в справедливости закона возрастания полиой энтропии, одним источником которых является наблюдаемая эволюция в сторону усложнения (мы показываем ошибочность для реальных систем трактовки энтропии как меры беспорядка), а другим — проблема необратимости (мы показываем, что в области необратимых явлений симметричная по времени гамильтонова механика, из которой многие авторы пытались вывести закон возрастания энтропии, не работает),

мы приходим к выводу о несправедливости «закона» возрастания тепловой энтропии. Этот вывод подкрепляется рассмотрением ряда примеров превращения тепла в другие формы энергии, не сопровождаемого тепловой компенсацией. Всё это делает запрет на вечные двигатели 2-го рода несостоятельным,

открывая дорогу к созданию термоциклической энергетики.

Тот факт, что со стороны физики отсутствует запрет на создание вечных двигателей 2-го рода, еще не означает, что создание таких двигателей, которые могли бы быть положены в основание термоциклической энергетики, т. е. достаточно мощных, экономически выгодных и экологически безопасных, и на самом деле возможно. Термоядерный синтез, к примеру, законами физики тоже не запрещен, однако с созданием соответствующей энергетической установки ничего не получается уже полвека.

Пока неясно, какими могут быть пути создания вечных двигателей 2-го рода. Поэтому в последней главе тома II рассматриваются несколько проектов таких двигателей, которые были отобраны автором из нескольких де-

сятков встретившихся в литературе разработок таких двигателей и которые показались ему наиболее достоверными.

К сожалению, рассмотрение проектов вечных двигателей 2-го рода чрезвычайно осложнено сегодня тем обстоятельством, что из-за запрета, наложенного на их рассмотрение Большой Наукой, эта область исследований и разработок оказалась задвинутой на задворки науки. Вынужденное же пребывание там заставляет авторов проектов вечных двигателей 2-го рода вариться в собственном соку, что, естественно, снижает научный уровень их текстов, часто — до недопустимо низкого уровня. Здесь очень сложно отделить плевелы от ржи.

Поэтому к каждому отдельно взятому проекту вечного двигателя 2-го рода — за одним-двумя исключениями — автор этих строк относится достаточно скептически — уж очень недостоверно звучит всякий раз информация о таких разработках. Позитивно же — по изложенным выше причинам — я отношусь лишь к самой идее вечных двигателей 2-го рода. Моей задачей было не предъявить проекты таких энергоустановок, которые можно было бы немедленно запускать в производство, но продемонстрировать некоторые существующие здесь идеи и убедить читателя в том, что эта область исследований заслуживает позитивного к себе отношения. Если и когда за отбор разумных (перспективных) проектов вечных двигателей 2-го рода возьмутся крупные энергетические компании, подключив серьезные научные силы, то, уверен, результаты не заставят себя долго ждать.

Если бы этой книгой удалось переломить негативное отношение Большой Науки к вечным двигателям 2-го рода и побудить энергетические компании взять их исследования и разработки под свое крыло, то «сверхзадача» автора этих строк была бы выполнена.

ГЛАВА 1

Угроза гибели человечества из-за теплового загрязнения среды, вызываемого потреблением энергии как таковым

1.1. Потепление климата

Глобальное потепление стало реальностью, что подтверждает опубликованный весной 2007 г. четвертый доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата, МГЭИК (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). МГЭИК, публикующая каждые 5–6 лет доклады о будущих изменениях климата и их возможном влиянии на человека, была создана в 1988 г. Всемирной метеорологической организацией и Программой ООН по окружающей среде и состоит сегодня из сотен ученых и представителей правительств более ста стран. МГЭИК — самая авторитетная организация в этой области.

В докладе констатируется, что рост глобальной температуры носит стабильный и ускоренный характер. За 1906–2005 гг. она выросла на $0,74 \pm \pm 0,18^\circ\text{C}$, средняя же скорость потепления за последние 50 лет $(0,13 \pm 0,03^\circ\text{C}$

каждые 10 лет) в 2,5 раза больше, чем за последние 100 лет. Доклад предсказывает рост температуры на $1-6^{\circ}\text{C}$ за ближайшие 100 лет, наиболее же вероятно, полагают эксперты МГЭИК, повышение температуры на $2-4^{\circ}\text{C}$. При этом порог относительной безопасности повышения температуры, согласно авторам доклада, составляет около 2°C , чему легко поверить, если принять, например, во внимание, что в течение 100 лет, согласно тому же докладу, уровень мирового океана может подняться на 60–80 см, тогда как сегодня 100 млн человек на Земле живут не выше 1 м над уровнем моря. Расходы на предотвращение глобального потепления уже достигли \$350 млрд, а через 20 лет убытки от последствий потепления могут составить триллионы долларов [Climate..., 2007; Глобальное..., 2006; Кудрявцева, 2007; Мелешко, 2007; Ученые..., 2007].

1.2. Угроза «тепловой смерти»: deadline1 (энергопотребление равно потоку солнечного излучения на поверхности Земли)

Если даже потепление климата имеет «нечеловеческое» происхождение, оно всё равно остается опасным, приводя к природным катаклизмам. Пока его сменит похолодание, погибнет немало народа, а некоторые регионы исчезнут с лица Земли. Всё более разрушительные тропические ураганы, чья сила растет с температурой поверхностных слоев воды океанов, продемонстрировали, как это может быть реально.

Еще более важно — и этот фундаментальный факт мы ставим во главу угла всего нашего исследования, — что если даже человек не повинен в сегодняшнем потеплении климата, он необходимо вызовет его завтра, причем, в апокалиптических масштабах. Это связано с тем, что,

потребляя энергию, мы ее не уничтожаем, что запрещено законом сохранения энергии, но только превращаем одну ее форму в другую, в конечном же счете практически вся добываемая нами энергия рано или поздно рассеивается в виде тепла, нагревая среду.

«Использование внешней энергии человеком на земной поверхности означает перевод ее в тепловую энергию... Генерация тепло-

вой энергии неизбежно увеличивает приземную температуру Земли... Принципиально невозможно отводить отработанную тепловую энергию с земной поверхности, избегая связанного с этим нагрева земной поверхности» [Горшков, 1990. С. 218].

И дело не в том, что энергоустановки и линии электропередачи работают с КПД, меньшим единицы. Энергия, которая доходит до потребителя, также почти вся рассеивается в виде тепла. Такова конечная судьба энергии, расходуемой на отопление помещений, варку стали и пр. Лишь очень малая ее часть идет на увеличение гравитационного потенциала (когда, например, строительные материалы поднимаются на высоту) или фиксируется в форме потенциальной энергии создаваемых структур. Доля нерассеиваемой энергии неизвестна (во всяком случае автору этих строк), составляя, по-видимому, проценты или доли процента.

Рост мирового ежегодного энергопотребления A в функции времени t описывается экспонентой

$$\frac{A}{A_0} = \exp \left[t \frac{\ln 2}{T_{удв}} \right] = \exp \left[t \ln \left(1 + \frac{\alpha}{100} \right) \right]. \quad (1.2.1)$$

откуда

$$t = \frac{\ln(A/A_0)}{\ln 2} T_{удв} = \frac{\ln(A/A_0)}{\ln \left(1 + \frac{\alpha}{100} \right)}. \quad (1.2.2)$$

При этом период удвоения

$$T_{удв} = t \frac{\ln 2}{\ln(A/A_0)} = \frac{\ln 2}{\ln \left(1 + \frac{\alpha}{100} \right)} \quad (1.2.3)$$

и ежегодный рост в процентах

$$\alpha = 100 \left[\left(\exp \frac{\ln 2}{T_{удв}} \right) - 1 \right] \quad (1.2.4)$$

могут иметь разные значения для разных временных периодов.

Первая оценка. За 1860–1980 гг., т. е. за 120 лет, мировое ежегодное энергопотребление увеличилось с 520,5 до 10 673,4 ГВт [Алексеев, 1997.

С. 38]¹, т. е. в 20,5 раз, что, как в том несложно убедиться с помощью формул (1.2.3–4), соответствует $T_{удв} \approx 27,5$ лет и $\alpha \approx 2,55\%$.

Вторая оценка:

«За последние 200 лет (до 1990 г. — С. Х.) производство энергии росло экспоненциально с годовым приростом 3 %» [Гиндилис, 2004. С. 468].

Подставляя $\alpha = 3$ в (1.2.3), находим $T_{удв} \approx 23,4$ года.

Третья оценка. В «Прогнозе мировой энергетики 2004» Международного энергетического агентства (МЭА) констатируется, что за последние 30 лет рост энергопотребления составлял в среднем 2 % в год [Прогноз..., 2004. С. 4]. Такому росту, добавим от себя, отвечает $T_{удв} \approx 35,0$ лет.

Четвертая оценка. В том же «Прогнозе мировой энергетики 2004» утверждается, что, согласно Базовому сценарию², в 2002–2030 гг., т. е. за 28 лет, мировое энергопотребление вырастет на 60 %, что будет означать ежегодный рост на уровне 1,7 % [Там же]. Подставляя $A/A_0 = 1,6$ и $t = 28$ в (1.2.3–4), убеждаемся, что в этом случае α и на самом деле равно 1,7 %, а $T_{удв} \approx 41,3$ года.

Пятая оценка. Согласно Базовому сценарию «Прогноза мировой энергетнки 2006» МЭА, в 2004–2030 гг., т. е. за 26 лет, мировой спрос на первичные энергоресурсы, увеличиваясь ежегодно в среднем на 1,6 %,

¹ По Г. Н. Алексею — с 4,56 до $89-98 \cdot 10^9$ МВт·час. Вместо $89-98 \cdot 10^9$ МВт·час мы взяли среднюю величину $93,5 \cdot 10^9$ МВт·час. Кроме того, мы перевели МВт·час за год в ГВт, где $1 \text{ ГВт} = 10^9 \text{ Вт}$; $1 \text{ МВт} \cdot \text{час} / \text{год} = 114,155 \text{ ГВт}$ (мы умножили 10^6 на 3600, т. к. $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж} / \text{сек}$, $1 \text{ Вт} \cdot \text{час} = 3600 \text{ Дж}$, и разделили на число секунд в году, равное $365 \cdot 24 \cdot 3600$). Мы и далее будем унифицировать подобным образом встречающиеся в разных источниках единицы измерения энергопотребления.

² Прогнозы МЭА содержат два сценария — Базовый и Альтернативный: «Прогноз... подтверждает, что до 2030 г. в отсутствие новых действий правительств спрос на горючее топливо, формирование торговых действий правительств и выбросов парниковых газов будут следовать существующей ныне неустойчивой модели, что и легло в основу нашего Базового сценария. В Альтернативном сценарии продемонстрировано, что политические действия и меры, которые разрабатываются в разных странах мира, в случае их реализации на практике способны значительно сократить темпы роста спроса и выброса» [Прогноз..., 2006. С. 1].

вырастет на 53 % [Прогноз..., 2006. С. 1; The World..., 2006]. Подставляя в (1.2.3–4) $A/A_0 = 1,53$ и $t = 26$, находим $T_{удв} \approx 42,4$ года.

Шестая оценка. Согласно Альтернативному сценарию «Прогноза мировой энергетики 2006» МЭА, в 2004–2030 гг. мировое энергопотребление увеличится на 37 % со средним ежегодным ростом на уровне 1,2 % [Прогноз..., 2006. С. 6]. Находим здесь $T_{удв} \approx 57,2$ лет.

Заметим, что прогнозы, указывающие на снижение в ближайшие десятилетия темпов роста энергопотребления до 1,7 %, 1,6 % и даже 1,2 % (!?) в год, вполне могут оказаться несостоятельными. Создается впечатление, что эксперты склонны недооценивать темпы роста спроса на энергоресурсы. Согласно, например, «Прогнозу мировой энергетики 2004» МЭА, цена на сырую нефть в период с 2004 по 2030 гг. должна была составлять в среднем \$35 за баррель (в долларах 2000 г.) [Прогноз..., 2004. С. 6].

«При таких высоких ценах к 2030 году мировой спрос на нефть упадет на 15 %» [Там же. С. 7].

Увидев, что цена на нефть растет быстрее ожидаемого, эксперты МЭА скорректировали свои оценки — в «Прогнозе мировой энергетики 2006» уже указывается, что в 2010 г средняя цена барреля нефти достигнет \$57,79 [<http://www.prime-tass.ru/news/show.asp?id=637540&ct=news>]. И снова ошиблись: уже в декабре 2007 г. баррель нефти стоил около \$95, в феврале 2008 г. — около \$80. Вот и верь после этого прогнозам о значительном снижении темпов роста спроса на энергоресурсы в ближайшем будущем...

Но примем на время оценки экспертов за истину и посмотрим для разных значений $T_{удв}$ и α ,

как скоро добываемая человеком энергия сравнивается по мощности с энергией солнечной радиации, достигающей поверхности Земли.

Поток солнечного излучения, который проходит за единицу времени через единичную площадку, ориентированную перпендикулярно потоку, на расстоянии Земли от Солнца, называется *солнечной постоянной*. Эта тщательно и многократно измеренная величина составляет 1366 ± 1 Вт/м². Умножая ее на площадь поперечного сечения Земли πR^2 , где R — средний радиус Земли, равный 6371 км, получаем для мощности потока пря-

мого солнечного излучения, приходящего на верхнюю границу земной атмосферы, около 174 млн ГВт³. 34 % этого потока отражается в космическое пространство, 19 % поглощается атмосферой и только 47 %, т. е. около 82 млн ГВт, достигает поверхности Земли.

Потоком тепла из недр Земли *по сравнению с солнечным* можно пренебречь:

«Основным обогревателем поверхности Земли является Солнце. За пределами атмосферы поток солнечного тепла к Земле... составляет более 1 киловатта на кв. м. Вертикальный поток тепла в атмосфере... оценивается средней величиной около 50 кал/кв. см в сутки, или 20 ватт на кв. м. Снизу, из недр, к поверхности подходит тепловой поток порядка 0,1 Вт/м²» [Земцов, 2003а. С. 24].

«Из горячих недр Земли на ее поверхность постоянно поступает тепловой поток, интенсивность которого в среднем по земной поверхности составляет около 0,03 Вт/м²» [Попель, Туманов, 2007. С. 145].

Как видим, тепловой поток, поступающий на поверхность Земли снизу, в сотни раз меньше потока, поступающего сверху. Можно ли им пренебречь *по сравнению с потоком тепла, поставляемым энергопотреблением*, — другой вопрос. Быть может, уже нельзя:

«Теплопотребление жителей промышленно развитых стран сравнимо с потоком „геофизического“ тепла из недр планеты и не может не сказываться на климатической системе Земли» [Земцов, 2003б. С. 16].

Сравним солнечный поток с энергопотреблением. По данным Международного энергетического агентства (МЭА), суммарное мировое производство энергии составило в 2003 г. около $500 \cdot 10^{18}$ Дж [Попель, Туманов, 2007. С. 137], что соответствует мощности 15 850 ГВт. Это примерно в 5170 раз меньше мощности солнечного потока на поверхности Земли (82 млн ГВт).

Если и когда энергопотребление станет равным по мощности потоку солнечной энергии на поверхности Земли, развитые формы жизни на Земле погибнут, биосфере заведомо не справиться с двойным потоком тепла.

³ Напомним, что 1 ГВт = 10^9 Вт.

Таблица 1.2.1

Время наступления «тепловой смерти», когда энергопотребление сравняется с потоком солнечного излучения на поверхности Земли ($T_{deadline1}$) (количество лет, начиная с 2003 г.)

Период удвоения энергопотребления $T_{удв}$, лет	23,4	27,5	35,0	41,3	42,4	57,2
Ежегодный рост энергопотребления α , %	3,0	2,55	2,0	1,7	1,6	1,2
$T_{deadline1}$, лет	289	339	432	510	523	706

Обозначив время, через которое это произойдет, как $T_{deadline1}$, вычислим его значения для приведенных выше шести пар значений $T_{удв}$ и α , определив с помощью формулы (1.2.2) соответствующие значения t при $(A/A_0) = 5170$ (табл. 1.2.1).

При всей размытости момента наступления «тепловой смерти» сама ее угроза несомненна. Это и есть третий тепловой барьер, о котором говорят А. И. и А. А. Зотины, имея в виду, что первые два преодолевал животный мир (см. разд. 2.4.2.4).

Таким образом, человечеству угрожает на Земле самая натуральная «тепловая смерть», и не через миллиарды лет, когда Солнце станет красным гигантом, а во вполне обозримом будущем. Именно об этой «тепловой смерти», по сути дела, писали во второй половине XIX в. классики термодинамики, прогноз которых применительно ко всей Вселенной был отвергнут физиками в XX в. (см. разд. 7.5.2.2, т. II). Теперь она настигает нас на Земле.

1.3. Угроза «тепловой смерти»: $deadline2$ и $deadline3$ (энергопотребление равно соответственно 1 % и 0,1 % от потока солнечного излучения на поверхности Земли)

$Deadline1$, т. е. момент, когда энергопотребление станет равным по мощности солнечному потоку на поверхности Земли (82 млн ГВт), — это, конечно же, реально недостижимый рубеж. К этому времени, если не принимать предупредительных мер, человечества на Земле уже не будет.

Реагировать следует с опережением, пока еще есть кому это делать. Одни эксперты полагают, что добываемая энергия не должна превышать 0,1 % от солнечной:

«Тепловое излучение земной поверхности Q_3 связано с абсолютной температурой Земли T_3 соотношением Стефана—Больцмана...

$$Q_3 = \sigma T_3^4 \quad (1.3.1)$$

Константа Стефана—Больцмана σ имеет универсальное значение... связь относительных изменений $\Delta Q_3 / Q_3$ при определенном изменении $\Delta T / T$ не зависит от σ :

$$\frac{\Delta Q_3}{Q_3} = 4 \frac{\Delta T_3}{T_3} \text{ „} \quad (1.3.2)$$

[Горшков, 1990. С. 50–51].

«Средние характеристики климата Земли, в частности среднегодовая температура, обладают сравнительным постоянством. Основной видовой состав биосферы адаптирован к существующему климату и его наблюдаемым флуктуациям. Поэтому для сохранения существующей биосферы недопустимо воздействие на климат, приводящее к превышению естественных флуктуаций... В соответствии с законом Стефана—Больцмана (1.3.2) изменение температуры на 0,1 К происходит при изменении потока излучения на 0,1 %. Так как солнечное излучение, падающее на поверхность Земли, имеет порядок 10^5 ТВт ($1 \text{ ТВт} = 10^{12} \text{ Вт}$. — С. Х.)..., то в течение нескольких десятков лет допустимо без ущерба для существующего климата и живых организмов изменение этого потока на величину 100 ТВт» [Там же. С. 216]⁴.

Согласно другим экспертам, пороговое значение энергопотребления составляет 1 % от солнечной:

⁴ Заметим, что 100 ТВт составляя от 10^5 ТВт как раз 0,1 %.

Таблица 1.3.1

Время наступления необратимых проявлений подступящей «тепловой смерти», когда энергопотребление станет равным потоку солнечного излучения на поверхности Земли ($T_{deadline1}$), 1 % ($T_{deadline2}$) и 0,1 % ($T_{deadline3}$) от его величины (количество лет, начиная с 2003 г.)

Период удвоения энергопотребления $T_{удв}$, лет	23,4	27,5	35,0	41,3	42,4	57,2
Ежегодный рост энергопотребления α , %	3,0	2,55	2,0	1,7	1,6	1,2
$T_{deadline1}$, лет	289	339	432	510	523	706
$T_{deadline2}$, лет	133	156,5	199	235	241	326
$T_{deadline3}$, лет	55,5	65	83	98	100,5	136

«Допустимое увеличение изменения производства энергии, не наносящее существенного ущерба климату Земли, по расчетам Горшкова [1990], равно 10^{15} Вт, т. е., как утверждает Шкловский [1987], не должно превышать 1 % от энергии, приносимой Солнцем» [Зотин А. И., Зотин А. А., 1999. С. 274].

«...производство энергии... достигнет $3 \cdot 10^{22}$ эрг/с... $3 \cdot 10^{22}$ эрг/с составляют уже около 1 % потока солнечной энергии, непрерывно падающей на Землю. Дальнейшее увеличение производства энергии с неизбежностью повлечет за собой изменение теплового режима Земли, что может привести к весьма неприятным последствиям» [Шкловский, 1987. С. 274–275].

Обозначив время, через которое энергопотребление станет равным 1 % и 0,1 % от потока солнечной радиации на поверхности Земли, как соответственно $T_{deadline2}$ и $T_{deadline3}$, дополним таблицу 1.2.1, снова воспользовавшись формулой (1.2.2), только теперь для $(A/A_0) = 51,7$ и $(A/A_0) = 5,17$ соответственно (табл. 1.3.1).

$T_{deadline2}$ и $T_{deadline3}$ — это разные оценки того предельного срока, за которым предупреждение «тепловой смерти» может оказаться невозможным. Оценка Л. М. Гиндилиса:

«Обычно считается, что предельное значение (производства энергии. — С. Х.) составляет 1 % от полной энергии, поступающей на Землю от Солнца. Более осторожная оценка составляет 0,1 %. Соответствующие предельные значения производимой энергии: $E_1 = 10^{12}$ кВт и $E_2 = 10^{11}$ кВт... Первый предел при темпах роста 3 % в год будет достигнут через 77 лет, а второй — через 153 года» [Гиндилис, 2004, С. 468].

Существуют и более жесткие оценки:

«У мира осталось десять лет для того, чтобы предпринять решительные действия против глобального потепления и предотвратить климатическую катастрофу... В противном случае, Землю ждет затопление прибрежных городов и исчезновение половины биологических видов.

Срок в 10 лет определил один из ведущих американских исследователей климата Джеймс Хансен. Он возглавляет научно-исследовательский институт *Goddard Institute for Space Studies* при Национальном управлении по авиации и исследованию космического пространства (НАСА)...

Если страны продолжают существовать по принципу замалчивания проблем, средняя температура в мире может подняться на 2–3 градуса по Цельсию, и „мы получим другую планету“, говорит Хансен. На этой более теплой планете ледники будут быстро таять, что приведет к повышению уровня моря, в результате которого большая часть Нью-Йорка может оказаться под водой. Засухи и периоды жары будут длиться дольше, появятся новые очаги мощных ураганов, и может исчезнуть около половины существующих сейчас биологических видов» [Земле..., 2006].

Трудно сказать, достаточно ли добываемой сегодня энергии, составляющей, напомним, около 1/5170, т. е. 0,02 %, от достигающей Земли солнечной энергии (82 млн ГВт), чтобы вызвать наблюдаемое потепление климата с сопровождающими его катастрофическими явлениями. Если правы авторы, говорящие, что пороговое значение энергопотребле-

ния составляет 0,1 % от потока солнечной энергии (deadline2), то вполне может статься, что достаточно — 0,02 % всего лишь в 5 раз меньше, чем 0,1 %. Если 0,1 % от потока солнечной энергии способны вызвать катастрофические явления, то и 0,02 % способны на это, пусть и в чуть меньших масштабах.

Не исключено, таким образом, что сегодня мы наблюдаем начальные проявления подступающей «тепловой смерти» из-за потребления энергии как такового, парниковый же эффект, которым сегодня в первую голову озабочено мировое сообщество (см. разд. 1.4.2.1), может играть при этом роль усилителя этих проявлений.

При всей приблизительности этих оценок, они приводят к неоспоримому, на мой взгляд, выводу, что

в ближайшие 50–150 лет, дабы избежать «тепловой смерти» через 285–430 лет, человечеству придется подвергнуть энергетику радикальной перестройке.

Эта перестройка потребует немалых усилий и времени, которого у нас не так уж и много — если начать работу в этом направлении через 50 лет, то можно и опоздать.

1.4. Мировое сообщество на угрозу «тепловой смерти» из-за потребления энергии как такового не реагирует

Действуя в согласии с вектором универсальной эволюции (см. разд. 2.4), человечество на протяжении всей своей истории численно росло, занимая всё новое жизненное пространство и реализуя общественное производство как расширенное воспроизводство. Распухая, словно тесто в кадучке, человечество рано или поздно исчерпает ресурсы Земли и, если не погибнет, натворив глупостей, выплеснется в Космос [Хайтун, 2005а. Разд. 8.4.2; 2006. Разд. 9.3]. Однако это ожидает нас в более или менее отдаленном будущем, а пока надвигающееся исчерпание ресурсов планеты проявляется как глобальный экологический кризис, в который человечество вступило в XX в. и основной составляющей которого является энергетический кризис. Человечество реагирует на последний всё более активно, но, на мой

взгляд, не вполне адекватно, упуская из виду тепловое загрязнение среды, которое вызывается потреблением энергии как таковым и о котором шла речь в разд. 1.2–3.

1.4.1. Глобальный энергетический кризис и его проявления

Будучи системным, глобальный энергетический кризис, имеет достаточно четко выраженные компоненты, к числу которых традиционно относят следующие.

1. Постепенное *исчерпание углеводородных ресурсов*, в первую очередь нефти и газа, которые стали в XX в. основой мировой энергетики и запасов которых, по оценкам экспертов, хватит лишь на несколько десятилетий. Это ставит мировую экономику с ее экспоненциально растущими энергетическими расходами в тяжелое положение.

В ряде стран уже наблюдается энергетический голод. В том числе, как ни странно, в такой «энергетической державе», как Россия:

«Дефицит электрической мощности в России составит к 2010 году от 35 до 100 ГВт, что достигает 50 % от существующего энергетического потенциала. Дефицит тепловой энергии в целом по стране уже перевалил за критическую точку „замерзания“» [Полежаев, 2003].

«Большинство регионов России уже испытывают острый энергодефицит» [Велихов, 2006].

Этот энергетический голод во многом оказывается следствием *низкой эффективности потребления энергии*. Россия, к примеру, расходует на производство единицы ВВП в 2,46 раза больше энергии, чем США и Финляндия, и в 1,5 раза — чем Канада [Балацкий, Гусев, 2008]:

«Высокая энергоемкость российского ВВП — это наследство плановой экономики, от которого за 14 лет так и не удалось избавиться... Ресурс повышения энергоэффективности в России в 3–4 раза больше ресурса наращивания производства первичных энергоносителей» [Башмаков, 2007].

«40 % потребляемой в России энергии можно „получить“ за счет простой экономии... Или, если сформулировать это по-другому, у нас ежегодно тратится впустую почти половина всей производимой энергии... наша страна — одна из самых энергорасточительных в мире. Количество теряемой энергии сравнимо с объемом всей экспортируемой из России нефти и нефтепродуктов... Наибольшие потери происходят в самом топливно-энергетическом комплексе, в промышленности (в основном по причине износа оборудования), а также в секторе ЖКХ. На последний приходится почти треть всех потерь — 110 миллионов тонн условного топлива» [<http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/90455/172418>].

Только потери тепла при его доставке потребителю достигают у нас 35 %.

В сходном положении находится Украина, которая с ее 46,6 млн населения потребляет газа больше, чем пол-Европы.

2. Сосредоточение углеводородных энергоносителей в немногих странах, ставя другие страны в зависимость от них, подрывает глобальную *энергетическую безопасность*:

«Рост спроса на нефть и газ в случае отсутствия контроля будет способствовать увеличению уязвимости стран-потребителей по отношению к серьезным перерывам в поставках и возникающему в результате ценовому шоку» [Прогноз..., 2006. С. 3].

3. Углеводороды, уран, другие ископаемые энергоресурсы и продукты их переработки являются *экологически грязными энергоносителями*, из-за чего их использование в энергетике наносит гигантский урон биосфере. В частности, выбросы в атмосферу углекислого и других парниковых газов могут быть причиной наблюдаемого потепления климата (см. разд. 1.4.2.1).

Экологически грязными традиционно называют энергоносители, вызывающие химическое и/или радиоактивное загрязнение среды. В отдельный пункт выделим еще одну компоненту глобального энергетического кризиса, о которой шла речь в разд. 1.2–3:

4. *Тепловое загрязнение среды потреблением энергии как таковым*; энергоносители могут быть при этом в традиционном понимании экологически чистыми.

1.4.2. Пути преодоления мировым сообществом энергетического кризиса

1.4.2.1. Борьба с парниковым эффектом

Большинство экспертов считает сегодня, что глобальное потепление является следствием промышленного загрязнения атмосферы миллиардами тонн углекислого газа CO_2 и других химических соединений, делающих ее непрозрачной для инфракрасного излучения и создающих тем самым парниковый эффект:

«Превалирующая среди экспертов точка зрения на проблему изменения климата может быть сведена к двум положениям. Первое: потепление климата — это результат человеческой деятельности. Второе: наилучший способ уменьшить его негативные последствия — сократить сжигание горючих ископаемых. Эксперты дают детализированные прогнозы относительно влияния продуктов сгорания на погоду, из которых следует, что ее изменение в течение начинающегося столетия будет катастрофическим, если не ввести жесткие ограничения на выброс в атмосферу углекислого газа» [Дайсон, 2005. С. 136].

Авторы четвертого доклада МГЭИК, о котором шла речь в разд. 1.1, утверждают, что глобальное потепление, начиная со второй половины XX в., с вероятностью более 90 % вызвано ростом содержания в атмосфере парниковых газов, среди которых первое место занимает углекислый газ CO_2 ; примерно 65 % эмиссии этого газа вызвано сжиганием ископаемого топлива и 35 % — освоением новых земель и вырубкой лесов. Далее идут метан CH_4 , закись азота N_2O и др. Скорость роста их концентрации в атмосфере резко увеличилась за последние 250 лет после начала промышленной революции, в результате чего их содержание в атмосфере за это время выросло в 1,5 раза; особенно быстрым был этот рост в последние 10 лет [Мелешко, 2007].

Соответственно основные усилия мирового сообщества сосредоточены на изыскании средств снижения концентрации CO_2 в атмосфере. Прежде всего — на ограничении его выбросов путем перехода к низкоуглеродным и другим видам топлива. Расширяется пул стран, подписавших Киотский протокол, который направлен на консолидацию усилий в этом

направлении. Евросоюз, например, планирует уменьшить эмиссию парниковых газов в Европе к 2020 г. до уровня, на 20 % ниже уровня 1990 г. [Europe's..., 2007].

Другая идея — извлечение из атмосферы излишков парниковых газов. Дабы стимулировать разработку методов извлечения CO_2 из воздуха, бывший вице-президент США Альберт Гор⁵ и британский миллиардер Ричард Брэнсон в феврале 2007 г. учредили премию с фондом \$25 млн. Проект победителя должен представлять собой план сокращения содержания CO_2 в атмосфере на 1 млрд т в год в течение десятилетнего периода [Lovell, 2007].

Еще идея — впрыскивание в стратосферу для снижения концентрации углекислого газа связывающих его химических соединений, конкретно — sulfate aerosol precursors [Wigley, 2006].

Предполагается также предотвращать накопление парниковых газов в атмосфере наращиванием биомассы в биосфере посредством, например, обеспечения роста биомассы в почве на три миллиметра в год [Дайсон, 2005. С. 138] или восстановления лесов [Кокурина, 2007]. Британские ученые Джеймс Лавлок и Крис Рэплей мыслят в этом же направлении, но более экстравагантно, предлагая создавать в мировом океане плантации цветущих водорослей с помощью системы гигантских труб (от 10 000 до 100 000 труб 10 м в диаметре и длиной 330 м каждая), которые будут поднимать из глубин холодную, богатую питательными веществами воду [Ravilious, 2007].

Эколог Филипп Фернсайд из Бразильского национального института исследований в Амазонии⁶ предлагает отказаться даже от гидроэнергетики, которая, как он утверждает, может приводить в тропических регионах к эмиссии парниковых газов, сравнимой с выбросами электростанции на ископаемом топливе [Giles, 2006].

«ГЭС с высотными плотинами способны изменить водный и, как следствие, температурный и режим освещенности (тучи) в регионах. В горных районах ГЭС может вызвать сейсмическую активность за

⁵ В 2007 г. Альберт Гор и несколько членов упомянутой в начале настоящего раздела МГЭИК были удостоены Нобелевской премии мира «за изучение последствий глобальных климатических изменений, вызванных деятельностью человека, и выработке мер по их возможному предотвращению».

⁶ Philip Feamside, Brazil's National Institute for Research in the Amazon.

счет изменения механики пород при изменении их водного режима» [ВП СССР, 1997. С. 16].

Без каких-либо признаков рефлексии на угрозу «тепловой смерти» в ближайшие 150–300 лет из-за экспоненциального роста потребления энергии как такового (см. разд. 1.3) авторы четвертого доклада МГЭИК меланхолично констатируют, что после попадания в атмосферу углекислый газ может оставаться в ней очень долго и что рост глобальной приземной температуры воздуха, скорее всего, будет продолжаться еще десятки и сотни (!) лет [Мелешко, 2007].

1.4.2.2. Энергосбережение

Энергосберегательные технологии стали особенно активно развиваться и внедряться после нефтяного кризиса 1970-х гг., который буквально «перетряхнул» мировой энергетический менталитет. Самое известное последствие этого кризиса — это снижение потребления бензина автомобильными двигателями в два раза. Однако положительные изменения в этом направлении происходят с тех пор и во многих других отраслях производства и потребления:

«Именно повышение эффективности использования энергии, а не наращивание ее производства, стало главным средством выхода глобальной экономики за „пределы роста“⁷ после 1973 года. Китай преимущественно использовал именно стратегию энергосбережения и снизил энергоёмкость ВВП в 1970–2003 годах в 4 раза при крайне серьезном отношении китайского правительства к этой проблеме. В России в 1990–2005 годах энергоёмкость снизилась только на 30 %, а Китай до 2050 года собирается снизить энергоёмкость еще в 3–5 раз» [Башмаков, 2007]».

«Согласно прогнозам Базового сценария, мировой спрос на первичные энергоресурсы в период с 2002 по 2030 гг. вырастет на 60 %... Энергоёмкость (энергозатраты на производство единицы ВВП) продолжит снижаться, поскольку уровень энергоэффективности растёт» [Прогноз..., 2004. С. 4].

⁷ О «пределах роста» см. в разд. 2.2.

«Существует множество мифов по поводу „инновационности“... Первый из них заключается в том, что есть такие технологические отрасли, как, например, биотехнология или ИТ (информационные технологии. — С. Х.), которые являются более инновационными, и нам на них нужно обращать внимание. Но это не так... основным объектом приложения инноваций в мире являются энергосберегательные технологии. Это гораздо менее „сексапильно“, но это — более продуктивно как в долгосрочном, так и в краткосрочном плане» [Сbio.ru. 19.01.2007. <<http://www.cbio.ru/modules/news/article.php?storyid=2575>>].

Несмотря на предпринимаемые усилия, эффективность потребления энергии во многих странах, и не только в развивающихся, продолжает оставаться невысокой (см. разд. 1.4.1). Подсчитано, например, что если США снизят зимой температуру внутри помещений всего лишь на 1°С, то это позволит им сэкономить почти 30 млн кубометров газа [Гришин, 2006].

Проблемы энергосбережения широко обсуждаются на научных конференциях и страницах научных журналов, включая специально этим проблемам посвященных. В России, к примеру, с 1997 г. издается журнал «Энергосбережение и водоподготовка», с 1999 г. — «Энергосбережение».

1.4.2.3. *Возвращение «отодвинутых» и поиски новых невозобновляемых источников энергии*

Некоторые участники энергетического производства в поисках альтернативы нефти и газу делают ставку на возвращение к углю, который доминировал в энергетике с конца XIX в. до выхода нефти на первый план и запасов которого, как предполагается, хватит на весь XXI в. [Гиндилис, 2004. С. 468; Николаев, 2006]:

«В 2003 г. уголь перегнал нефть в качестве лидера мировых выбросов CO_2 , связанных с топливом и энергетикой. К 2030 г. позиции угля в этой области еще более укрепятся» [Прогноз..., 2006. С. 5].

«Угольная энергетика, сейчас считающаяся наиболее опасным с экологической точки зрения способом производства энергии, неизбежно будет в ближайшие десятилетия „горячей точкой“ мирового энергобаланса... по расчетам аналитиков Deutsche Bank, как уже существующие, так и ожидающиеся в ближайшие годы технологии позволяют

рассчитывать на резкий рост эффективности использования угля в энергетике. Для Германии это будет означать рост коэффициента полезного действия электростанций в течение нескольких десятилетий в полтора раза — с нынешних 42 до 60 %... для Китая и России — почти утроение» [Коммерсантъ. 08.02.2007. <<http://www.kommersant.ru/doc.html?DocID=740997&IssueId=36196>>].

При этом предполагается разработать технологии, позволяющие уменьшить выбросы в атмосферу парниковых газов:

«Сжигание угля ведет к образованию больших количеств двуокиси углерода, серы, ртути и других вредных веществ. В этом плане уголь — самый худший из всех видов органического топлива... Повышению уровня использования угля, в особенности бурого, в энергетике в свете необходимости сокращения норм выбросов в атмосферу „парниковых“ газов могут послужить новые технологии... Сейчас в мире имеются два метода, повышающих уровень сжигания угля в топках электростанций и уменьшающих выброс двуокиси углерода. Это так называемые Oxefuel и Prccombusioп методики. Какая из методик лучше, будет определяться в процессе эксплуатации опытных установок» [Николаев, 2006].

Свои сторонники имеются и у преимущественного развития *атомной энергетики*, инвестиции в которую в мире резко упали после чернойбыльской катастрофы 1986 г.:

«...в последние 5 лет... традиционные отрасли энергетики развивались с темпом 2–4 % в год, атомная энергетика — [только] 1,6 %» [Попель, Туманов, 2007. С. 138].

«Использование атомной энергетики на основании доказанных технологий для генерирования электроэнергии в базовом режиме может внести значительный вклад в снижение зависимости от импорта газа и в сокращение выбросов CO_2 . В Базовом сценарии мощности в атомной энергетике увеличатся с 368 ГВт в 2005 г. до 416 ГВт в 2030 г. Тем не менее, исходя из данных о введении в строй нескольких новых реакторов и выводе из эксплуатации ряда старых, исчерпавших свой срок, ее доля в балансе первичных ТЭР^н сократится. В Альтернатив-

^н ТЭР, топливно-энергетические ресурсы.

ном сценарии наиболее благоприятная политика в развитии атомной энергетики позволит увеличить мощностн по производству электроэнергии до 519 ГВт к 2003 г., таким образом, ее доля в энергетическом балансе возрастет» [Прогноз..., 2006. С. 8].

«...мир и Россия сильно задержались с началом масштабного использования ядерной энергии; развитие атомной энергетики способно стабилизировать ситуацию на рынке энергии до середины века... России выгодно ускоренное развитие атомной энергетики для сохранения и эффективного использования своих ресурсов, увеличения потенциала экспорта природного газа, а также экспорта высокотехнологичной продукции машиностроения для обеспечения роста валового национального продукта, опирающегося на собственный рынок и наукоемкую промышленность» [Велихов, 2006].

Однако другие авторы считают атомную энергетику бесперспективной:

«Атомная энергетика в сегодняшнем ее состоянии имеет очевидные и существенные недостатки, препятствующие выполнению миссии энергообеспечения общества в будущем. Недостатки текущего состояния атомной энергетики в ее ближайшей перспективе: низкая энергетическая эффективность парка АЭС (коэффициент полезного действия, коэффициент использования установленной мощности); растущие этические, технические и экономические проблемы обращения с радиоактивными отходами всех уровней активности и отработанным ядерным топливом как на АЭС, так и на предприятиях ядерного топливного цикла; отсутствие существенного развития новых технологий, утрата экспортного потенциала; растущие цены на ядерное топливо; недостаточность ресурсов для воспроизводства мощностей и их увеличения... урана-235, служащего топливом для всех современных АЭС, мало» [Савин и др. 2006].

Гораздо больше в земной коре урана-238 и тория, однако, по мнению этих авторов, их нецелесообразно использовать в ядерной энергетике с использованием традиционных реакторов на быстрых нейтронах, потому что при этом вырабатываются плутоний-239 и уран-233, которые могут быть использованы в ядерных взрывных устройствах, что опасно. Предлагаемый Савиным и др. выход состоит в переходе к *ЯРТ-энергетике* (тяже-

лоядерной релятивистской энергетике), которая отличается от традиционной способом сжигания урана-238 и тория:

«Этот способ заключается в делении этих изотопов нейтронами, обладающими большой энергией, то есть энергией, превышающей ту, которую имеют нейтроны, образовавшиеся в результате деления урана-235. Такие нейтроны можно получить при облучении мишеней, состоящих из тяжелых ядер, протонами, движущимися почти со скоростью света. Эта технология... предложена профессором Игорем Острецовым и запатентована в России» [Там же].

Вот уже полвека продолжают также разработки установок *термоядерного синтеза*, запасы топлива для которых — водорода — практически неисчерпаемы, однако отсутствие сдвигов в этой области делает использование термоядерной энергии в обозримом будущем маловероятным.

Водородная энергетика, за которой, как считают многие, большое будущее, не дает нового источника энергии. Она

«включает получение H_2 из воды и другого природного сырья с затратой солнечной, ядерной или другой энергии, его хранение и использование как топлива, а также в химических способах (так в оригинале. — С. Х.) передачи энергии на расстояние. Главные преимущества: высокая теплота сгорания (143,06 МДж/кг); неограниченные запасы сырья, если в качестве сырья рассматривать воду, и экологическую безопасность, так как продукт его сгорания — вода» [Новый..., 2000. С. 200].

При расщеплении природного водородосодержащего соединения, как видим, используются традиционные энергоносители, энергия которых частично (поскольку все установки работают с некоторым КПД) возвращается в ходе реакции синтеза воды. Получать энергию путем окисления атмосферного водорода, подобно тому как это делают водородные бактерии, нельзя, поскольку водорода в воздухе немного (незначительная доля процента), так что его безвозвратная добыча в промышленных масштабах привела бы к смещению экологического равновесия. Основная идея водородной энергетике, таким образом, состоит не в обращении к новому источнику энергии, но в разделении процесса потребления энергии на два этапа, связанные со стационарными и мобильными установками. Получе-

ние водорода будет происходить в стационарных установках, которые проще сделать экологически безопасными. Мобильные энергетические установки (автомобили) сделать экологически безопасными при применении обычных энергоносителей трудно, использование же здесь экологически чистого топлива (водорода) решает проблему.

В арктических районах США и Канады запущены экспериментальные установки по добыче замороженного *гидрата метана*, который, как предполагается, в качестве нового вида топлива может покрыть энергетические потребности человечества на многие десятилетия или даже века [Иванов, 2006]. Аналогичные работы ведутся и в Японии <<http://www.zoohall.com.ua/leftframes/ecolog/statiy/energ1/4.htm>>.

Продолжается разработка *топливных элементов* [Селезнев, 2006], которые

«...относятся к химическим источникам тока. Они осуществляют прямое превращение энергии топлива в электричество, минуя малоэффективные, идущие с большими потерями, процессы горения. Это электрохимическое устройство в результате высокоэффективного „холодного“ горения топлива непосредственно вырабатывает электроэнергию. Биохимики установили, что биологический водородно-кислородный топливный элемент „вмонтирован“ в каждую живую клетку... В создание ТЭ включается всё больше фирм во всем мире» [<http://n-t.ru/tp/ie/te.htm>].

Статус исследований *холодного ядерного синтеза*, об открытии которого было объявлено в 1989 г. [Фокс, 1993] и который мог бы служить источником энергии в промышленных масштабах, до сих пор остается неопределенным. Хотя большинство физиков отвергают существование этого явления, в мире довольно много ученых, продолжающих исследования в этой области [Булюбаш, 2007].

Гипотетические *космические энергоустановки* предназначаются для использования с передачей на Землю солнечной энергии (орбитальные электростанции) или ископаемых энергоносителей, которые предполагается добывать на Луне, Марсе и других космических телах:

«Вынос макроэнергетики в космос и передача энергопотока на Землю по лазерному или микроволновому лучу — также (как и за-

пуск ракеты. — С. Х.) энергетическая шпага, пронзающая атмосферу, создающая в ней плазменный столб. По этой причине этот путь развития макроэнергетики экологически бесперспективен» [ВП СССР, 1997. С. 16]⁹.

Гипотетические вакуумные энергетические установки, если они когда-нибудь будут созданы [Косинов, Гарбарук, 2003; Косинов и др., 2003; Фролов, 2007], будут использовать энергию физического вакуума¹⁰.

Заметим уже здесь (подробнее см. в разд. 1.4.4), что перенос энергетических установок в Космос с передачей добываемой там энергии на Землю, равно как и все другие названные в настоящем разделе пути преодоления энергетического кризиса, не дают рецептов решения проблемы теплового загрязнения среды, ибо энергия, полученная из Космоса или в результате использования угля, установок холодного синтеза и пр., после ее потребления рассеется в конечном счете на Земле в виде тепла, усугубляя ситуацию.

⁹ См. также гл. 4.

¹⁰ ФИЗИЧЕСКИЙ ВАКУУМ, материальная среда, в которой отсутствуют реальные частицы и сопряженные с ними реальные поля и которая, тем не менее, обладает конечной плотностью энергии. Он способен в определенных состояниях порождать вещество, формирует основные свойства частиц и характер их взаимодействий друг с другом. Материальная сущность физического вакуума проявляется в физических экспериментах и не вызывает у физиков сомнений [Ровинский, 2002. С. 68]. В квантовой теории поля физический вакуум — это низшее энергетическое состояние квантованных полей, характеризующееся отсутствием реальных частиц и сопряженных с ними реальных полей. Квантовые числа физического вакуума равны нулю. В ряде случаев существует непрерывный спектр вакуумных состояний. Виртуальные процессы в физическом вакууме при взаимодействии реальных частиц (и сопряженных с ними полей) с вакуумом приводят к ряду специфических эффектов [Физика..., 1999. С. 61]. «Плотность энергии вакуума W определяется соотношением [Зельдович, 1981]

$$W = \alpha \int_0^{v_{\max}} \frac{1}{2} h\nu v^2 dv, \quad (\text{С. 1.4.1})$$

где: h — постоянная Планка, α — коэффициент, v — частота.

Отсюда следует, что энергия вакуума может быть очень большой» [Косинов и др., 2003].

1.4.2.4. Освоение возобновляемых источников энергии (ВИЭ)

В последние десятилетия, особенно после нефтяного кризиса 1970-х гг., в мире нарастают масштабы применения традиционных и нетрадиционных возобновляемых (renewable) источников энергии (ВИЭ):

«Сегодня в мире использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) достигло промышленного уровня, ощутимого в энергобалансе ряда стран. Масштабы применения НВИЭ в мире непрерывно и интенсивно возрастают. Это направление является одним из наиболее динамично развивающихся среди других направлений в энергетике» [Тарнижевский, 2007].

«Термин „возобновляемые источники энергии“ применяется по отношению к тем источникам энергии, запасы которых восполняются естественным образом, прежде всего за счет поступающего на поверхность Земли потока энергии солнечного излучения, и в обозримой перспективе являются практически неисчерпаемыми. Это, в первую очередь, сама солнечная энергия, а также ее производные: энергия ветра, энергия растительной биомассы, энергия водных потоков и т. п. К возобновляемым источникам энергии относят также геотермальное тепло, поступающее на поверхность Земли из ее недр, низкопотенциальное тепло окружающей среды, а также некоторые источники энергии, связанные с жизнедеятельностью человека (тепловые „отходы“ жилища, органические отходы промышленных и сельскохозяйственных производств, бытовые отходы и т. п.)» [Попель, Туманов, 2007. С. 136].

В отличие от невозобновляемых ископаемых первичных источников энергии (ПИЭ), ВИЭ позволяют в перспективе справиться с указанными в разд. 1.4.1 основными составляющими глобального энергетического кризиса: (1) исчерпанием углеводородных ресурсов, (2) подрывом энергетической безопасности стран, лишенных этих ресурсов, и (3) химическим загрязнением среды:

«Различные сценарии развития человечества предполагают необходимость широкого освоения новых возобновляемых источников энергии (ВИЭ) уже в ближайшие десятилетия как по причине неизбежного сокращения добычи и повышения стоимости нефти, газа и угля,

так и по экологическим причинам (эмиссия CO_2 и другие вредные воздействия традиционной энергетики на окружающую среду). Использование ВИЭ, как правило, не оказывает серьезного негативного воздействия на окружающую среду, в большинстве своем они являются экологически чистыми и повсеместно доступными источниками энергии» [Там же. С. 135].

«Серьезным мотивационным фактором развития ВИЭ для многих стран, особенно зависящих от импорта традиционных энергоресурсов, является забота об энергетической безопасности» [Там же. С. 147].

Некоторую путаницу вносят в эту картину гидроэлектростанции, которые, несмотря на возобновляемый энергоресурс, загрязняют, если они достаточно велики, среду парниковыми газами (см. разд. 1.4.2.1). Поэтому часто из перечня возобновляемых источников энергии исключают крупные ГЭС, оставляя малые и микроГЭС¹¹.

Таблица 1.4.1 позволяет судить о современном состоянии возобновляемой энергетики.

В 2004 г. ВИЭ произвели около 4,2 % мирового производства электроэнергии¹², что немало, но значительно меньше того, что они могут дать в будущем. Некоторое представление об энергетическом потенциале ВИЭ дает табл. 1.4.2.

Как показывает табл. 1.4.2, энергетический

«потенциал большинства... ВИЭ в масштабах планеты и территорий стран во много раз превышает современный уровень энергопотребления, и поэтому они могут всерьез рассматриваться как возможный источник производства энергии» [Попель, Туманов, 2007. С. 136].

Именно это и происходит на наших глазах, что иллюстрирует табл. 1.4.3.

Заместим, что, как показывает эта таблица, доля крупных ГЭС в суммарный вклад ВИЭ в энергопотребление упадет с 16 % в 2001 г. до 6 % в 2040 г.

¹¹ Согласно международной классификации, малые ГЭС имеют мощность от 100 кВт до 10 МВт, микроГЭС — до 100 кВт [Попель, Туманов, 2007. С. 146].

¹² На мировое «производство электроэнергии... расходуется около 37 % общего производства первичных источников энергии» [Андрюшин и др., 2003. С. 370].

Таблица 1.4.1

Показатели новых ВИЭ¹³

Показатели	Установленная мощность в мире на конец 2004 г.	Сравнительные показатели
Производство электроэнергии	ГВт (1 ГВт = 10⁹ Вт)	
Крупные ГЭС	720	Мощность всех энергоустановок в мире 3 800 ГВт
Малые ГЭС	61	
Ветроустановки	48	
Энергоустановки на биомассе	39	
Геотермальные энергоустановки	8,9	
Фотоэлектрические установки		
Автономные	2,2	
Локально сетевые	1,8	
Солнечные тепловые электростанции	0,4	
Океанские приливные электростанции	0,3	
ВСЕГО для новых ВЭИ (без крупных ГЭС)	160	
Теплоснабжение	ГВт (тепл.)	
На биомассе	220	
Солнечные коллекторы	77	
Геотермальное прямое теплоснабжение	13	
Геотермальные тепловые насосы	15	
Количество домовладельцев с солнечными водонагревательными установками	40 млн	Всего домовладельцев в мире 1600 млн
Количество домовладельцев с геотермальными тепловыми насосами	2 млн	
Автономное энергоснабжение		
Количество биогазовых установок при домашних хозяйствах	16 млн	Всего домов, не подключенных к централизованным системам энергоснабжения, 360 млн
Количество домов с автономными фотоэлектрическими установками	2 млн	
Солнечные кухни	1 млн	

¹³ [Попель, Туманов, 2007. С. 138].

Окончание таблицы 1.4.1

Показатели	Установленная мощность в мире на конец 2004 г.	Сравнительные показатели
Производство электроэнергии	ГВт (1 ГВт = 10^9 Вт)	
Производство могорных топлив	л/год	
Производство этанола Производство биотоплив для дизельных двигателей	31 млрд 2,2 млрд	Мировое производство бензина 1200 млрд л/год

Таблица 1.4.2

Потоки энергии у земной поверхности¹⁴

Виды мощности	Мощность, ГВт
Распределение мощности солнечной радиации:	
Поглощение атмосферой и земной поверхностью	10^8
Поглощение земной поверхностью	$8 \cdot 10^7$
Расход па испарение	$4 \cdot 10^7$
Явные турбулентные потоки тепла	10^7
Перенос тепла с экватора к полюсам:	
Атмосферой	10^7
Океаном	$2 \cdot 10^6$
Поглощение сушией	$2 \cdot 10^7$
Мощность испарения:)	
Сушей (эвапотранспирация)	$5 \cdot 10^6$
Растениями (транспирация)	$3 \cdot 10^6$

¹⁴ [Горшков, 1990. С. 53–54].

Окончание таблицы 1.4.2

Виды мощностей	Мощность, ГВт
Ветровая мощность (мощность диссипации ветровой энергии)	$2 \cdot 10^6$
Мощность океанских волн (мощность диссипации волновой энергии)	10^6
Мощность фотосинтеза	10^5
Гравитационная мощность падения всех осадков	10^5
Гидромощность рек (падение стока всех рек с высоты 300 м)	$3 \cdot 10^3$
Другие виды возобновимых мощностей:	
Геотермальная	$3 \cdot 10^4$
Вулканов и гейзеров	300
Приливная	1000
Лунного света, падающего на Землю	500
Света, падающего на Землю от всех звезд	0,1
Современное мировое энергопотребление человечества	10^4 *

* Данные в этом пункте устарели. Как отмечалось в разд. 1.2, в 2003 г. мощность мирового энергопотребления составила $1,585 \cdot 10^4$ ГВт.

В разработке и инвестировании ВИЭ самое серьезное участие принимают крупнейшие энергетические компании — GE, «Siemens», «Shell», BP, «Sanyo», «Sharp» [Попель, Туманов, 2007. С. 136], делающие свой главный бизнес на традиционных энергоносителях. Это странно только на поверхностный взгляд — «акулы капитализма», не думающие о своем будущем, рано или поздно проигрывают конкурентам.

Перечислим основные виды ВИЭ и используемые ими формы энергии.

1. *Солнечные энергосистемы (СЭС)* подразделяются на солнечные тепловые электростанции (СТЭ), преобразующие энергию солнечной радиации в тепло с последующим его преобразованием в электроэнергию, и *фотовольтаические преобразователи (ФЭП)*, обеспечивающие прямое преобразование энергии солнечного излучения в электроэнергию.

Таблица 1.4.3

Прогноз масштабов использования ВИЭ в мире, выполненный в 2004 г. Европейским советом по возобновляемым источникам энергии (European Renewable Energy Council, EREC)¹⁵, Мтнэ (ГВт)

	2001 г.	2010 г.	2020 г.	2030 г.	2040 г.
Суммарное энергопотребление,	10 038,3 (13 350,1)	10 549 (14 030)	11 425 (15 195)	12 352 (16 428)	13 310 (17 702)
Энергоустановки на биомассе	1 080 (1 436)	1 313 (1 746)	1 791 (2 382)	2 483 (3 302)	3 271 (4 350)
Крупные ГЭС	222,7 (296,2)	266 (354)	309 (411)	341 (453)	358 (476)
Малые ГЭС	9,5 (12,6)	19 (25)	49 (65)	106 (141)	189 (251)
Ветровые энергоустановки	4,7 (6,25)	44 (58,5)	266 (354)	542 (721)	688 (915)
Фотоэлектрические энергоустановки	0,2 (0,27)	2 (2,7)	24 (32)	221 (294)	784 (1 043)
Солнечные тепловые энергоустановки	4,1 (5,45)	15 (20)	66 (88)	244 (324)	480 (638)
Солнечные тепловые энергоустановки, производящие электричество	0,1 (0,133)	0,4 (0,53)	3 (4)	16 (21,3)	68 (90)
Геотермальные	43,2 (57,5)	86 (114)	186 (247)	333 (443)	493 (660)
Морские (приливные/волновые/океанические)	0,05 (0,066)	0,1 (0,133)	0,4 (0,53)	3 (4)	20 (26,6)
Суммарный вклад ВИЭ	1 364,5 (1 814,8)	1 745,5 (2 321,5)	2 694,4 (3 583,5)	4 289 (5 704)	6 351 (7 686)
Вклад ВИЭ в суммарное энергопотребление, %	13,6	16,6	23,6	34,7	47,7

¹⁵ [Renewable..., 2004. P. 10]. В этом документе в качестве единицы измерения энергопотребления используется Мтнэ (Mtoe) — миллион тонн нефтяного эквивалента. Считая, как это принято, 1 тнэ равной 10 Гкал, принимая также во внимание, что 1 кал = 4,1868 Дж, и деля 1 Мтнэ на число секунд в году, получаем, что потребление 1 Мтнэ за год отвечает мощности около 1,33 ГВт = 1,33 · 10⁹ Вт.

Если бы данная порция солнечного излучения не была использована СЭС, то ее энергия частично рассеялась бы в виде тепла, а частично превратилась бы в другие формы энергии, скажем, в химическую энергию растений. Фактически, таким образом, СЭС, если и не охлаждают напрямую среду, то способствуют, скажем так, ее «иенагреванию».

КПД СТЭ разных типов (параболический концентратор, «старелка» и электростанция башенного типа) находится в диапазоне от 7 % до 25 % [Солнечные..., 2007], КПД ФЭП пока не превышает 15–17 %, однако существуют большие резервы его увеличения за счет, например, сочетания ФЭП с концентраторами излучения [Хвостиков и др., 2004] и использования каскадных схем [Наземные..., 2006].

2. *Ветровые энергоустановки* (ВЭУ) используют кинетическую энергию ветра, которая, в свою очередь, имеет своим источником рассеянное в атмосфере тепло. В среднем КПД современных ветроустановок составляет около 45 %, хотя может достигать и 50 % [Берч, 2006].

«Ветровые энергостанции... могут порождать опасное инфразвуковое загрязнение среды, распространяющееся на большие расстояния от их места расположения» [ВП СССР, 1997. С. 16].

3. *Геотермальные энергоустановки* собирают тепло глубинных слоев Земли:

«Из горячих недр Земли на ее поверхность постоянно поступает тепловой поток, интенсивность которого в среднем по земной поверхности составляет около $0,03 \text{ Вт/м}^2$. Под воздействием этого потока в зависимости от свойств горных пород возникает градиент температуры — так называемая геотермальная ступень. В большинстве мест геотермальная ступень составляет не более $2\text{--}3^\circ\text{C}/100 \text{ м}$. Однако в местах молодого вулканизма, вблизи разломов земной коры геотермальная ступень повышается в несколько раз и уже на глубинах нескольких сотен метров, а иногда нескольких километров, находятся либо сухие горные породы, нагретые до 100°C и более, либо запасы воды или пароводяной смеси с такими температурами» [Попель, Туманов, 2007. С. 145]¹⁶.

¹⁶ См. также [Певзиер, Шумейкин, 2007].

4. Экспериментальные *гидротермальные энергоустановки* классического циклического типа, подчиняющиеся теории Карно (см. немного далее в настоящем разделе и разд. 8.1, т. II) и работающие за счет вертикального градиента температуры океана. Их КПД из-за малой разницы температур между поверхностными и глубинными слоями воды океана имеет теоретический потолок около 7 %, практически не превышая 2–3 % [Зарич, 1981; Голдин, 1983; Барский, 2002; Понятовский, 2004].

5. *Тепловые насосы*, которые некоторые авторы относят к геотермальным установкам ВИЭ и которые применяются во всё больших масштабах для теплоснабжения малых потребителей [Деменева, 2007], собирают тепло, рассеянное в среде — в земле или воздухе:

«Существует три варианта отопления при помощи теплонасосов: земляной, вентиляционный и воздушный тепловой насос.

Земляной теплонасос собирает аккумулированную в земле солнечную энергию и преобразует ее в комнатное тепло. Необходимая для этого система трубопроводов либо закапывается в землю, либо погружается в водоем или скважину. В домах с таким отоплением 2/3 тепловой энергии получают от теплового насоса, а только оставшуюся 1/3 от иного источника тепла.

Вентиляционный тепловой насос использует в качестве источника энергии тепло выходящего воздуха. Так удается получить до половины необходимой энергии.

Воздушный теплонасос получает энергию из уличного воздуха и превращает ее в домашнее тепло» [Салака, 2006].

«Геотермальные теплонаносные установки широко используются в США, Канаде, во многих странах Европы для теплоснабжения малых потребителей. В Швейцарии каждый 3-й новый индивидуальный жилой дом оснащается такой системой, являющейся особенно эффективной при замещении электрических систем горячего водоснабжения и обогрева. Применяются как вертикальные подземные теплообменники, расположенные в скважинах глубиной 30–100 м и утилизирующие тепло грунтовых вод с температурой 15–20°C, так и горизонтальные грунтовые теплообменники, расположенные на глубине до 2–3 м... Коэффициент преобразования энергии теплового насоса в таких системах достигает 3–4 (на 1 кВт полезного тепла)» [Попель, Туманов, 2007. С. 146].

Тепловой насос — это та же классическая тепловая машина, рассмотренная классиками термодинамики, только работающая не в обычном режиме, когда за счет тепла более теплого тела (нагревателя) производится работа, а часть тепла передается менее теплomu телу (холодильнику), но в режиме, когда тепло передается с совершением работы от менее теплого тела более теплomu:

«...устройство называется *холодильной машиной*, если поставлена техническая задача охладить более холодный резервуар. Если происходит дальнейшее нагревание горячего резервуара, то такую машину называют *тепловым насосом*» [Мюнстер, 1971. С. 29].

Применительно к тепловому насосу теория Карно (см. разд. 8.1, т. II) сохраняет свою силу. За цикл у среды забирается тепло Q_0 при низкой температуре T_0 , отдается отопляемому помещению тепло Q_1 при более высокой температуре T_1 , $Q_0 < Q_1$, $T_0 < T_1$. В обратимом приближении

$$\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_0}{T_0} = 0. \quad (1.4.1)$$

Разница между Q_0 и Q_1 возмещается совершаемой работой W (обычно в форме электроэнергии):

$$Q_1 - Q_0 = W. \quad (1.4.2)$$

Величина Q_1/W , называемая *коэффициентом преобразования теплового насоса*, практически достигает 3 и более, о чем говорят процитированные выше авторы и что означает большую экономию энергии при отоплении помещений.

6. *Энергоустановки на биомассе* используют химическую энергию органического вещества.

7. *Гидроэлектростанции*. К ним относятся речные и океанические ГЭС. Речные ГЭС, как говорилось выше в настоящем разделе, подразделяют на крупные (с мощностью более 10 МВт), малые от 100 кВт до 10 МВт и микро- (до 100 кВт), причем крупные ГЭС часто исключают из баланса воспроизводимой энергетики из-за наносимого ими среде вреда.

Океанические ГЭС предполагается ставить на морских течениях. Первая такая электростанция мощностью 136 МВт строится во Флоридском проливе для использования кинетической энергии течения Гольфстрима [<http://www.geosite.com.ru/pageid-125-1.html>]. Речные и океанические ГЭС используют кинетическую энергию потока воды, подобно тому как ветровые энергоустановки используют кинетическую энергию потока воздуха, однако, во всяком случае для речных ГЭС, кинетическая энергия потока воды имеет нетепловое происхождение¹⁷.

8. Приливные электростанции (ПЭС) используют энергию морских приливов, имеющую своим источником гравитационную энергию взаимодействия Земли и Луны, однако, с другой стороны, работа ПЭС тормозит вращение Земли с уменьшением ее кинетической энергии вращения. Как бы то ни было, используемая приливыми электростанциями энергия имеет нетепловую природу.

9. Энергоустановки, предназначенные для использования энергии морских волн, т. е. кинетической энергии движения воды:

«...новые преобразователи было решено делать в виде буйков. „Сердце“ аппарата — магнитный стержень из сплава железо-неодим-бор, одного из лучших материалов для постоянных магнитов, находящийся внутри проводящей катушки, которая прикреплена к корпусу. К сердечнику приделан трос, другим концом зафиксированный на дне. Сам буй внутри полый, поэтому всегда остается на плаву, а колебательные движения волн заставляют сердечник перемещаться вверх-вниз... относительно корпуса, что приводит к возникновению тока внутри катушки. Электробуйки, разрабатываемые в Орсконском университете, планируют размещать на расстоянии в два-три километра от побережья, там, где глубина больше 30 метров. По сравнению с удаленностью от берега надводная часть буйка настолько незначительна, что его будет невозможно заметить с суши невооруженным глазом... Команда разра-

¹⁷ МОРСКИЕ ТЕЧЕНИЯ, «поступательные движения масс воды в морях и океанах, обусловленные:

- действием силы трения между водой и воздухом; или
- градиентами давления, возникающими в воде; или
- приливообразующими силами Луны и Солнца» [http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?RMuwxqol!yl,lt09].

ботчиков представляет себе проект в виде „волнового парка“: буйки будут упорядоченно болтаться на специально отведенной территории» [Парк..., 2006].

При всей своей привлекательности, возобновляемые источники энергии обладают серьезными недостатками. Чаще всего в этой связи отмечают низкую плотность соответствующих потоков энергии и вытекающую отсюда высокую стоимость установок ВИЭ:

«К серьезным недостаткам ВИЭ, ограничивающим их широкое практическое применение, относятся невысокая плотность энергетических потоков и их непостоянство во времени и, как следствие этого, необходимость значительных затрат на оборудование и преобразование энергии. Так, например, плотность потока солнечного излучения на поверхности Земли в полдень ясного дня составляет всего около 1 кВт/м^2 , а ее среднегодовое значение с учетом сезонных и погодных колебаний для самых солнечных районов земного шара не превышает 250 Вт/м^2 (для средней полосы России 120 Вт/м^2). Средняя удельная плотность энергии ветрового потока также, как правило, не превышает нескольких сотен Вт/м^2 (так, при скорости ветра 10 м/с удельная плотность потока энергии $\bar{E} = 1/2 \rho V^3 \approx 500 \text{ Вт/м}^2$, где ρ — плотность воздуха, V — скорость ветра). Плотность энергии водного потока, имеющего скорость 1 м/с , также составляет всего около 500 Вт/м^2 . Для сравнения укажем, что плотность теплового потока на стенке топки парового котла достигает нескольких сотен кВт/м^2 » [Попель, Туманов, 2007. С. 136].

«...если вы сегодня сравните любой возобновляемый источник энергии с любым традиционным источником энергии — себестоимость выработки электроэнергии на возобновляемых источниках энергии минимум в два раза выше» [Катыс, 2004; высказывание В. Велькина, кафедры атомной энергетики Уральского Гос. техн. ун-та].

К этому добавим еще два пункта «обвинений». Во-первых, те из установок ВИЭ, что используют нетепловые формы энергии (из перечисленных — энергоустановки на биомассе, ГЭС, приливные электростанции и установки, использующие энергию морских волн) загрязняют среду теплом, а те, что полностью (гео- и гидротермальные установки) или частично

(солнечные и ветровые энергетические установки и тепловые насосы) используют тепловую энергию среды, характеризуются низкими КПД.

Во-вторых, как ни велики ресурсы ВИЭ, многократно превосходящие сегодня потребности мировой экономики, завтра, — когда экспоненциально возрастающее энергопотребление выйдет на уровень потока солнечного излучения на поверхности Земли, — они станут недостаточными (см. табл. 1.4.2). Это означает, что ресурсов ВИЭ хватит ненадолго.

1.4.3. Экзотические объяснения и рецепты преодоления наблюдаемых природных катаклизмов

Парниковые газы — главные, но далеко не единственные обвиняемые в наблюдаемых природных катаклизмах. Здесь существуют самые разные точки зрения, в т. ч. и довольно странные. Назовем некоторые из них.

1. Потепление климата — это миф, распространяемый заинтересованной в нем научной мафией [Герасимов, 2002].

2. В катаклизмах повинно не потепление климата, но разрушение природных экосистем человеком:

«...не только люди, далекие от науки, но и многие специалисты-экологи не осознали до сих пор, что же составляет центральный пункт глобальных изменений окружающей среды, происшедших за историческое время, и, в особенности, за последние 50–100 лет... Это не загрязненность среды обитания, от которой страдает большинство населения планеты. И не потепление климата, чью связь с парниковым эффектом некоторые исследователи всё еще подвергают сомнению. Главный экологический итог хозяйственной деятельности человека — разрушение природных экосистем на огромных территориях суши, а также в акваториях полузамкнутых морей и прибрежной океанической зоны» [Данилов-Данильян и др., 2005].

3. Наблюдаемое потепление является проявлением природного долгопериодного цикла и закончится в ближайшие годы, после чего начнется глобальное похолодание [Мелешко, 2007].

4. Потепления и похолодания климата Земли являются следствием изменения частоты вращения Земли, представляющей собой гигантский природный магнитогидродинамический генератор (МГД-генератор) [Копылов, 1999].

5. Глобальное потепление объясняется изменением солнечной активности [Сорохтин, 2006; Второва, 2007].

6. За потепление несут ответственность космические лучи [Космические..., 2002; Грэй, 2007].

7. Главным фактором изменения климата — это излучение Солнца, ультрафиолетовая компонента которого вызывает истощение озонового слоя; для отражения солнечного излучения и поглощения ультрафиолета предлагается распылять в атмосфере белые тонкодисперсные частицы нанопленки специальной магнезии [Ким Сен Гук, Мамбстерзина, 2006].

8. Солнечную радиацию предлагается также отражать:

- 1) зеркалами [Там же],
- 2) покраской в белый цвет всех рукотворных объектов, поверхности которых обращены к Солнцу [Там же],
- 3) миллионами легких линз диаметром до 60 см, запущенных в околоземное космическое пространство [Там же],
- 4) размещением в стратосфере малых светлых частиц серы [Там же],
- 5) посредством выведенного на орбиту гигантского солнечного зонта [Солнечный..., 2006],
- 6) покрытием зеркальной пленкой неиспользуемых территорий пустынь и степей [ВП СССР, 1997. С. 14].

1.4.4. Недостаточность принимаемых мировым сообществом мер: угроза «тепловой смерти» остается

Как говорилось в разд. 1.4.1, мировой энергетический кризис имеет четыре основные компоненты:

- 1) истощение углеводородных ресурсов;
- 2) подрыв энергетической безопасности стран, лишенных этих ресурсов;
- 3) химическое загрязнение среды, включая загрязнение атмосферы парниковыми газами, следствием чего, возможно, является наблюдаемое потепление климата;
- 4) тепловое загрязнение среды потреблением энергии как таковым, включая использование «чистых» видов топлива.

На первые две компоненты энергетического кризиса мировое сообщество реагирует достаточно адекватно, затрачивая большие усилия на поиск и разработку новых источников энергии (реакция на первую компоненту кризиса) и диверсификацию энергопоставок по видам топлива (реакция на вторую компоненту).

Реакция на третью компоненту кризиса представляется неадекватной.

Во-первых, в поисках замены углеводородов, пренебрегая химическим загрязнением среды, возвращаются к таким «грязным» энергоресурсам, как уголь и атомная энергия. Во-вторых, совершенно недостаточны принимаемые меры по снятию даже такой осознанной проблемы, как загрязнение атмосферы парниковыми газами:

«В Базовом сценарии мировые выбросы двуокиси углерода (CO_2), связанные с топливно-энергетическим комплексом, за период с 2004 по 2030 г. возрастут на 55 %, или на 1,7 % в год. В 2030 г. они достигнут 40 Гигатонн, что обуславливает рост на 14 Гигатонн по сравнению с уровнем 2004 г. В течение прогнозируемого периода на электроэнергетику приходится половина от роста мировых выбросов... По прогнозам, выбросы будут увеличиваться немного быстрее, чем спрос на первичную энергию, меняя тенденции последних двух с половиной лет, так как среднее содержание углерода в потребляемой первичной энергии возрастает» [Прогноз..., 2006. С. 5].

Что же касается реакции на четвертую компоненту энергетического кризиса, то она у мирового сообщества отсутствует напроочь.

На мой взгляд, у него (мирового сообщества) наблюдается расщепление сознания. С одной стороны, оно — в лице физиков — настаивает на том, что тепло не может полностью превращаться в другие формы энергии, на чем, собственно, и основывается запрет на вечные двигатели 2-го рода (см. разд. 9.1, т. II). Другими словами, ученые твердо знают, что на Земле действует тенденция к рассеянию нетепловых форм энергии в виде тепла (см. о ней в разд. 3.2, 3.4, гл. 4, разд. 5.3.1–2, 6.1 (т. II), 7.2 (т. II) и 7.5.5 (т. II)) и что, таким образом, потребляемая человеком энергия в конце концов рассеивается, загрязняя среду теплом.

С другой стороны, мировое сообщество странным образом об этом забывает при обсуждении глобального потепления, игнорируя тепловое загрязнение среды, вызываемое *потреблением энергии как таковым*, в котором «чистые» источники энергии выступают наравне с «грязными».

Никто не принимает во внимание, что названные в разд. 1.4.2.3 реальные и гипотетические энергоресурсы — уголь, атомная энергетика во всех ее разновидностях, термоядерный синтез, водородная энергетика, гидрат метана, топливные элементы, холодный ядерный синтез, вакуумные энергоустановки и энергоустановки, вынесенные за пределы Земли, — все они загрязняют среду теплом просто по самому факту их работы, т. е. потому, что практически вся поставляемая ими энергия после ее потребления рассеивается в виде тепла.

Разработчики возобновляемых источников энергии (разд. 1.4.2.4) также не думают о тепловом загрязнении среды, решая лишь задачи (1) поиска новых источников энергии и (2) устранения химического загрязнения среды. И если одни виды установок ВИЭ — солнечные, ветровые, гео- и гидротермальные энергоустановки и тепловые насосы — полностью или частично работают на тепле среды, а другие — энергоустановки на биомассе, гидро- и приливные электростанции и энергоустановки, использующие энергию морских волн, — загрязняют среду теплом подобно самым «грязным» источникам энергии, то это является следствием не целенаправленных усилий разработчиков, но делом случая — тепловой природой одних ВИЭ и нетепловой — других.

ГЛАВА 2

Популярный сценарий — торможение роста потребления энергии — направлен против вектора эволюции и потому губителен

2.1. Популярный сценарий: торможение роста энергопотребления и потребления вообще

Об угрозе «тепловой смерти» из-за экспоненциального роста потребления энергии с последующим ее рассеянием в виде тепла пишут считанные единицы ученых, которые, что еще более странно, уклоняются при этом от обсуждения путей решения этой проблемы, ограничиваясь высказыванием утверждения о необходимости *торможения роста потребления энергии*¹:

«...было бы фатальным заблуждением думать, что мы можем генерировать неограниченное количество энергии, чтобы поддерживать

¹ Об исключении из этого ряда см. в гл. 4.

ежедневные потребности быстро умножающегося населения. Игра на экономический рост [Being bullish on economic growth] — не решение наших проблем; игра на повышение сама по себе породит новые проблемы. Чтобы избежать болезненного нагревания нашей среды, *общее потребление энергии нашей цивилизации необходимо быстро выровнять* [must soon level off]. Это может быть достигнуто только сдерживанием роста мирового населения (выделено мной. — С. Х.)» [Chaisson, 1989. P. 274].

«Охлаждение поверхности Земли при фиксированном производстве тепла на ней возможно только за счет ослабления парникового эффекта, т. е. изменения существующей атмосферы. Это неприемлемо для жизни и человека. Современное энергопотребление человечества составляет 10^4 ГВт²... и, следовательно, допустимо увеличение энергопотребления по сравнению с современным уровнем примерно в 10 раз. Таков климатический предел энергопотребления» [Горшков, 1990].

«После достижения предела производство энергии должно быть стабилизировано на этом уровне... Подчеркнем еще раз, что ограничение производства энергии не связано с недостаточностью энергетических ресурсов, а вытекает из необходимости сохранить глобальное равновесие природных процессов на Земле. В этом коренное отличие проблемы перегрева от проблемы истощения недр Земли. Хотя обе они приводят к необходимости ограничить безудержный рост производства на земном шаре» [Гиндилис, 2004. С. 468–469]³.

Эти немногочисленные призывы к снижению темпов роста потребления энергии как средству решения проблемы «тепловой смерти» накладываются на мощный поток аналогичных призывов, мотивированных глобальным экологическим кризисом, который надвигается по мере истощения человеком ресурсов планеты. В многочисленных работах звучат предупреждения о подступающем апокалипсисе, завязанные на антиэволюционные настроения:

² См. табл. 1.4.2. У В. Г. Горшкова здесь стояло 10 ТВт (1 ТВт = 10^{12} Дж), мы перевели в ГВт (1 ГВт = 10^9 Дж), чтобы унифицировать употребляемые в нашей книге единицы измерения энергопотребления.

³ Эта цитата из книги Л. М. Гиндилиса продолжает приведенную в разд. 1.3.

«... в 70-е годы обострение экологических и энергетических проблем вновь стимулировало распространение антиэволюционных настроений... Если в XIX – начале XX века оппоненты социального эволюционизма предпочитали циклический и статический архетипы, то на сей раз приоритет отдан третьему — историческая тенденция видится как скатывание по наклонной плоскости к предуготованному (законами природы) концу» [Назаретян, 1999а. С. 113–114].

Ф. Фукуяма деликатно говорит в этой связи не о *конце света*, а «только» о *конце истории*:

«То, чему мы, вероятно, свидетели, — не просто конец холодной войны или очередного периода послевоенной истории, но конец истории как таковой, завершение идеологической эволюции человечества и универсализация западной либеральной демократии как окончательной формы правления. Это не означает, что в дальнейшем никаких событий происходить не будет... — ведь либерализм победил пока только в сфере идей, сознания; в реальном, материальном мире до победы еще далеко. Однако имеются серьезные основания считать, что именно этот, идеальный мир и определит в конечном счете мир материальный (выделено Ф. Фукуямой. — С. Х.)» [Фукуяма, 1990. С. 292].

Другие авторы выражаются более жестко:

«Человечество как биологический вид смертно, и в этом смысле конец человеческой истории однажды наступит. И не в каком-нибудь совершенно неопределенном будущем, а, может быть, уже в середине XXI века» [Моисеев, 1999. С. 33–34].

Многие авторы, желая человечеству спасения, видят выход в торможении роста потребления не только энергии, но и потребления вообще. Человечество, полагают они, оказалось в наши дни на краю пропасти из-за того, что необдуманно перешло на индустриальный путь развития, оказавшись в плену идеологии потребления. Технологическая цивилизация и общество потребления, говорят нам, обречены и должны уйти в прошлое.

Дж. Рифкин [Rifkin, 1980] утверждает, что человечество ожидает переход от высокоэнтропийной фазы развития к низкоэнтропийной, на кото-

рой мы должны будем отказаться от современных «грязных» источников энергии и сырья в пользу «чистых» (ветра, солнечной радиации и т. п.) и одновременно резко сократить их общий расход. Индустриальная цивилизация, или цивилизация потребления, прекратит при этом свое существование. Всё большую роль, полагает он, будут играть восточные религии:

«Приверженцы восточных религий — и особенно буддисты — давно поняли ценность минимизации потока энергии [of minimizing energy flow-through]. Практика медитации предназначена, чтобы замедлить расточительное расходование энергии. Состояние нирваны, или истины, достигается, когда индивид расходует наименьшую энергию, необходимую для обеспечения его физического выживания [outward physical survival]. Восточные религии давно утверждают, что рассеяние индивидуальной энергии сверх необходимого только добавляет неразбериху и беспорядок в мир. Высшая истина, согласно восточной доктрине, состоит только в достижении гармонии с тем, что вас окружает [be becoming one with the world around you]. Это может быть завершено только вхождением в „родственные отношения“ с покоем природы [into a unified relationship with the rest of nature]» [Rifkin, 1980. P. 235].

Аналогична точка зрения Г. Т. Миллера:

«Чем больше мы пытаемся упорядочить, или „победить“ Землю, тем больший нажим [stress] мы неминуемо оказываем на среду... мы не можем отменить первый и второй законы термодинамики и... должны научиться жить с ограничениями, которые они на нас накладывают» [Miller, 1975. P. 14].

Позиция Рифкина и др. находится в русле *биоцентризма*:

«Один из целостных концептуальных проектов выхода из современного экологического кризиса принадлежит Г. и Э. Одумам... в созданной учеными целостной системе социально-экономических отношений будущего общества поразительно то, что ее характеристики почти полностью (на 95 %) совпадают с таковыми в традиционном китайском обществе. Среди них: отказ от идеи прогресса, от чистого

роста и отраслей, стимулирующих рост, высокая доля ручного труда, незначительность роли кредита, прибыли, промышленного капитала, рекламы, транспорта, туризма, снижение вероятности военных конфликтов и уменьшение расходов на оборону и армию, уменьшение числа конкурирующих предприятий, направленность общественных работ не на строительство новых, а на поддержание существующих проектов и сооружений, сокращение затрат на развлечения и предметы роскоши, вытеснение государственных установлений обычаями, замена юридических норм религиозными и этическими (см. [Одум, Одум, 1978. С. 349–351])» [Кульпин, 1992. С. 35].

Нам предлагают отказаться от прогресса, уйти в леса, заняться спасением души, самосовершенствованием, разведением пчел и пр.:

«В последние два или три десятилетия в рамках экологического движения выделился целый ряд школ и направлений, в которых пропагандируется идея *биоцентризма* (выделено авторами. — С. Х.), то есть подчинения всей деятельности человека даже не интересам охраны окружающей природной среды, а интересам самой природы... Что... касается подобной „пещерной“ трактовки биоцентризма, то она требует от человека, по сути дела, невозможного. Ведь преобразование окружающей природной среды применительно к его нуждам и потребностям в процессе трудовой, предметно-практической деятельности есть необходимое условие и, вместе, способ существования человечества как социализированного вида. Так что антропоцентризм был и, по-видимому, останется органически присущей ему чертой, а его носитель всегда будет преследовать на этой земле свои особые, человеческие интересы. Другое дело, что тот примитивный антропоцентризм, объявлявший человека „венцом творения“, действительно более нетерпим в наши дни и требует коренного переосмысления в пользу значительно более скромного места, которое занимает, или, по крайней мере, должен занимать на Земле Человек Разумный, дабы не подрубать „сук“ своего собственного существования» [Данилов-Данильян и др., 2005. С. 201–202].

На мой взгляд, современные антиэволюционные настроения представляют собой вполне неадекватную реакцию на очередной эволюци-

онный кризис, каких немало было уже в прошлом землян и каких, будем надеяться, еще немало выпадет в будущем. Если бы прокариоты⁴ могли создавать научные концепции, они бы тоже говорили накануне кислородного кризиса, случившегося по их вине около 1,9 млрд лет назад [Хайтун, 2005а. Разд. 4.7.1]⁵, о «конце истории», тогда как тогда возникал эукариотный⁶ мир, породивший, помимо прочего, и наших антиэволюционистов.

По-видимому, сторонники призывов отказаться от социального прогресса и «слиться с природой» не совсем понимают, о чем говорят. Как о том еще будет говорить далсе в настоящей главе, прекращение существования индустриальной цивилизации означало бы кардинальное изменение всей природы человечества, социальную катастрофу, какой еще свет не видывал:

«...для того чтобы человечество не нарушало хрупкого баланса ресурсов и могло избежать глобального кризиса при нынешнем уровне техники и при современных объемах душевого энергопотребления, население планеты должно быть уменьшено раз в десять! А такое, вероятнее всего, — невозможно... Невозможно сократить на порядок и потребление энергии» [Моисеев, 1999. С. 47–48].

И случится эта катастрофа, если не принять должных мер, не когда-нибудь в отдаленном будущем, а в ближайшие 100–150 лет (разд. 1.3).

2.2. Римский клуб и комиссия Брундтланд: концепция устойчивого развития и ее недостаточность

Перелом в общественном мнении в отношении к угрозе глобального экологического кризиса произошел во многом благодаря книге Дж. Форрестера «Мировая динамика» [Forrester, 1971] и появившимся под его

⁴ ПРОКАРИОТЫ, безъядерные одноклеточные организмы.

⁵ См. об этом кризисе в разд. 2.4.4.2.

⁶ ЭУКАРИОТЫ, ядерные одноклеточные и многоклеточные организмы.

влиянием докладом Римского клуба⁷ — «Пределы роста» [Meadows et al., 1972], «Человечество на перепутье» [Mesarovic, Pestel, 1974], «За пределами роста» [Pestel, 1989], «За пределами» [Meadows et al., 1992] и др.:

«Важным достижением Римского клуба следует считать использование в футурологической инструментарии понятия пределов роста, о существовании которых провидчески предупреждал еще Томас Мальтус в „Опыте закона о народонаселении“ (1796)» [Данилов-Данильян и др., 2005. С. 91].

Указав на подступающие демографическую и экологическую катастрофы, связанные с ростом численности населения и загрязнением среды, Форрестер, быть может впервые в истории, четко сказал о необходимости принятия *безотлагательных решений*.

Авторы первого доклада Римскому клубу конкретизировали Форрестера, построив относительно простую компьютерную модель развития человечества, в которой в качестве ключевых параметров рассматривались численность населения, объем основных фондов, уровень загрязнения, ресурсы, уровень питания, уровень жизни. В результате расчетов авторы первого доклада пришли к следующим выводам:

«1. Если существующие на настоящий момент времени тенденции роста численности населения, индустриализации, загрязнения окружающей среды, производства продуктов питания и истощения ресурсов сохранятся неизменными, то уже в течение следующего столетия мир подойдет к пределам роста.

⁷ РИМСКИЙ КЛУБ, неформальная межправительственная организация, созданная в апреле 1968 г. в Риме по инициативе итальянского промышленника и экономиста Аурелио Печчеи (Aurelio Peccei) и объединяющая в своих рядах ученых, общественных и политических деятелей разных стран мира. Клуб задает темы исследований, обеспечивает их оплату крупными фирмами и выбирает исполнителей, результаты работы которых публикуются в форме докладов Римскому клубу. Первое такое исследование по рекомендации Дж. Форрестера было предложено в 1970 г. возглавить Деннису Л. Медоузу, тридцатилетнему ассистенту Массачусетского технологического института (МТИ), а в 1972 г. был опубликован доклад его группы «Пределы роста», ставший, благодаря авторитету МТИ и мощной рекламной кампании, сенсацией. С тех пор опубликовано около 18 докладов.

Наиболее вероятным результатом будет довольно резкое и неуправляемое падение как численности населения, так и промышленного производства.

2. Имеется возможность изменить эти тенденции роста и *установить экологически и экономически стабильное состояние, которое может поддерживаться в далеком будущем*. Состояние глобального равновесия можно спроектировать таким образом, чтобы для каждого человека на Земле удовлетворялись основные материальные потребности и реализовывался его индивидуальный потенциал (выделено мной. — С. Х.)» [Meadows et al., 1972; Рус. пер. С. 25–26].

С описанием угроз, нависших над человечеством из-за ограниченности ресурсов планеты, в первом докладе Римскому клубу всё было в полном порядке. Концепция ограниченности ресурсов Земли, писал впоследствии А. Печчеи, отнюдь не нова, однако

«вывод доклада, что *конечность размеров планеты с необходимостью предполагает и пределы человеческой экспансии*, шел вразрез с преобладающей в мировой культуре ориентацией на рост... *материальный рост не может продолжаться до бесконечности*... Миф о росте начал постепенно спадать, как проколотый воздушный шар, и доклад сыграл в этом немалую роль (выделено А. Печчеи. — С. Х.)» [Pesccei, 1977; Рус. пер. С. 150–151].

Гораздо хуже, на мой взгляд, в первом докладе обстояли дела с позитивной частью, центральным в которой было понятие *экономически стабильного состояния*. Из-за его размытости оно было понято многими экономистами как состояние *нулевого роста*, в возможность реализации которого они не поверили.

Э. Пестель [Pestel, 1989] в очередном докладе Клубу защитил авторов первого доклада, разъяснив, что в нем не содержалось приписываемой ему рекомендации «нулевого роста»:

«Со временем понятие „нулевой рост“ прочно приклеилось к Римскому клубу, хотя само это словосочетание ни разу не появилось на страницах доклада» [Pestel, 1989; Рус. пер. Цит. по: <<http://rels.obninsk.com/Club/KRUG/rome3.htm>>].

Речь может идти, по мнению Пестеля, лишь о переходе развития в новое качество, обозначенное им как «органическое», однако его «разъяснение» понятия *органического роста*, или *органического развития*, на мой взгляд, также достаточно бессодержательно. Предоставляем читателю возможность найти в разъяснениях Пестеля что-либо, кроме выраженных общими словами пожеланий из ряда «все должно быть хорошо»:

«Для ясности позволю себе определить смысл органического развития, перечислив его главные отличительные черты: системное взаимозависимое развитие, когда ни одна часть (подсистема) не растет в ущерб другим; прогрессивные перемены в какой-либо одной части получают реальный смысл, только если им соответствуют прогрессивные процессы в других частях; многоаспектное развитие, отвечающее потребностям различных частей системы, — поэтому разные регионы мира будут обязательно развиваться по-разному; к тому же процессы развития будут со временем изменять свой характер; гармоничная координация целей обеспечивает непротиворечивость мира; мобильность, гибкость — способность составных частей системы поглощать в ходе развития возмущающие воздействия, т. е. следовать своим курсом, несмотря на неожиданные влияния и перемены, не затрагивающие главные для работы целого функции; особо важно качество развития, причем непременно признается его направленность на обеспечение благосостояния людей, живущих „не хлебом единым“; определенный временной горизонт, позволяющий предвидеть трудности и определить цели развития с учетом сложности новых проблем; постоянное „обновление“ целей, когда „новые“ возникают после достижения или переосмысления „старых“» [Pestel, 1991; Рус. пер. Цит. по: <<http://rels.obninsk.com/Club/KRUG/rome3.htm>>].

Немногим лучше обстоят дела и с другими аналогичными терминами, появившимися в докладах Римскому клубу:

«Ни один здравомыслящий человек больше не верит, что старая добрая матушка Земля может выдержать любые темпы роста, удовлетворить любые человеческие капризы. Всем теперь ясно, что пределы есть, но каковы они и где именно находятся — это предстоит еще выяснить.

Раскрепощенное человеческое воображение вызвало бурный рост семантических способностей; так появились декларации о гуманизованном росте, о необходимости перехода от общества потребления к обществу сохранения, или, наконец, призывы к сбалансированному росту.

Широкое распространение получил вопрос о конечных целях роста.

Наряду с этим всё чаще стали задавать и другой вопрос — о желательности и достижимости *устойчивого состояния общества* (выделено мной. — С. Х.)» [Рессеі, 1977; Рус. пер. С. 153].

Из этого же ряда и понятие *устойчивого развития* (sustainable development), появившееся в опубликованном в 1987 г. докладе [Наше..., 1988] Международной комиссии по окружающей среде и развитию под председательством Г. Х. Брундтланд⁸ и ставшее с тех пор чрезвычайно популярным, особенно в официальных международных документах. Предложенное Комиссией определение устойчивого развития как

удовлетворяющего потребности настоящего времени, но не ставящего под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности,

на мой взгляд, отражает только благие пожелания разработчиков, ничего не говоря о таком развитии по существу.

Тем не менее, в целом позиция авторов Римского клуба и Комиссии Брундтланд с их понятиями органического роста, устойчивого развития и т. д. представляется достаточно продуктивной. Осталось «только» понять,

⁸ Комиссия Брундтланд работала с 1984 по 1987 гг. Гро Харлем Брундтланд (G. H. Brundtland) — министр окружающей среды, а затем премьер-министр Норвегии — была поставлена во главе Комиссии генеральным секретарем ООН. Доклад Комиссии был использован в качестве рабочих материалов Конференции ООН по окружающей среде и развитию (КОСР-2), состоявшейся в 1992 г. в Рио-де-Жанейро. «В течение 10 лет после конференции в Рио более ста государств обнародовали, по образцу принятой там „Повестки на XXI век“, свои собственные повестки и программы, где отразилось их видение устойчивого развития, а также конкретные, планируемые ими на этом пути шаги» [Данилов-Данильян и др., 2005. С. 131].

как совместить экономическое и социальное развитие с экологическим равновесием.

Ответ на этот вопрос может быть найден в теории универсальной эволюции.

2.3. Универсальная эволюция

В последние десятилетия всё более прочные позиции завоевывает универсальный, или глобальный, эволюционизм [Big History], корни которого теряются в дымке истории науки⁹ и который рассматривает в едином ключе всё развитие наблюдаемого мира от Большого взрыва до био- и ноосферы¹⁰ на Земле. Этот подход оказывается продуктивным по той простой причине, что, хотя неорганические, органические и социальные явления имеют разную природу, основные законы эволюции для них едины. Сквозное рассмотрение неорганической, органической и социальной стадий эволюции существенно облегчает постижение этих единых эволюционных законов, принимающих на этих стадиях специфическую форму.

Темпы неорганической эволюции сравнительно невысоки:

«С исчезновением жизни на земной поверхности шли бы лишь медленные, от нас скрытые изменения, связанные с земной тектоникой. Они проявлялись бы не в наши года и столетия, а в года и столетия геологического времени» [Вернадский, 1926. С. 26].¹¹

Поэтому для нее не так очевиден факт эволюционного усложнения, зато здесь четко видно, что эволюция — это самоорганизация материи.

Органическую эволюцию мы не видим изнутри, почему до сих пор можем только догадываться о конкретных механизмах рождения органи-

⁹ [E. Darwin, 1803; Chambers, 1844; Bronn, 1858; Köllicker, 1864, 1872; Спенсер, 1867; Schindewolf, 1964; Vandel, 1968; Jantsch, 1980; Аршинов, 1986; О современном..., 1986; Черникова, 1987, 1994; Кутырев, 1988; Chaisson, 1989, 2001; Лима-де-Фариа, 1991; Моисеев, 1991; Голубев, 1992; Nottale et al., 2000; Хайтун, 2001а, 2005а, б, 2006, 2007а, б; Универсальная..., 2001; Назаретян, 2004; Панов, 2005].

¹⁰ См. определение ноосферы в разд. 2.4.2.5.

¹¹ Это высказывание В. И. Вернадского еще раз процитировано по другому поводу в разд. 2.4.2.3.

ческих новаций (мутаций), что привело к неоправданно долгой жизни теории естественного отбора, возлагающей ответственность за (органическую) эволюцию на среду [Хайтун, 2005а. Разд. 5.6; 2007б]. Однако для органического мира несомненен сам факт эволюции в сторону усложнения и ее фрактальный (через каскад точек ветвления) характер.

Сопоставление социальной эволюции с неорганической и органической позволяет понять, какие черты социальной эволюции «необязательны к употреблению», имея привходящий характер, а какие являются проявлением общих законов эволюции, игнорируя которые социум обрекает себя на гибель, подобно тому как мы обрсаем себя на гибель, пренебрегая законами тяготения. Сравнительно большая скорость социальной эволюции делает еще более выпуклым сам факт эволюции. Кроме того, мы наблюдаем здесь за рождением новаций (идей, открытий, изобретений) изнутри, что укрепляет нашу уверенность в том, что источник новаций находится в самой эволюционирующей системе, а не в среде. Можно, также, сделать вывод, что и социальная эволюция происходит через каскад точек ветвления (фрактально) и что, в частности, в XX в. возникла мутовка (гроздь, всер) социально ориентированных политэкономических систем, включающая фашистскую/нацистскую, коммунистическую/номенклатурную и кейнсианскую ветви, последняя из которых, как то обычно бывает и в органическом мире, оказалась в эволюционном плане наиболее выигрышной [Хайтун, 2006].

Некоторые, казалось бы, сугубо физические понятия имеют смысл и за пределами физических явлений. К числу таких понятий общего употребления, которые могут быть использованы в рамках универсального эволюционизма, относятся, в частности, понятия *взаимодействий* и *фракталов*. Точно так же за пределы биологии может быть распространено понятие *метаболизма*.

Физики говорят о взаимодействии частиц, составляющих физические системы, и о взаимодействии самих физических систем, которое в обоих случаях осуществляется посредством силовых *полей* — электромагнитных, гравитационных, сильных и слабых. В физике фигурируют также *формы взаимодействий* — электромагнитные, гравитационные, тепловые и т. д., количественной мерой которых является *энергия* — электромагнитная, гравитационная и т. д. (см. разд. 6.4.2, т. II). В самом общем смысле взаимодействия выступают как *материя* (понятие взаимодействий синони-

мично понятию материи), а паттерны взаимодействий — как материальные (см. разд. 6.4.3, т. II). Биологические и социальные системы также материальны, так что биологическими и социальными могут быть и взаимодействия, т. е. понятие взаимодействий является не только физическим, но и биологическим и социальным.

Не все формы взаимодействий могут быть охарактеризованы количественно (не все явления допускают количественное описание и не все величины имеют количественный смысл), так что понятие энергии в общем случае к биологическим и социальным взаимодействиям неприменимо. Однако в качественном смысле понятие взаимодействий распространяется на материальные системы любой природы, применительно к которым можно говорить также об *интенсивности* взаимодействий. Это справедливо, в частности, и в отношении социальных систем, взаимодействия в которых могут быть производственными, экономическими, культурными и т. д.

Метаболизмами принято называть процессы потребления энергии и вещества живыми организмами, или, что то же самое, осуществляемые ими превращения друг в друга разных форм энергии и вещества. Однако превращения энергии и вещества происходят и в неорганических материальных системах — физических, химических, социальных. Это позволяет нам распространить понятие метаболизма на материальные системы любой природы, понимая под ними (метаболизмами) процессы превращения друг в друга всевозможных форм взаимодействий. В этом (универсальном) смысле понятия взаимодействий и метаболизмов пересекаются — можно говорить об интенсивности взаимодействий, а можно — об интенсивности метаболизмов.

2.4. Вектор универсальной эволюции

2.4.1. Вектор эволюции как совокупность компонент

Несмотря на всплеск антиэволюционных настроений, о котором шла речь в разд. 2.1, в целом эволюционные представления занимают сегодня в науке господствующее положение. При этом, как ни странно, общепринятой точкой зрения относительно направления эволюции пока отсутствует. Существует большая литература о критериях органического и/или социального прогресса, однако число таких критериев слишком велико (одних

только критериев высоты органической организации насчитывается более 40 [Миклин, 1983. С. 359]), чтобы можно было доверять какому-то одному из них. Разные авторы используют «свои» критерии, испытывая к «чужим» недоверие:

«Несмотря на правильность рассуждений большинства авторов, предложенные ими критерии эволюционного прогресса, как правило, не имеют количественного эквивалента, что не позволяет оценить их значимость для понимания прогрессивной эволюции» [Зотин А. И., Зотин А. А., 1999. С. 38].

Некоторые же ученые из-за размытости критериев вообще отказываются судить о направлении эволюции:

«Эволюционная теория в наши дни еще не дает ответа на вопросы о том, закономерна ли видимая направленность эволюции живого вещества, существует ли целесообразность или целенаправленность, куда направлено развитие, каковы критерии, задающие это направление» [Арманд, 1999. С. 49].

«Я не проводил специальных опросов, но из литературы и частных бесед складывается впечатление, что сегодня у большинства российских обществоведов упоминание о поступательном развитии вызывает аллергию» [Назаретян, 1999а. С. 115].

Единое рассмотрение неорганической, органической и социальной эволюции в рамках универсального эволюционизма (см. разд. 6.4, т. II и [Хайтун, 2005а]) позволяет выработать более определенный взгляд на вектор эволюции. Этот вектор безусловно существует, имея несколько компонент:

- 1) интенсификация «метаболизмов» разной природы, включая энергообмен и обмен веществ, химические метаболизмы и «метаболизмы» социальные,
- 2) интенсификация и расширение круговоротов энергии и вещества,
- 3) возрастание сложности и разнообразия форм,
- 4) рост связанности «всего со всем» и открытости реальных систем,
- 5) нарастание степени фрактальности эволюционирующих систем и Вселенной в целом,

б) нарастание степени негауссовости распределений¹², и т. д.

В контексте настоящей монографии более всего интересны первые две из этих компонент.

2.4.2. Первая компонента вектора эволюции: интенсификация энергообмена и обмена веществ

2.4.2.1. *Энергообмен vs. обмен веществ*

Основу жизнедеятельности органических систем составляют обмен энергией и веществом со средой:

«Потребность в энергии — это главная „забота“ биосферы в целом и отдельных ее составляющих (популяций, организмов). Скорость эволюции ведущих сообществ в биосфере и масса продуцируемого ею вещества определяются в первую очередь способностью живого „захватить“ из своего окружения энергию... На втором месте в эволюции биосферы стоит борьба за вещество, т. е. за источники питания и дыхание развивающихся организмов» [Резанов, 2003. С. 183].

Ни энергия, ни вещество при этом никуда не деваются — этому препятствуют законы сохранения энергии и вещества — происходит лишь превращение одних их форм в другие.

Смысл потребления вещества понятен — при этом система забирает из среды готовые вещественные «блоки» — определенные химические элементы и соединения вплоть до биополимеров, с тем чтобы использовать их при реставрации собственных старых структур или при строительстве новых на стадии роста системы. Энергия же при ее потреблении данной системой протекает через нее практически бесследно, хотя и с превращением одних форм энергии в другие. Этим потребление энергии отличается от потребления вещества.

Более тонкое различие можно провести по степени специфичности формы поглощаемой/выделяемой материи. Если эта форма специфична

¹² О негауссовых распределениях и феномене негауссовости социальных явлений см. [Хайтун, 1983, 1989].

для данного процесса, мы говорим, что происходит потребление вещества, если не специфична — что происходит потребление энергии. Нам не важно, что именно мы сжигаем в печи, согревая комнату:

«Когда мы покупаем газ для освещения, то не он нам нужен, а содержащаяся в нем химическая энергия, которую мы превращаем при горении в тепловую или световую энергию» [Брюн, 1915. С. 5].

Зато существенно, что мы едим и пьем (органику и воду, но не железо и серную кислоту). В первом случае мы потребляем энергию (тепло), во втором — вещество. Хотя и то, и другое относительно мы не станем сжигать ассигнации, а с едой потребляем «калории», т. е. энергию.

2.4.2.2. Энергетизм: здоровая основа концепции Маха, Оствальда и др.

«Энергетическое» направление в теории эволюции развивается в русле воззрений Э. Маха [Mach, 1872; Mach, 1909a], В. Оствальда [Ostwald, 1902; Оствальд, 1914] и их последователей — Г. Осборна [Osborn, 1918], А. А. Богданова [1925–1927] и др. Сегодня энергетистам ставят в вину ошибочные выступления против атомизма и трактовки теплоты как беспорядочного движения молекул, однако, при всей правильности этой критики, у энергетизма была, на мой взгляд, вполне здоровая основа.

Энергетисты справедливо объявили войну широко распространенным и по сей день механистическим представлениям, согласно которым все процессы в природе сводятся к движению:

«Но примем на один момент, что все физические процессы могут быть сведены к пространственным движениям материальных частичек (молекул). Что мы этим делаем? Мы этим принимаем, что вещи, которых нельзя ни видеть, ни осязать, которые вообще существуют [лишь] в нашей фантазии, в нашем уме, что эти вещи могут обладать только свойствами и отношениями вещей осязаемых. Мы мысленные вещи обременяем ограничениями вещей видимых и осязаемых» [Mach, 1872; Рус. пер. С. 33]».

В наши дни механицизм проявляется, прежде всего, в убежденности большинства (если не всех) физиков в том, что для любой физической

системы может быть в принципе введен гамильтониан, являющийся функцией координат и импульсов. Многие из них (если не все) полагают, что с помощью такого гамильтониана можно описать любое явление — тепловое, химическое и какое угодно еще. Если мы не умеем делать этого сегодня, говорят нам, то научимся завтра [Хайтун, 1996. С. 213–215].

В противовес механицизму энергетисты утверждают, что в природе постоянно происходят превращения вещей:

«Когда... вещь изменяется качественно, мы должны представлять себе, что одна вещь исчезает, а другая возникает» [Mach, 1872; Рус. пер. С. 32].

Превращения вещей они и описывают как превращения (видоизменения) энергии:

«Принципы термодинамики были новыми законами, закладывающими фундамент новой науки, не сводимой к традиционной физике. Качественное многообразие энергии и присущую ей тенденцию к диссипации (здесь: к превращениям в другие формы. — С. Х.) приходилось принимать как новые аксиомы. Таким был аргумент, выдвигаемый „энергетистами“ в противовес „атомистам“, упорно не желавшим отказаться от выполнения программы, в которой они усматривали высшую миссию физики — сведение сложности явлений природы к простоте поведения элементарных структурных единиц, выражаемого законами движения» [Пригожин, Стенгерс, 1986. С. 175].

Превращения же энергии отражают — добавлю от себя — превращения взаимодействий (материи), поскольку, как указывалось в разд. 2.3 и как говорится в разд. 6.4.2, т. II, энергия — это мера количества взаимодействий.

Энергетисты были склонны рассматривать через призму процессов превращения энергии и социальное развитие, в чем я также не вижу ничего особо крамольного, уточняя, однако, что в общем случае корректнее говорить об интенсификации в ходе социальной эволюции процессов превращения *взаимодействий* (социальных метаболизмов), которые далеко не всегда сводятся к процессам превращения *энергии* (см. разд. 6.4.2, т. II).

К современным энергетистам могут быть отнесены, мне кажется, Р. А. Галиахметов с коллегами, в книге которых читаем:

«Количество труда — это количество энергии, расходуемой человеком в определенной целесообразной форме в процессе труда» [Галиахметов и др., 1996. С. 37].

«Труд, создающий прибавочный продукт, — производительный, а труд, не создающий прибавочного продукта, — непроизводительный... производительный общественный труд приводит к увеличению энергетического бюджета общества» [Там же. С. 43].

Сами авторы называют свою концепцию информационно-энергетической.

2.4.2.3. *Интенсификация энергообмена и обмена веществ в органической эволюции*

Пионером энергетического подхода при рассмотрении органической эволюции был А. Н. Северцов [1925], который, назвав (прогрессивную) органическую эволюцию морфофизиологическим прогрессом, или ароморфозом, выделил в качестве ее главного критерия повышение общей энергии (интенсификацию) жизнедеятельности. К сожалению, как это часто бывает с первопроходцами, его формулировки несколько размыты:

«...Северцов не дал точного определения термина „энергия жизнедеятельности“, но из приведенных им примеров ароморфных преобразований... ясно, что автор обращал внимание на два момента: 1) „все эти изменения вызывали... резкое повышение обмена веществ“...; 2) они усиливали двигательную активность животных» [Колчинский, 1990. С. 157–158]¹³.

Размыты и формулировки многих последователей Северцова. Дж. Хаксли [Huxley, 1942] пишет об общем повышении жизнедеятельности, К. М. Завадский [1967. С. 134] и И. И. Шмальгаузен [1972. С. 5] — о росте активности организмов, В. М. Грант — о

¹³ Сам Э. И. Колчинский, следуя А. П. Виноградову, говорит о повышении эффективности энергетических процессов в организмах, общей активности их жизнедеятельности и общей интенсивности биогеохимических и энергетических процессов в биосфере [Колчинский, 1990. С. 125].

«повышении энергетического уровня жизненных процессов, т. е. возрастании скорости метаболических процессов» [Grant, 1977; Рус. пер. С. 332],

Н. Н. Иорданский [1988. С. 48] — об интенсификации функций, Е. П. Царев [1992. С. 105] — о росте скоростей физико-химических реакций.

Со временем формулировки уточняются, картина энергетического прогресса органического мира конкретизируется. Достаточно подробно на сегодняшний день изучены и освещаются в многочисленных обзорах, монографиях и учебниках энергетические метаболизмы органической клетки — брожение, фотосинтез, дыхание и фотодыхание¹⁴ — в их отношении к эволюции органического мира. Общим местом уже становится, например, что органический мир в ходе эволюции перешел от менее интенсивных метаболизмов (брожение) к более интенсивным (фотосинтез, дыхание и фотодыхание) и соответственно к макроэргическим соединениям¹⁵, играющим центральную роль в работе клеточных органелл, ответственных за снабжение клетки энергией, прежде всего — митохондрий (дыхание) и хлоропластов и хроматофор (фотосинтез).

Не менее детально изучается эволюционная роль энергетических метаболизмов на уровне многоклеточных организмов. Рефреном проходит через многие работы мысль о том, что результатом морфофизиологического прогресса является интенсификация энергетических метаболизмов особи:

«Организм — самоуправляемая система по переработке огромных количеств энергии» [Шмальгаузен, 1972. С. 23].

«Биологический прогресс высших животных, основанный преимущественно на повышении морфологической организации, имеет

¹⁴ ФОТОДЫХАНИЕ, растительный аналог дыхания животных: оба они противоположны фотосинтезу, в ходе которого выделяется кислород и поглощается углекислый газ. Фотодыхание свойственно не всем растениям, отсутствуя, в частности, у ряда тропических видов.

¹⁵ МАКРОЭРГИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, высокоэнергетические биохимические соединения, содержащие богатые энергией связи; участвуют в накоплении и превращении энергии, обеспечивая быструю мобилизацию энергии благодаря своей способности совершать большое число оборотов [Брода, 1978. С. 71–72; Биология..., 1999. С. 337].

следствием резкое повышение скорости трансформации вещества и энергии» [Шварц, 1973. С. 225].

«...организмы, имеющие благоприятные условия для своего развития, будут, каждый как автономная часть однородной живой материи, независимо от другого, стремиться достигнуть maximum проявления своей энергии, поскольку это позволяют внешние обстоятельства» [Вернадский, 1978. С. 92].

«...в процессе макроэволюции происходило усиление энергетического обмена. Это не единственное, но, по нашему мнению, главное содержание прогрессивной эволюции, во многом определяющее и все остальные направления эволюционного прогресса и, в частности, увеличение организованности живых организмов в процессе прогрессивной эволюции... увеличение сложности строения и функционирования животных происходит на базе повышения энергетического обмена» [Зотин А. И., Зотин А. А., 1999. С. 186].

«Биологический смысл биоэнергетической направленности эволюционного прогресса состоит в том, что более высокий уровень энергетики создает значительные преимущества в борьбе за существование, так как при этом происходит возрастание мощности реакций животных, увеличение максимального обмена и скоростей биохимических реакций» [Там же. С. 269].

Конкретизация этого тезиса происходит по двум направлениям. Первое связано с идеей Э. С. Бауэра [1935], следуя которой для органических видов разной эволюционной продвинутости сравнивают значения константы Рубнера, определяющей характерное для данного вида суммарное за жизнь потребление животным кислорода¹⁶. Бауэр

«показал, хотя и на небольшом числе измерений... что в процессе эволюции происходило резкое возрастание константы Рубнера» [Зотин А. И., Зотин А. А., 1999. С. 186].

¹⁶ Физиолог М. Рубнер, сравнивавший собаку, корову, лошадь и человека [Поршнева, 1974. С. 264–265], «впервые показал, что потребление энергии на протяжении жизни млекопитающих разных видов приблизительно одинаково» [Зотин А. И., Зотин А. А., 1999. С. 77–78].

«...предположение Э. С. Бауэра [1935] о том, что по величине константы Рубнера можно судить о положении данной группы животных на шкале прогрессивной эволюции, оправдывается в отношении разных отрядов класса... Константа Рубнера для отряда сумчатых и неполнозубых, примитивность которых не вызывает сомнений, соответственно в 5,3 и 4,5 раза меньше, чем для отряда хоботных. В отряде приматов и вообще среди млекопитающих выделяется семейство Hominidae¹⁷, константа Рубнера для единственного представителя которого *Homo sapiens* в 2–4 раза превышает величину, полученную для хоботных и в 3–10 раз для остальных приматов» [Там же. С. 188].

Во втором направлении понятие энергообмена животных расщепляется на понятия *стандартного обмена* (измеряемого по скорости потребления кислорода в состоянии покоя при 20°C у пойкилотермных животных¹⁸ и в термонейтральной зоне у гомойотермных¹⁹) и *максимального обмена* (потребление кислорода животным в максимально интенсивном режиме)²⁰. Выяснилось, однако, что

«максимальный обмен животных прямо пропорционален величине стандартного обмена [Шмидт-Ниельсен, 1987] и превышает последний у всех животных... в 9,6 раза» [Зотин А. И., Зотин А. А., 1999. С. 254].

Практически оказалось удобнее использовать стандартный обмен:

«При сопоставлении стандартного обмена у разных видов нельзя сравнивать животных, имеющих разную массу, так как... интенсив-

¹⁷ «ГОМИНИДЫ (Hominidae), самое высокоорганизованное семейство человекообразных обезьян. Включает современного человека» [Биология..., 1999. С. 152].

¹⁸ «ПОЙКИЛОТЕРМНЫЕ ЖИВОТНЫЕ (от греч. poikilos — различный, переменчивый и therme — тепло), холоднокровные животные, животные с непостоянной внутренней температурой тела, меняющейся в зависимости от температуры внешней среды» [Биология..., 1999. С. 489].

¹⁹ «ГОМОЙОТЕРМНЫЕ ЖИВОТНЫЕ (от греч. homoios — подобный и therme — тепло), теплокровные животные, поддерживают внутреннюю температуру тела на относительно постоянном уровне независимо от температуры окружающей среды» [Биология..., 1999. С. 152].

²⁰ [Ивлев, 1959; Hemmingsen, 1960; Дольник, 1968, 1978; Зотин, 1988; Озернюк, 1992; Зотин А. И., Зотин А. А., 1999].

ность потребления кислорода уменьшается по мере увеличения массы животного... у более крупных животных интенсивность дыхания всегда ниже, чем у мелких, даже если эти животные относятся к одному семейству или классу» [Там же. С. 32].

Поэтому, следуя В. С. Ивлеву [1959], стандартный обмен относят к единице массы животного, характеризуя его коэффициентом a , который возникает в аллометрических соотношениях²¹ и при определении которого участвует характерный для данного таксона коэффициент k ²². Как установил В. Р. Дольник [1968],

«коэффициент a заметно возрастает по мере увеличения сложности организации животных от простейших²³ до млекопитающих и птиц» [Зотин А. И., Зотин А. А., 1999. С. 32].

Зотины подтвердили этот вывод на существенно более обширном материале [Там же. С. 168–171].

В ряде работ раскрываются механизмы, посредством которых более интенсивные энергетические метаболизмы позволяют одним органическим формам выигрывать эволюционное соревнование у других. В общем плане об этом писал, например, С. С. Шварц [1980]:

«С. С. Шварц... особо выделял исследования Н. И. Калатухова (1946), который впервые показал энергетическую значимость всякой адаптации. В эволюции биосферы особо эффективным оказался адаптациогенез, связанный с увеличением потребления энергии не популяцией, а особью, активно преодолевающей экстремальные воздейст-

²¹ АЛЛОМЕТРИЯ (от греч. *allos* — другой, иной и *metron* — мера), «неравномерный рост частей тела в процессе развития организма... Аллометрия выражается в изменении пропорций тела и темпов развития органов» [Биология..., 1999. С. 18].

²² Стандартный обмен связан с массой организма M аллометрическими соотношениями

$$\bar{\Omega}_{O_2} = aM^k \quad \text{и} \quad \bar{q}_{O_2} = aM^b, \quad (\text{С. 2.4.1})$$

где $\bar{\Omega}_{O_2}$ и \bar{q}_{O_2} — соответственно скорость (в мВт) и интенсивность (в мВт/г) потребления кислорода; a , k и b — коэффициенты, $b = 1 - k$ [Зотин А. И., Зотин А. А., 1999. С. 32]. Коэффициент a пока не имеет общепринятого названия; 1 мВт = 10^3 Вт.

²³ ПРОСТЕЙШИЕ, одноклеточные эукариотные (клетки имеют ядра) животные.

вия внешней среды. Это обеспечивает захват новых экологических зон, интенсификацию энергетических процессов в биосфере, повышение скорости миграции в ней элементов и т. п.» [Колчинский, 1990. С. 157].

В этом же духе высказываются А. И. и А. А. Зотины:

«...повышение интенсивности энергетического обмена... является большим преимуществом организмов, осуществивших это повышение, так как это увеличивает мощность и быстроту реакций организмов, возможность освоения новых географических районов и экологических ниш, увеличивает устойчивость и надежность физиологических процессов, протекающих в организмах или осуществляемых организмами» [Зотин А. И., Зотин А. А., 1999. С. 36].

В литературе можно найти многочисленные примеры того, как в эволюционном соревновании раз за разом побеждали органические формы с более интенсивными энергетическими метаболизмами. Выясняется, например, что обзаведение скелетом возможно для животного лишь при достаточно высоком уровне энергообмена, который мог быть достигнут при достаточно высоком содержании кислорода в атмосфере. Должное содержание кислорода в атмосфере было обеспечено фотосинтезом в начале кембрия²⁴, что и вызвало знаменитую кембрийскую скелетную революцию [Еськов, 2000. С. 136, 140; Панов, 2005. С. 126]. Позже амфибии проиграли рептилиям из-за несовершенства дыхательного аппарата [Еськов, 2000. С. 193–194]. В свою очередь млекопитающие обошли рептилий, потому что насыщенное кислородом (точнее — митохондриями²⁵) «красное мясо» первых обеспечивает существенно большую интенсивность энергообмена, нежели «белое мясо» вторых:

«...белая мускулатура хорошо (и энергетически дешево) работает „на рывке“, а красная — при... постоянных нагрузках; животное с белыми мышцами — хороший „спринтер“, а с красными — „стайер“» [Там же. С. 210].

²⁴ КЕМБРИЙ, 570 ± 20 – 490 ± 15 млн лет назад.

²⁵ МИТОХОНДРИИ (от греч. *mitos* — нить и *chondrion* — зернышко, крупинка), оргanelлы эукариотной клетки, обеспечивающие ее энергией (около 95 % в животной клетке и несколько меньше в растительной и клетке грибов) в процессе дыхания [Биология..., 1999. С. 366].

«...млекопитающее в покое расходует примерно в 10 раз больше энергии, чем рептилия равного размера... на суше для завроморфов²⁶ ... открыты лишь „профессии“ подстерегающего хищника или пассивно защищенного (панцирем или слоем воды) крупного фитофага²⁷; остальные экологические ниши оказываются в распоряжении „теплых“, активных, высокоподвижных тероморфов» [Там же. С. 211–213].

И т. д. и т. п.

Сегодня становятся всё более общепринятыми и представления об эволюционной роли энергетических метаболизмов на уровне биосферы в целом. Эти представления идут от В. И. Вернадского, согласно которому основная функция биосферы — это преобразование энергии и вещества, производимое при участии живой материи существенно более интенсивно, нежели без одного:

«По существу, биосфера может быть рассматриваема, как область земной коры, занятая трансформаторами, переводящими космические излучения в действенную земную энергию — электрическую, химическую, механическую, тепловую и т. д.» [Вернадский, 1926. С. 14].

²⁶ ЯЩЕРООБРАЗНЫЕ (Sauromorpha). «Существование двух независимых эволюционных ветвей амниот — тероморфной (от греческого „терион“ — зверь) и завроморфной (от „заурос“ — ящер), разошедшихся еще на уровне амфибий и венчаемых: первая — млекопитающими, а вторая — птицами и динозаврами, сейчас практически общепризнано» [Еськов, 2000. С. 201–202].

«ЗВЕРООБРАЗНЫЕ, синапсиды, тероморфы (Synapsida, Theromorpha), подкласс вымерших пресмыкающихся... Зверообразные — переходная группа от примитивных пресмыкающихся к млекопитающим... Большинство зверообразных — хищники, часть — растительноядные» [Биология..., 1999. С. 211].

«АМНИОТЫ (Amniota), высшие позвоночные, для которых характерно образование зародышевых оболочек вокруг эмбрионов, в том числе амниона (отсюда название). К амниотам относятся пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие. В отличие от *анамний* (круглоротые, рыбы, земноводные), эмбриональное развитие амниот протекает в яйцах, откладываемых на суше или развивающихся в организме матери» [Там же. С. 24].

²⁷ ФИТОФАГ (от греч. phytos — растение и phagos — пожиратель), растительноядные животные.

«С исчезновением жизни на земной поверхности шли бы лишь медленные, от нас скрытые изменения, связанные с земной тектоникой. Они проявлялись бы не в наши года и столетия, а в года и столетия геологического времени» [Там же. С. 26].

Дабы не получить превратных выводов о реальном направлении эволюции, в общем случае желательно учитывать не только данную эволюционирующую систему, но и ее окружение. Известно, например, что, попадая в подземные местообитания, организмы регрессируют по сравнению с наземными²⁸. Регресс претерпевают также паразиты по сравнению со своими свободно живущими предками²⁹. Во всех этих случаях, однако, регресс органических форм направлен на общую интенсификацию метаболизма. Поселяясь в пещерах, органические формы регрессируют, зато интенсифицируются (прогрессируют) метаболизмы во всей экосистеме «пещера» по сравнению с тем, что в ней было до ее заселения живыми формами. Эволюцию паразитов также некорректно рассматривать в отрыве от эволюции среды их обитания, суммарная интенсивность метаболизмов в которой с появлением в ней паразитов, очевидно, возрастает.

Еще пример — эволюционная стратегия популяции/вида, которая может быть направлена против эволюционных интересов отдельной особи. Вектор эволюции особи направлен на то, чтобы суммарные метаболизмы в ней за жизнь были максимально интенсивны, т. е. она должна пропускать через себя за жизнь максимальное количество разных форм энергии и вещества³⁰. Вектор эволюции популяции/вида направлен на то же самое, но в масштабах данной совокупности особей. Стратегию развития, защищающую эволюционные интересы особи, называют *K*-стратегией, направленную на защиту интересов популяции/вида, — *R*-стратегией. Их различие проявляется, прежде всего, в выборе разными видами разных путей достижения максималь-

²⁸ И не только подземные: «Примеры... регрессивного развития поставляют организмы..., освоившие малодифференцированные биотопы с относительно стабильными условиями среды (почва, пещеры и гроты, большие глубины морей и океанов и т. п.)» [Назаров, 1991. С. 224].

²⁹ «...не все таксоны животных эволюционируют в сторону биоэнергетического прогресса... некоторые, особенно перешедшие к паразитическому образу жизни, двигаются по пути упрощения биоэнергетики» [Зотин А. И., Зотин А. А., 1999. С. 191].

³⁰ [Бауэр, 1935; Зотин А. И., Зотин А. А., 1999. С. 186–168].

ной плотности биомассы³¹. *K*-стратеги делают упор не столько на многочисленность потомства, сколько на его выживание, *R*-стратеги — не столько на выживание всего потомства, сколько на его многочисленность³².

R-стратегия более свойственна видам-пионерам, действующим в кризисных условиях и вынужденных поэтому делать ставку на сокращение жизненного цикла:

«Решающее значение во время кризиса имеет способность быстро восполнить потери, т. е. скорость размножения. Следовательно, возникает *общая тенденция к сокращению жизненного цикла и ускорению полового созревания*» [Красилов, 1986. С. 61].

«Жизненная стратегия пионеров рассчитана на неустойчивые условия, в которых высокая смертность сдерживает рост численности и она не достигает критических пределов, грозящих истощением природных ресурсов. Поэтому острой конкуренции не возникает. Пионеры могут противопоставить высокой смертности только быстрое размножение. Это, как правило, виды с коротким жизненным циклом» [Там же. С. 59].

В целом же в ходе органической эволюции происходило постепенное замещение *R*-стратегов *K*-стратегами с одновременным усложнением и удлинением жизненного цикла особи:

«Наибольшей эволюционной перспективностью обладают виды, у которых повышение выживаемости организма связано не только со снижением плодовитости, но и с увеличением его размеров и продолжительности жизни до определенных оптимальных величин. Численность же таких видов становится гораздо меньшей, чем у видов примитивных групп» [Завадский, 1968. С. 363].

Именно благодаря удлинению жизненного цикла животных и росту выживаемости особи всё большую эволюционную роль стал играть развитый головной мозг и оказалось возможным возникновение ментально-поведенческого «этажа» органической эволюции, человека и ноосферы.

³¹ «Плотность популяции — это величина популяции, отнесенная к... единице пространства. Ее обычно измеряют... числом особей или биомассой популяции на единицу площади или объема» [Одум, 1986. С. 6].

³² [Завадский, 1968. С. 217–218; Кейлоу, 1986. С. 76; Одум, 1986. С. 71; Родин, 1991. С. 215–216].

2.4.2.4. Тепловые барьеры в эволюции животных: появление человека

Поскольку вектор органической эволюции направлен в сторону интенсификации процессов потребления энергии и поскольку на Земле действует тенденция к рассеянию разных форм энергии в виде тепла (см. разд. 1.4.4, 3.2, 3.4, гл. 4, разд. 5.3.1–2, 6.1, 7.2 и 7.5.5 (т. II)), постольку в ходе органической эволюции в организмах выделяется всё больше тепла, что рано или поздно ставит перед ними неразрешимые проблемы, т. к. органические системы не могут функционировать, когда их температура поднимается выше некоторого уровня.

Эту проблему подробно обсуждают А. И. и А. А. Зотины с коллегами [Зотин и др., 1998; Зотин А. И., Зотин А. А., 1999]:

«Первый тепловой барьер возникает на ранних стадиях биоэнергетического прогресса задолго до появления млекопитающих или птиц» [Зотин А. И., Зотин А. А., 1999. С. 252].

«Верхнюю границу стандартного обмена, выше которого существование животных без возникновения терморегуляции затруднительно, мы можем определить, исходя из данных о стандартном обмене однопроходных. Ехидны имеют слабую систему терморегуляции, одну из самых несовершенных среди млекопитающих... при этом сопоставимый стандартный обмен семейства *Tachyglossidae* (ехидновых. — С. Х.) равен $a = 8,3$ мВт³³... Отсюда следует, что выше этой величины сопоставимого стандартного обмена температура тела животного, не способного к терморегуляции, при активном и тем более максимальном обмене может достигнуть такой величины, что оно погибнет или будет повреждено. Исходя из сказанного, мы и назвали сопоставимый стандартный обмен от 5 до 8 мВт/г первым тепловым барьером» [Там же. С. 255].

Первый тепловой барьер преодолевался животными разными путями:

- 1) Переходом к *пассивной* терморегуляции (экзотермия), когда изменяются покровы тела, его размеры и пр.;

³³ Напомним, что коэффициент a возникает в аллометрических соотношениях (С. 2.4.1), характеризуя интенсивность энергообмена на грамм массы. $1 \text{ мВт} = 10^{-3} \text{ Вт}$.

- 2) Освоением *поведенческой* терморегуляции (общественные насекомые);
- 3) Переходом от пойкилотермных животных к гомойотермным, осуществляющим *активную* терморегуляцию (эндотермию) посредством внутреннего образования тепла.

Дальнейшая интенсификация энергетических метаболизмов в ходе органической эволюции поставила проблемы и перед гомойотермными животными:

«... в результате биоэнергетического прогресса и увеличения стандартного обмена температура тела гомойотермных животных достигает такой величины, что дальнейшее увеличение стандартного обмена становится невозможным. Биоэнергетический прогресс достигает нового, *второго теплового барьера* (выделено Зотиными. — С. Х.)» [Там же. С. 258].

«Наибольшая величина энергетического обмена достигнута в классе птиц» [Зотин и др., 1998. С. 243].

«Летальная температура тела для птиц несколько выше, чем у млекопитающих, но и в этом случае... при величине коэффициента $a = 90$ мВт температура тела достигнет величин порядка 47°C — предельной величины для жизни птиц» [Зотин А. И., Зотин А. А., 1999. С. 251].

Второй тепловой барьер животный мир преодолевает посредством *поведенческой терморегуляции*. В этой связи можно напомнить об обогревающих друг друга пингвинах, об обливающихся водой в жару слонах и т. д. Однако стратегический эволюционный прорыв оказался связанным с порожденной органической эволюцией человеком, который перенес дальнейшую интенсификацию энергетических метаболизмов на новый (социальный) эволюционный «этаж»:

«Второй тепловой барьер... преодолевается путем появления такого социального явления, как цивилизация, при которой биоэнергетический прогресс достигается использованием источников энергии, лежащих вне организмов, так что температура тела не возрастает или возрастает в допустимых пределах» [Там же. С. 252].

«Это не может не вызвать удивления. Природа создала условия для постепенного усиления биоэнергетики отдельных групп живот-

ных и, когда возникло препятствие, связанное с возрастанием температуры тела, нашла путь обхода этого препятствия в виде появления разумной деятельности одного из видов приматов. Этот обходный путь (скорее, вполне магистральный. — С. Х.) начался задолго до приближения животных в процессе эволюции ко второму тепловому барьеру и не только в отряде приматов» [Там же. С. 260].

Зотины обсуждают также третий тепловой барьер, который возникает сегодня в результате теплового загрязнения среды, вызываемого производственной деятельностью человека:

«...третий тепловой барьер... является следствием деятельности... человечества в результате быстрого увеличения численности и стремления к улучшению условий существования. Стремление к улучшению жизненных условий всё возрастающего числа людей приводит к необходимости быстрого увеличения производства энергии и энергоёмких производств. Но этот процесс... приводит к росту температуры нижних слоев атмосферы Земли, которая в конце концов может возрасти настолько, что жизнь людей, а также многих животных и растений станет невозможной» [Там же. С. 272–273].

Пути преодоления этого барьера и обсуждаются в настоящей монографии. О точке зрения Зотиных на этот счет см. в гл. 4.

2.4.2.5. Интенсификация потребления энергии и вещества в социальной эволюции

Появление человека и человеческого социума явилось закономерным результатом органической эволюции в сторону дальнейшей интенсификации метаболизма:

«Многие авторы, изучающие проблемы, связанные с эволюцией биосферы, рассматривают появление человеческой цивилизации как следствие биологической эволюции жизни на Земле» [Зотин А. И., Зотин А. А., 1999. С. 268].

«...биоэнергетический прогресс животного мира перерастает в энергетический прогресс человеческой цивилизации» [Там же. С. 276].

«Перестроив на рациональной основе производство пищи, энергии, промышленных материалов, управляя всеми видами промыслов, создавая новые формы микроорганизмов растений и животных, вводя в культуру новые виды растений и животных и осуществляя ряд других мероприятий, человек повышает в 2–3 раза продуктивность биосферы» [Константинов, 1979. С. 346].

Освоив также новые энергетические метаболизмы, социум организовал «такие физико-химические технологические процессы, скорости которых на 10 и более порядков выше природных, на 5–6 порядков выше биохимических» [Царев, 1992. С. 107].

Добывая в гигантских масштабах электрическую энергию, человек разделяет электрические заряды, которые в природе, как правило, не разделяются, а разделившись — быстро воссоединяются (грозовые разряды).

Об интенсификации энергетических метаболизмов в ходе социальной эволюции можно судить по табл. 2.4.1. Как говорят составившие ее А. И. и А. А. Зотины, кривая

«роста энергообеспечения людей как бы продолжает кривую увеличения энергетического обмена животных» [Там же. С. 260].

Наконец, социум создал метаболизмы совсем уже нового типа, которые не могут быть описаны средствами естественных наук. Прежде всего здесь должны быть названы язык и письмо, которые послужили мощным средством интенсификации собственно социальных метаболизмов в режиме *текущего* времени:

«Функционирование социальной системы, охватывающей 10 тыс. и более человек, невозможно поддерживать с помощью непосредственной коммуникации. Возникает потребность в непрямах безличностных правовых нормах, регулирующих обязанности и их исполнение. Письменная фиксация позволяла регулировать поведение людей в отсутствие должностных лиц. Кроме того, только письмо способно преодолеть пространственную ограниченность речевой коммуникации³⁴. Письмо

³⁴ Обсуждая здесь историческое прошлое, Ф. Кликс забывает упомянуть о современных электронных средствах связи.

Таблица 2.4.1

Потребление и производство энергии в процессе эволюции человечества³⁵

Уровень цивилизации	Историческое время (годы)	Потребление энергии на одного человека (Ккал/день)
Примитивный человек	-2 000 000	2 000
Использование огня	-750 000	5 000
Доместикация животных	-6 000	12 000
Индустриальная революция	+1 800	77 000
США (настоящее время)	+1 990	230 000

не требует наличия адресата здесь же в данный момент. Совершенно очевидно, что возникновение городов-государств требовало координации поведения огромного числа людей и что письменность была незаменимым средством решения этой задачи. Возникновение позднейших переднеазиатских империй, как например хеттов, вообще [было] невысказимо без письма» [Кликс, 1985. С. 179].

Не менее важно, что язык и письмо интенсифицировали социальные метаболизмы в режиме *исторического времени*:

«Но имеется еще одно важное свойство письменности: она преодолевает не только пространственные границы коммуникации, но в определенном смысле и временные... Письменность по-новому способствовала формированию исторического самосознания общества» [Там же. С. 180–181].

И т. д. и т. п. Вся история человечества, если ее рассматривать как макроисторию, отвлекаясь от судьбы отдельных смертных по своей природе социумов, представляет собой историю интенсификации торговых, экономических, культурных и иных взаимодействий разных элементов и частей социального мира.

Создания человеком иоосфера³⁶ продолжила начатую органическим миром эволюцию в направлении общей интенсификации биотических и

³⁵ [Зотин А. И., Зотин А. А., 1999. С. 258].

³⁶ ИОСОФЕРА, «последнее из многих состояний эволюции биосферы в геологической истории — состояние наших дней» [Вернадский, 1994. С. 550]. «...идея о превраще-

социальных метаболизмов, играя на соотношении тех и других. Ноосфера меньше зависит от капризов абиотической среды, чем биосфера. Более того, появление человека, по-видимому, спасло биосферу от гибели:

«...биосфера не имела будущего. В любой момент могли возникнуть критические ситуации, ведущие к гибели всего живого. Глобальное оледенение, исчерпание запасов свободной углекислоты в результате прекращения вулканизма, резкое повышение уровня радиации в итоге вспышек сверхновых звезд в окрестностях Солнца — вот неполный перечень подобных ситуаций» [Камшилов, 1979. С. 136–137].

В кризисных условиях и/или в условиях достаточно длительной экспансии, оказывающейся возможной в результате пребывания в течение ряда лет в благоприятных условиях, социум делает ставку на биотические факторы, увеличивая рождаемость и численность населения с сокращением средней продолжительности жизни индивида, что соответствует R-стратегии видов-пионеров в органическом мире (см. концовку разд. 2.4.2.3):

«Возможность расширенного воспроизводства оказавшейся в благоприятных условиях популяции является естественно возникшим универсальным свойством живого. Поскольку в каждый заметный промежуток времени определенное число человеческих популяций (сообществ) практически неизбежно оказывается в подобных условиях (хотя бы на протяжении части этого временного промежутка), данный фактор действует на Земле со времени появления человека практически постоянно» [Коротаев, 1997. С. 6].

Понижение плотности населения в ходе экспансии сопровождается регрессом социальной жизни: в

нии человека в решающий фактор биосферных преобразований еще до работ Вернадского получила общенаучное признание и философское обоснование. Заслуга Вернадского заключается в том, что он впервые показал закономерный характер этого процесса, связав его с предшествующей эволюцией биосферы. Он создал основу учения о иоосфере как заключительном этапе в истории биосферы» [Колчинский, 1990. С. 56]. На мой взгляд, ноосфера — это не *заключительный*, но лишь *очередной* этап в эволюции жизни, далее может последовать космический этап [Хайтуи, 2006. Разд. 9.3].

«ситуациях острого кризиса на переломных этапах развития общества» [Пантин, Лапкии, 2002. С. 12]

также наблюдается упрощение (регресс) социальных политических систем, их переход

«от более дифференцированного к менее дифференцированному состоянию» [Там же].

Напротив, на уже освоенной территории по мере роста плотности населения социальная эволюция происходит во всё большей мере за счет интенсификации собственно социальных метаболизмов со снижением рождаемости и увеличением продолжительности жизни индивида, что отвечает *K*-стратегии органических видов.

Усложнение социальной структуры и ускорение социальной эволюции с ростом плотности населения можно заметить невооруженным глазом, сравнивая жизнь в больших городах и сельской местности — главные эволюционные события происходят в мегаполисах, за которыми затем подтягиваются менее плотно населенные регионы. И чем далее эволюционирует данный социум, чем он успешнее экономически, чем лучше живут составляющие его индивиды, тем больший перевес берут социальные механизмы интенсификации метаболизмов над биотическими: рождаемость в благополучных регионах ниже, чем в неблагополучных.

2.4.3. Поправка на эволюционный принцип минимакса

Если бы эволюция была «озабочена» просто максимизацией метаболизмов в данный момент времени, не «думая» о будущем, то тогда, например, ей было бы «выгодно», чтобы человечество устроило на Земле ядерную бойню: в этот момент интенсивность взаимодействий была бы чрезвычайно велика. Однако это надолго снизило бы интенсивность метаболизмов в будущем, затормозив эволюцию. Этого не происходит, и не происходит потому, что, судя во всему, эволюция «стремится» интенсифицировать метаболизмы не только в данный текущий момент времени, но и во всем возможно более протяженном будущем. А это может быть обеспечено только в том случае, если в каждый текущий момент времени *максимизация* интенсивности метаболизмов проводится с прицелом на будущее, что предусматривает *минимизацию* «потерь».

2.4.3.1. Принцип минимакса

Мы приходим к идее *вариационного принципа минимакса* (максимина) который, надо сказать, хорошо знаком математикам³⁷ и который успешно реализуется живыми организмами, включая людей, — всем им постоянно приходится решать на практике минимаксные задачи. Хищник

«стремится выбирать пищевые объекты таким образом, чтобы разность между энергосодержанием пищи и суммарными энергозатратами на ее добычу оказывалась максимальной» [Еськов, 2000. С. 129].

Шмель увеличивает интенсивность пищедобывательной деятельности, когда пищевые ресурсы цветков велики, и уменьшает, когда они малы, принимая в расчет не только энергию, но и время, уходящее на добычу пищи [Heinrich, 1979]. Максимизируя свой суммарный доход и выдумывая себе всё новые радости жизни, человек минимизирует траты на каждую из них. И т. д. и т. п. Материальные системы максимально интенсифицируют метаболизмы, одновременно минимизируя потери.

Первым, кто увидел при рассмотрении (органической) эволюции связанность настоящего с будущим, был опять же А. Н. Северцов [1925], который, как мы видели, был здесь пионером энергетического подхода (см. начало разд. 2.4.2.3). Согласно Северцову, прогрессивные (ароморфные) усовершенствования отличаются от непрогрессивных тем, что они открывают дорогу последующим усовершенствованиям.

Идея Северцова была активно освоена Дж. Хаксли [Huxley, 1942], Б. Реншем [Rensch, 1947], Дж. Симпсоном [Simpson, 1949] и др. У разных авторов она звучит немного по-разному. По Северцову, ароморфные приспособления — это коренные усовершенствования морфофизиологической организации,

«дающие возможность идти эволюции беспрепятственно далее» [Северцов, 1967. С. 85].

³⁷ МИНИМАКС (МАКСИМИН), смешанный экстремум вида

$$\sup_{y \in Y} \inf_{x \in X} F(x, y), \quad \max_{x \in X} \inf_{y \in Y} F(x, y), \quad \min_{y \in Y} \max_{x \in X} F(x, y), \quad \max_{y \in Y} \min_{x \in X} F(x, y) \quad (C. 2.4.2)$$

[Математический..., 1988. С. 334–5, 368].

Согласно Хаксли, прогрессивные изменения не ограничивают будущих возможностей. Реиш считает важнейшей особенностью прогрессивной эволюции

«усовершенствование, открывающее путь для дальнейших усовершенствований» [Rensch, 1960. P. 289; Цит. по: Назаров, 1991. С. 180].

Н. Н. Иорданский говорит о *ключевых ароморфозах*, которые

«изменяют взаимодействия разных систем организма» [Иорданский, 1988. С. 58]

и снимают

«прежде существовавшие эволюционные запреты и ограничения (подобно механизму вентиляции легких у рептилий)» [Там же],

открывая тем самым

«путь для новых эволюционных преобразований на пути морфофизиологического прогресса» [Там же].

Задумав числом эта идея, как это часто бывает с масштабными прозрениями, представляется очевидной, ибо только новации, обеспечивающие такую преемственность, и могут находиться на острие вектора прогрессивной эволюции, регрессивные же новации потому и регрессивны, что не обеспечивают последующие усовершенствования, быстро прерываясь. Расходование энергии имеет эволюционное значение, когда создает предпосылки для нового расходования энергии. Деньги должны делать деньги. Так — всегда и везде.

Приходим к следующей формулировке эволюционного принципа минимакса:

в каждом макроскопическом фрагменте наблюдаемого мира максимизируется интенсивность метаболизмов (взаимодействий), ведущих к последующей интенсификации метаболизмов, и минимизируется интенсивность метаболизмов, не ведущих к дальнейшей интенсификации метаболизмов.

Складывается впечатление, что на последовательных стадиях эволюции реальные системы всё лучше «чувствуют» направление вектора эволюции, всё точнее направляя по нему превращения взаимодействий:

«...один важный результат эволюции можно видеть в возрастающей интенсификации автопойэтической (построенной на существенно открытых системах. – С. Х.) жизни в настоящем посредством включения опыта прошлого и предвидений [anticipations] будущего» [Jantsch, 1980. P. 16].

«Другая сторона прогресса заключается в сокращении непредвиденного путем развития способности предвидеть надвигающиеся события и ориентироваться в окружающем. Для низших организмов любое изменение непредвиденное, последствия катастрофичны, сохранение жизни требует массовых жертв. Чем выше организация, тем меньше вероятность гибели» [Красилов, 1986. С. 88].

«В синергетике возникает целый ряд парадоксальных представлений ...представленность прошлого и будущего в настоящем; „момент ‘теперь’ удерживает в себе все предыдущие и все последующие ступени развития“ (Э. Гуссерль)» [Князева, 2004. С. 58].

Эволюционно более продвинутые системы отличаются от менее продвинутых тем, что возникающие в них новации с большим успехом обеспечивают возникновение в будущем новых новаций.

Увязка настоящего с будущим производится эволюционирующими системами посредством рождения новаций не поодиночке, но *мутовками* (гроздьями, пучками, всерами), из которых в будущее прорываются самые «прогрессивные», т. е. обеспечивающие наиболее интенсивные метаболизмы на возможно более отдаленное будущее.

«Не зная» наперед, в каком именно направлении пролегает путь эволюции, наблюдаемый мир эволюционирует вслепую, как бы обстукивая дорогу впереди себя в разных направлениях:

«Чтобы умножить контакты, необходимые для своих *пробных нацутываний*, и чтобы накопить полиморфное разнообразие своих богатств, жизнь может продвигаться вперед лишь большими множествами (выделено мной. — С. Х.)» [Тейяр де Шарден, 1987. С. 155].

Вот почему, собственно, развитие и идет через каскад точек ветвления (фрактально) — эволюционирующая система и зарабатывает целую гроздь вариантов развития, из которых большинство заканчивается тупи-

ками и лишь один-два ведут в эволюционное завтра. Верифицируя опытным путем разные варианты развития, природа оставляет в итоге наиболее минимаксные из них.

Заметим, что исследователи уже давно нащупали у эволюции связь настоящего с будущим, только, как это часто бывает в науке, сформулировали эту идею не совсем адекватно (размыто) в форме концепции финализма телеологического толка: всякое развитие полагается здесь имеющим цель или «задачу», которая неизвестно кем поставлена (у некоторых авторов — Творцом) и в качестве которой, например, может выступать Человек [Тейяр де Шарден, 1987]. Если не принимать во внимание телеологическую обертку финализма, то его начинка, на мой взгляд, весьма здрава.

2.4.3.2. Минимизационная сторона принципа минимакса в энергообмене и обмене веществ

Применительно к потреблению энергии эволюционный принцип минимакса принимает следующий вид:

в ходе эволюции максимизируется потребление энергии и вещества, ведущее к последующей интенсификации их потребления, и минимизируется потребление энергии и вещества, не ведущее к дальнейшей интенсификации их потребления.

Всё большее число авторов обращает внимание на минимизацию энергозатрат в ходе онтогенеза и эволюции организмов. Одни авторы при этом обсуждают преимущественно минимизационную сторону энергооомсна:

«Вся история эволюции организмов связана с глубокими изменениями в механизмах их энергоснабжения, причем у прогрессивных организмов эффективность указанных механизмов постепенно возрастает» [Будыко, 1984. С. 284].

«В течение следующего миллиарда лет (после появления прокариот. — С. Х.) прогрессивная эволюция состояла в совершенствовании биохимических механизмов и прежде всего — энергетики» [Чайковский, 1990. С. 234].

(См. также [Эрлих, Холм, 1966; Шварц, 1968]). Другие соотносят минимизационную сторону энергообмена с максимизационной:

«... более прогрессивными оказываются живые существа с наиболее повышенной энергией жизнедеятельности, при которой минимизируется трата энергии на единицу собственной биомассы» [Югай, 1985. С. 195].

«Вся история эволюции организмов связана с глубокими изменениями в механизмах их энергоснабжения, причем у прогрессивных организмов эффективность указанных механизмов постепенно возрастает» [Будыко, 1984. С. 284].

«В филогенезе млекопитающих происходит совершенствование температурного гомеостаза „по мере восхождения по эволюционной лестнице“... более „примитивные“ млекопитающие расходуют на поддержание постоянной температуры тела больше энергии, т. е. имеют менее совершенную систему терморегуляции» [Зотин А. И., Зотин А. А., 1999. С. 201].

На минимизацию энергозатрат направлена и терморегуляция посредством координированной деятельности общественных насекомых (муравейники, термитники, рои пчел) [Там же. С. 207].

О постоянной озабоченности человека минимизацией потерь при потреблении энергии (энергосбережение) и сырья (экономия ресурсов) много говорить не приходится, с нее в разд. 2.4.3.1 мы начинали разговор о принципе минимакса.

2.4.4. Вторая компонента вектора эволюции: круговороты энергии и вещества

2.4.4.1. *Круговороты энергии и вещества как проявление минимизационной стороны принципа минимакса*

Требуемая принципом минимакса (разд. 2.4.3.1) экономизация метаболизмов диктует их замыкание друг на друга, т. е. выхода одних на вход других. Отсюда и происходят круговороты энергии и вещества. Их необходимость на Земле усиливается тем обстоятельством, что интенсивность падающего на Землю солнечного излучения на протяжении миллиардов лет

«практически оставалась постоянной, претерпевая лишь сравнительно незначительные флуктуации, связанные с закономерными циклами солнечной активности» [Камшилов, 1979. С. 130–131].

Да и общая биомасса на Земле, начиная с некоторого стартового периода, остается более или менее постоянной³⁸. Если даже биомасса биосферы и продолжала некоторое время расти, то темпы ее роста были пренебрежимо малы в сравнении с темпами органической эволюции. Из-за ограниченности ресурсов органический мир вообще не мог бы существовать без круговоротов:

«Одним из главных механизмов, обеспечивающих сохранение жизни, является биотический круговорот, в котором решается задача длительного существования жизни при ограниченности доступного запаса минеральных элементов, составляющих ее субстрат» [Там же. С. 132].

Множество организмов на Земле и среда их обитания, замкнутые друг на друга круговоротами энергии и вещества, образуют биосферу:

«Основа биосферы — круговорот органического вещества, осуществляющийся при участии всех населяющих ее организмов, — то, что получило название биотического круговорота» [Там же. С. 77].

Круговороты энергии и вещества не были изобретением биосферы, биотическим круговоротам предшествовали на Земле абиогенные:

«Биотический круговорот преемственно связан с абиогенным круговоротом минеральных элементов в добиосферный период существования Земли. Энергетический источник и абиогенного, и биотического круговорота один и тот же — солнечная активность» [Там же. С. 132].

³⁸ Вопрос о постоянстве или непостоянстве общей биомассы на Земле пока не решен однозначно: «Вывод Вернадского о постоянстве биомассы, как правило, не находит поддержки у биологов и палеонтологов... В работах геологов, биогеохимиков и философов встречаются скептические высказывания о возможности решить этот вопрос однозначно... в пользу и той и другой точек зрения существуют веские теоретические аргументы» [Колчинский, 1990. С. 147–148].

«...любая планета, будучи непрозрачной, аккумулирует часть энергии, излучаемой центральным светилом, и *нагревается*, и тогда между нагретой планетой и холодным космосом возникает *температурный градиент* (ТГ). Если планета обладает при этом достаточно подвижной газообразной и/или жидкой оболочкой (атмосферой и/или гидросферой), то ТГ с неизбежностью порождает в ней — просто за счет конвекции — физико-химический круговорот. В этот круговорот с неизбежностью же вовлекается и твердая оболочка планеты..., в результате чего возникает глобальный геохимический цикл — прообраз биосферы... элементарные геохимические циклы (т. е. *прообразы экосистем*) существуют в условиях периодического падения поступающей в них энергии — в те моменты, когда они в результате вращения планеты оказываются на ее теневой стороне (выделено К. Ю. Еськовым. — С. X.)» [Еськов, 2000. С. 71].

Поскольку круговорот энергии и вещества — необходимое условие существования жизни, постольку она и *возникла как круговорот*:

«Для возникновения даже самых простейших форм жизни необходим круговорот веществ, который мог существовать лишь в сообществах, объединяющих качественно разнородные формы... жизнь возникла прежде всего как круговорот веществ, который следует считать главнейшим механизмом поддержания стабильности любых биосистем» [Чернов, 1983. С. 469].

Первым пришел к этому выводу В. И. Вернадский, заявивший, что на Земле жизнь возникла не в форме отдельных органических видов, но как некий «монолит», или биосфера:

«Неизбежно допустить, что, может быть, и менее сложная в основных чертах, чем теперешняя, но всё же очень сложная жизненная среда сразу создалась на нашей планете как нечто целое в догеологический ее период. Создался целый монолит жизни (жизненная среда), а не отдельный вид живых организмов» [Вернадский, 1994. С. 449].

«Говоря о появлении на нашей планете жизни, мы в действительности говорим только об образовании на ней биосферы» [Там же. С. 457].

Однако протобиосфере вовсе не обязательно было быть «монолитом жизни», скорее всего, она была рассыпана поначалу на множество достаточно обособленных экосистем, в каждой из которых осуществлялись локальные круговороты, появившиеся в развитии абиотических круговоротов, превосходя последние по интенсивности. Первые биотические круговороты умещались, к примеру, в пределах *мата*:

«Мат, располагающийся на верхней поверхности создаваемого им строматолита, представляет собой плотный многослойный „ковер“ общей толщиной до 2 см; основу его составляют нитчатые либо пальмеллоидные цианобактерии, однако помимо них в формировании сообщества участвует множество самых различных микроорганизмов. Внутри мата легко различимы несколько функционально дискретных слоев» [Еськов, 2000. С. 99].

«СТРОМАТОЛИТЫ (от греч. *strōma*, род. падеж *strōmatos* — подстилка и *lithos* — камень), карбонатные, иногда вторично кремнистые образования с разнообразной внутренней слоистостью, возникшие в результате жизнедеятельности низших организмов (главным образом цианобактерий и бактерий). Достигают длины нескольких метров, высоты 1–2 метров... Известны с глубокого докембрия³⁹. Местами образуются на мелководьях тропических морей, обычно в условиях часто меняющейся солености воды» [Биология..., 1999. С. 614].

«В мате „ничто не пропадает“... Уровень интеграции, достигнутый составляющими мат микроорганизмами, превосходит уровень, наблюдаемый в обычных экосистемах... следы жизнедеятельности матов — строматолиты достоверно появляются в геологической летописи... в... самых древнейших осадочных формациях Варравуна⁴⁰ и Онфервахт⁴¹ (3,5–4,4 млрд лет)... Жизнь, похоже, появляется на Земле сразу в виде *экосистемы*, целостность которой вполне сопоставима с целостностью *многоклеточного организма* (выделено К. Ю. Еськовым. — С. X.)» [Еськов, 2000. С. 102–103].

³⁹ ДОКЕМБРИЙ (КРИПТОЗОЙ), 2600 ± 100 – 570 ± 20 млн лет назал.

⁴⁰ В Австралии.

⁴¹ В Южной Африке.

Поначалу несовершенные и короткие, эти локальные биотические круговороты всё более удлинялись и совершенствовались. И по мере их удлинения и расширения локальные круговороты в конце концов слили отдельные биогеоценозы на Земле в единую биосферу, сами объединившись в глобальные круговороты.

2.4.4.2. Интенсификация круговоротов энергии и вещества

Следом за В. И. Вернадским многие авторы говорят об эволюции биосферы как эволюции биотических круговоротов:

«Увеличение биомассы живого вещества, возрастание энергооборуженности биосферы и ее информационной „емкости“ по сути дела являются сторонами единого процесса — эволюции биотического круговорота. Впервые эта мысль в самой общей форме была высказана Вернадским» [Колчинский, 1990. С. 166].

«...эволюция биосферы проявляется прежде всего в расширении сферы действия биотического круговорота и в усложнении его структуры... Эволюция биотического круговорота является наиболее общим и специфическим показателем исторических преобразований жизни на биосферном уровне ее организации» [Там же. С. 18].

Усложнение и рост разнообразия биотических круговоротов осуществляются через усложнение и рост разнообразия органических форм:

«Эволюция биотического круговорота предстает прежде всего как прогрессирующая дифференциация форм живого, где наряду со старыми формами постоянно возникают всё новые и новые. Это не только усложняет структуру биотического круговорота, но и повышает надежность его функционирования» [Колчинский, 1990. С. 176].

Со временем биотические круговороты стали существенным фактором эволюции верхних оболочек Земли:

«...живые организмы непосредственно для своих нужд ежегодно перерабатывают множество веществ, в тысячи раз превосходящие их собственный вес... *общее содержание веществ, которое организмы в течение одного года вовлекают в „вихрь жизни“, должно превы-*

шать вес земной коры (выдслено мной. — С. Х.)» [Константинов, 1979. С. 104].

«Практически вся геологическая история планеты протекала при активном участии живых существ» [Крылов, 1972. С. 44].

Эволюционируя в сторону интенсификации круговоротов, биосфера необходимо пришла к появлению человека, преобразовавшись в ноосферу, что вызвало дальнейшую интенсификацию круговоротов. Человеком были интенсифицированы биотические круговороты:

«Перестроив на рациональной основе производство пищи, энергии, промышленных материалов, управляя всеми видами промыслов, создавая новые формы микроорганизмов растений и животных, вводя в культуру новые виды растений и животных и осуществляя ряд других мероприятий, человек повышает в 2–3 раза продуктивность биосферы» [Константинов, 1979. С. 346].

Социум освоил также новые энергетические метаболизмы, организовав «такие физико-химические технологические процессы, скорости которых на 10 и более порядков выше природных, на 5–6 порядков выше биохимических» [Царев, 1992. С. 107].

Подбирая отложения, выпадающие из биотических круговоротов, человек увеличивает их (круговоротов) масштабы и интенсивность, делая более замкнутыми; использование всё новых видов энергии еще более расширяет их и ускоряет:

«В деятельности человека биосфера выходит на новый виток развертывания своих петель, включает в свои химические циклы целый геологический пласт ранее недоступных ей веществ» [Шабельников, 1992. С. 119–120].

«Высвобождая энергию... химических и ядерных топлив, человек значительно ускоряет происходящие относительно медленно естественные круговороты» [Константинов, 1979. С. 344].

В экономической сфере круговороты энергии и вещества проецируются в круговороты денег:

«Проводя аналогию между животным и моделью потребителя в экономике, можно считать, что затраты эквивалентны полезности, энергия — деньгам... Животное может заработать энергию (деньги) за счет добывания пищи (работы) и может потратить ее на различные другие активности. В добавление к основному постоянному уровню метаболических (необходимых для существования) расходов животное может сберечь энергию (положить деньги в банк) путем запасаения пищи или депонирования жира, а может и потратить ее на... добывание пищи (работу)» [Мак-Фарленд, 1988. С. 405].

Интенсивность денежных круговоротов постоянно растет, отражая эволюционный рост валового внутреннего продукта (ВВП):

«Можно, по-видимому, констатировать существование важной сквозной тенденции к абсолютному росту производства валового внутреннего продукта... Менее очевидна (но всё-таки прослеживается) сквозная тенденция к росту ВВП на душу населения» [Коротаяев, 1999. С. 31–32].

Поскольку биотические круговороты обеспечивают жизни не только и не столько сохранение, сколько ее (необратимую) эволюцию, постольку они в принципе не могут быть полностью круговыми (совершенными, обратимыми). Со временем, тем не менее, в соответствии с принципом минимакса, они становятся, с одной стороны, всё более экономными (замкнутыми), с другой — всё более интенсивными.

Эволюционный рост КПД биотических круговоротов с усложнением органических форм может быть продемонстрирован на примере перехода органического мира от прокариот к эукариотам⁴². Прокариоты замыкали друг на друга процессы превращения энергии (брожение, фотосинтез и дыхание) недостаточно эффективно с преобладанием производства кислорода, что и вызвало около 1,9 млрд лет назад кислородное отравление биосферы и связанную с ним экологическую катастрофу. Стремясь избежать гибели, прокариоты породили из себя эукариоты, которые могут жить в кислородной атмосфере и которые сделали круговорот кислорода гораздо более со-

⁴² Напомним, что прокариоты — это безъядерные одноклеточные организмы, эукариоты — ядерные одноклеточные и многоклеточные организмы (см. разд. 2.1).

вершенным, в результате чего состав атмосферы стабилизировался [Хайтун, 2005а. Разд. 4.7.1].

Эволюционное совершенствование круговоротов означает *глобализацию* взаимодействий/метаболизмов, которая, однако, вовсе не является прерогативой биосферы: примерно то же происходит на наших глазах в социальном мире [Хайтун, 2006. Разд. 1.6.4]. Оставаясь по сей день несовершенными (несобратимыми), биотические круговороты вызвали образование залежей ископаемых продуктов жизнедеятельности организмов. Эти отходы жизнедеятельности биосферы постепенно включаются эволюционно более продвинутым социальным миром в свои круговороты, которые, также будучи пока существенно незамкнутыми, приводят к загрязнению среды отходами жизнедеятельности теперь уже ноосферы.

Подчеркнем еще раз, что нарастание в ходе социальной эволюции замкнутости круговоротов энергии и вещества не может сделать их в пределе абсолютно замкнутыми (обратимыми) из-за общей необратимости реальных процессов и эволюции в целом. В частности — из-за образования всё новых структурных «этажей» и выбывания из круговоротов связанных с этими «этажами» всё новых порций энергии и вещества (см. разд. 6.4.4, т. II).

2.5. Идти против вектора эволюции — это значит идти к социальной катастрофе

Возвращаемся к угрозе «тепловой смерти» из-за теплового загрязнения среды потреблением энергии как таковым (гл. 1) и популярному сценарию ее устранения, связанному с торможением роста потребления энергии (разд. 2.1). Представления об универсальной эволюции (разд. 2.3) и ее векторе (разд. 2.4) позволяют понять, что этот сценарий грозит человечеству гибелью.

В самом деле, техниологическая («западная») цивилизация и т. н. общество потребления находятся на острие вектора универсальной эволюции, направленного в сторону интенсификации метаболизмов, включая потребление энергии и потребление вообще. Законы эволюции — столь же обязательные к исполнению законы природы, как и, скажем, законы гравитации. Мы все прекрасно знаем, что будет с нами, прыгни мы с самолета без

парашюта. Я уверен в том, что если человечество попытается сколько-нибудь существенно затормозить потребление, то, пойдя поперек законов эволюции, погибнет:

«...направление развития человеческого сообщества полностью совпадает с направлением развития всей Метагалактики на всех ее масштабных уровнях. Поэтому... призывы отказаться от технических достижений цивилизации и вернуться к первозданной природе выглядят по меньшей мере неверными» [Сухонос, 1997. С. 21–22].

Гибель «поперечных» или недостаточно «параллельных» вектору эволюции систем ее законами не только предусмотрена, но и многократно наблюдалась в прошлом.

Прекратить существование технологической («западной») цивилизации, преобразовав ее в цивилизацию «восточного» типа, невозможно. Ведь что такое технологическая цивилизация? Это социум, ориентированный на научный и технический прогресс, т. е. на создание и внедрение всё новых и новых новаций, и обогнавший в этом направлении другие социумы. Однажды появившись, такой социум уже не в состоянии остановиться в своем развитии, тем более — вернуться в «первобытное» состояние «единения с природой», как того требуют биоцентристы (разд. 2.1). Напротив, он всё шире распространяет свойственные ему формы существования и развития на социум «восточного» типа. Не существует сил, которые бы заставили «западный» социум остановить свое развитие и свою экспансию. И не существует, повторяю, потому, что именно он, а не социумы «восточного» типа, находится на острие вектора эволюции.

Человек не может не изобретать. И не только человек:

«Хорошо известен случай с японскими макаками (*Macaca fuscata*), обитающими на острове Кошима [Kawamura, 1963]... экспериментаторы дополнили их меню, разбрасывая на берегу „клубни“ батата. Они видели, как 16-месячная самка по кличке Имо отмывала в ручье песок с „клубней“. Она регулярно проделывала эту операцию, и вскоре ей стали подражать другие обезьяны... Два года спустя Имо придумала еще одну операцию по очистке пищи. Экспериментаторы разбросали по берегу зерна злаков, и обезьяны собирали их по одному. Имо же набрала полную горсть смешанных с песком зерен и бросила

всё это в воду. Песок пошел ко дну, а зерна оказалось легко собрать с поверхности воды. Эта новая операция по очистке пищи распространилась среди особой популяции» [Мак-Фарленд, 1988. С. 467–468].

Попытки затормозить прогресс, т. е. отказаться от изобретения и внедрения всё новых и новых новаций, не говоря уже о внедренных ранее, вызовут социальную катастрофу, каких еще свет не видывал, а если эти попытки окажутся чересчур настойчивыми, — то и гибель всей цивилизации на Земле.

Другое дело — *энергосбережение*, т. е. минимизация расходов энергоресурсов на единицу ВВП, которое не только дозволяется законами эволюции, но и прямо диктуется ими, отражая минимизационную сторону принципа минимакса (разд. 2.4.3). При этом

важно, чтобы энергосбережение не переросло в торможение энергопотребления. Первое — по вектору эволюции, второе против.

Жизнь и социум на Земле появились в ходе закономерной эволюции в сторону интенсификации метаболизмов и круговоротов. Однако при всей своей закономерности эволюция смогла перейти на органическую и социальную стадии только на одной из планет Солнечной системы — на Земле, где сложились наиболее благоприятные для того условия. Эволюция выжимает из конкретных условий максимум возможного, но не всё ей под силу. Это же следует и из рассмотрения филогенеза на Земле: многим филогенетическим линиям так и не удалось прорваться в будущее, остальные же — и таких было большинство — исчезли с лица Земли. Это справедливо и в отношении многих социумов. Необязательно должна прорваться в космическое завтра и вся земная биосфера. Достаточно того, что это получается у некоторого процента рассеянных во Вселенной планетных биосфер (если, конечно, они существуют), благодаря чему, надо полагать, осуществляется диктуемая законами эволюции космическая экспансия жизни.

Если мы прорвемся через третий тепловой барьер, то биосфера Земли внесет в эволюцию жизни во Вселенной реальный вклад. Если не прорвемся, то этот вклад будет «статистическим», каким является, например, вклад миллионов сперматозоидов, участвующих в гонке за оплодотворение яйцеклетки: нужны все, дабы победил один. Чтобы, скажем, 10 %

планетных биосфер выплеснулись в Космос, должны возникнуть все 100 % биосфер, включая и те, что затем погибнут:

«Планетарная цивилизация выходит на космический режим развития в том случае, если ей удастся выдержать серию тестов на зрелость, успешно преодолев кризисы развития и выработав адекватные качества самоконтроля, критического мышления и терпимости к различиям. Остальные, не справившиеся с заданием, становятся „расходным материалом“ метагалактической эволюции, реализуя необходимый системе опыт тупиковых стратегий» [Назаретян, 2004. С. 261].

ГЛАВА 3

Авторский сценарий: переход к (термоциклической) энергетике, построенной на круговороте тепла и вечных двигателях 2-го рода

Возвращаемся к угрозе «тепловой смерти» на Земле из-за теплового загрязнения среды человеком в результате потребления энергии как такового и сценариям устранения этой угрозы, связанным с торможением роста энергопотребления (разд. 2.1) и переходом к устойчивому развитию, в котором экологическое равновесие должно быть каким-то образом — неизвестным авторам этой концепции — совмещено с экономическим и социальным развитием (разд. 2.2). Основываясь на основных положениях теории универсальной эволюции (разд. 2.3–4), мы теперь в состоянии сказать, как это реально может быть сделано.

3.1. Реализация устойчивого развития через интенсификацию круговоротов энергии и вещества

Речь идет о необходимости совмещения социальной эволюции с экологическим равновесием человечества со средой. Возможность такого совме-

щения продемонстрировал органический мир, реализовавший эволюцию *через интенсификацию круговоротов энергии и вещества* (разд. 2.4.4). Основываясь на том, что основные законы универсальной эволюции едины для неорганического, органического и социального миров, и накладывая опыт органического мира на социальный мир, приходим к следующему выводу:

ограниченность ресурсов планеты заставляет социальный мир осуществлять социальную эволюцию через интенсификацию круговоротов энергии и вещества.

«Общее загрязнение среды... — результат *незамкнутости* технологических процессов переработки сырья в конечную продукцию в сочетании с незамкнутостью жизненных циклов продукции. Незамкнутость технологий выброс в природу промышленных отходов, технологических сред, неиспользуемых побочных продуктов. Незамкнутость жизненных циклов продукции — выброс в природу вышедших из употребления изделий по причине отсутствия отраслей реконструкционного ремонта и переработки продукции во вторично сырье... В случае превышения некоторого неизвестного предела спектр этих неуничтожимых загрязнителей может уничтожить современную биосферу... Построение техносферы, включающей в себя только замкнутые технологии и замкнутые жизненные циклы изделий, — необходимость, если человечество желает пользоваться техникой (выделено авторами. — С. Х.)» [ВП СССР, 1997. С. 13].

Преобразование потребления энергии в круговорот в принципе решает проблему экспоненциального роста потребления энергии, который, оставаясь экстенсивным, т. е. осуществляемым без круговорота энергии, за счет использования всё новых и новых ресурсов среды, придал бы в обозримом будущем потреблению энергии землянами поистине космические и совершенно нереальные масштабы:

«...экстраполяция наблюдаемых темпов роста дает результаты умопомрачительные. Так, через 1500 лет потребляемая человечеством энергия должна превзойти мощность излучения Галактики, а через 2000 лет масса потребляемого вещества превзойдет массу Галактики в 10 млн раз» [Назаретян, 1995. С. 100].

Круговорот энергии в принципе позволяет наращивать энергопотребление за счет его (круговорота) ускорения, оставаясь в пределах Земли, подобно тому, как это делает земной органический мир, который, сохраняя массу биосферы более или менее постоянной (разд. 2.4.4.1), многократно увеличил за время своей эволюции ежегодное потребление энергии и вещества (разд. 2.4.4.2).

3.2. Круговорот энергии как круговорот тепла: термоциклическая энергетика и «фабрики холода» как ее основа

На Земле действует тенденция к рассеянию нетепловых форм энергии в виде тепла. Об этой тенденции будет говориться в разд. 3.4, гл. 4, разд. 5.3.1–2 (т. II), 6.1 (т. II), 7.2 (т. II) и 7.5.5 (т. II), а здесь существенно, что, как о том говорилось в разд. 1.2, в результате действия этой тенденции практически вся добываемая нами энергия рано или поздно рассеивается в виде тепла, нагревая среду. Доля нерассеиваемой энергии неизвестна, составляя, по-видимому, проценты или доли процента.

Поскольку практически вся потребляемая человеком энергия оказывается рассеянной в атмосфере, океане и земной коре, постольку

круговорот энергии может быть реализован не иначе как круговорот тепла. Нам предстоит научиться собирать рассеиваемое тепло, чтобы вновь и вновь использовать его энергию.

Собирание рассеянного тепла с последующим его использованием в энергетических установках — не химера. Именно это делают некоторые энергетические установки, которые используют возобновляемые источники энергии (ВИЭ) и которые рассматривались в разд. 1.4.2.4.

1. *Геотермальные энергоустановки*, собирающие тепло глубинных слоев Земли, представляют собой классические циклические тепловые машины, подчиняющиеся известным соотношениям теории Карно: количество тепла, собираемое ими за цикл на более теплых участках среды, *превосходит* количество тепла, возвращаемого менее теплым участкам среды как холодильнику.

В этом нетрудно убедиться. Согласно теории Карно, связанное с уменьшением тепловой энтропии превращение тепла в работу в циклической тепловой машине происходит с *тепловой компенсацией*, что означает возрастание за цикл тепловой энтропии Клаузиуса $\int dQ/T$ (см. разд. 8.2, т. II). Поэтому здесь компенсируется не абсолютное количество тепла Q , но количество тепла, *приведенное к температуре*, т. е. Q/T , так что количество рассеянного (отданного холодильнику) приведенного тепла Q_0/T_0 больше количества приведенного тепла Q_1/T_1 , полученного рабочим телом от нагревателя:

$$\frac{Q_0}{T_0} \geq \frac{Q_1}{T_1}, \quad \text{или} \quad \frac{Q_0}{Q_1} \geq \frac{T_0}{T_1} \quad (3.2.1)$$

(в необратимом случае значение Q_0 больше, чем в обратимом, когда неравенства переходят в равенства). КПД Карно энергетической установки

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_0}{Q_1} = 1 - \frac{Q_0}{Q_1} = 1 - \frac{T_0}{T_1} \quad (3.2.2)$$

положителен, откуда $Q_1 > Q_0$. Это означает, что такая установка охлаждает среду.

С традиционными энергоустановками, сжигающими энергоносители (нефтепродукты, уран и пр.), ситуация иная: потребляемое ими тепло не изымается из среды, но создается при сжигании топлива и после совершения работы рассеивается в среде, нагревая ее. Поэтому такие установки работают как «печки».

2. *Тепловые насосы*, также представляющие собой классические циклические тепловые машины, собирают тепло в «холодных» поверхностных слоях Земли глубиной до 100 м (так что некоторые авторы относят их к геотермальным установкам) или в столь же «холодных» приповерхностных слоях воздуха, передавая это тепло более тепловому обогреваемому зданию с затратой на то за цикл некоторого количества электроэнергии W , которое, в соответствии с теорией Карно, реально оказывается меньше изымаемого за цикл из среды количества тепла Q_0 в 3–4 раза (разд. 1.4.2.4).

3. *Экспериментальные гидротермальные энергоустановки*, собирающие тепло, рассеянное в морской/океанической воде и работающие за счет вертикального температурного градиента, также являются тепловыми машинами классического циклического типа, охлаждающими среду.

4. *Ветровые энергоустановки* (ВЭУ), как говорилось в разд. 1.4.2.4, используют кинетическую энергию ветра, которая, в свою очередь, имеет своим источником рассеянное в атмосфере тепло. Они представляют собой энергетические установки непрерывного действия, теоретический (максимальный) КПД которых, не лимитируемый КПД Карно, равен единице, реальный же КПД достигает 50 %.

5. *Солнечные энергосистемы* (СЭС) перехватывают часть солнечной энергии до того, как она рассеется в поверхностных слоях Земли в виде тепла, способствуя тем самым их «ненагреванию».

Будем для краткости называть энергоустановки, потребляющие рассеянное тепло и тем самым охлаждающие среду, «фабриками холода».

Если удастся создать в достаточном количестве достаточно мощные и достаточно экономичные «фабрики холода» и расставить их повсюду в атмосфере и океане, то, снова и снова собирая тепло, которое сегодня безвозвратно рассеивается в среде, они будут возвращать в энергооборот почти всю добываемую и потребляемую энергию.

Если всё это удастся сделать, то «фабрики холода» не только сообщат энергопотреблению форму круговорота тепла, что снимет угрозу «тепловой смерти», но и предоставят фактически неисчерпаемый альтернативный источник энергии, который надолго, если не навсегда, снимет проблему исчерпания энергоресурсов.

Лицо всей энергетики будет радикально изменено. Добыча ископаемых энергоносителей может быть при этом сведена к минимуму — ей придется компенсировать лишь то небольшое количество энергии (проценты или доли процента), которое в ходе потребления выбывает из теплооборота.

Интенсификации энергопотребления, диктуемой законами эволюции, можно будет добиваться, ускоряя круговорот тепла и не за-

грязня среду теплом. Термоциклическая энергетика, если ее удастся построить, будет находиться на острие вектора эволюции.

Переход к термоциклической энергетике принесет разрешение проблемы глобального потепления климата, *чем бы оно ни было вызвано*. Оптимальную температуру на поверхности Земли можно будет (придется) устанавливать руками.

Если бы рассеивалась *вся* потребляемая энергия, то у нас не было бы возможности охлаждать нашу среду обитания, и тогда ее температура продолжала бы расти из-за парникового эффекта. Возможность регулирования климата появляется благодаря именно тому обстоятельству, что небольшая часть энергии выбывает каждый цикл из энергооборота. Используя нетепловые источники энергии, возобновляемые (разд. 1.4.2.4) и невозобновляемые (разд. 1.4.2.3), меньше необходимого, можно будет охлаждать ноосферу¹, больше необходимого — нагревать ее. Это предоставит возможность бороться не только с антропогенным потеплением климата, но и с потеплениями и похолоданиями «нечеловеческого» происхождения, которые неоднократно сменяли друг друга на Земле в прошлом и которые могут дать о себе знать в будущем.

За всё надо платить. Переход к термоциклической энергетике и управляемому климату, принеся избавление от «тепловой смерти», чрезвычайно затруднит всю нашу жизнь. Производство будет извергать из себя гигантские и всё возрастающие потоки тепла, которые должны будут компенсироваться «фабриками холода». Играя на дисбалансе теряемой и заново добываемой (нетепловой) энергии, можно будет поддерживать параметры климата в нужном интервале значений.

Со временем круговорот энергии будет всё более ускоряться, поскольку этого требуют законы эволюции, идущей в сторону интенсификации метаболизмов и круговоротов. Если термоциклическая энергетика будет излишне централизована (а как без достаточной централизации управлять климатом Земли?), то случайный сбой в управлении этими всё нарастающими потоками энергии будет чреват «тепловым взрывом» ноосферы. Всё тем более усложняется большой инерционностью этой системы: ее реакции на текущее управляющее воздействие придется дожидаться месяцы или даже годы.

¹ Определение ноосферы см. в разд. 2.4.2.5.

3.3. Необходимость базирования термоциклической энергетике на вечных двигателях 2-го рода

Круговорот энергии, осуществляемый органическим миром на Земле, представляет собой круговорот прежде всего *химической* энергии, связанный с круговоротом химических элементов и соединений. Существует точка зрения, согласно которой живые организмы умеют также собирать тепло среды, преобразуя ее в электрическую и/или химическую энергию [Резанов, 2000, 2001, 2003; Сидоров, 2000, 2002]:

«Жизнь на Земле... развивалась на поверхности, частично заливаемой раскаленной магмой... Зарождавшаяся биосфера стремилась устоять от перегрева... ответом было включение процесса, понижающего температуру среды, то есть эндотермической реакции. Из окислительно-восстановительных реакций сильнее понижают температуру те, что продуцируют молекулярный кислород. Разогрев повторялся многократно... вырабатывался протобелок, ускорявший эти реакции» [Резанов, 2001. С. 359–360].

«Первоначально эндотермическая реакция... использовалась протобелками для защиты от перегрева. Но позже главным ее назначением стало продуцирование формальдегида или других органических соединений, идущих на построение протобелка. Так, использование тепловой энергии вулканизма стало механизмом продуцирования полимеров (протобелков, а затем и нуклеиновых кислот)» [Резанов, 2003. С. 108–109].

«Живой организм, как и каждая из образующих его клеток, — открытая термодинамическая система... Рассеянную в окружающей среде тепловую энергию мембрана (органической клетки. — С. Х.) преобразует в асимметричное распределение зарядов (ионов или электронов) на ее двойном слое. В его центре создается разность электрических потенциалов и возникает электродвижущая сила (ЭДС) величиной около 240 мВт» [Сидоров, 2000. С. 86].

Однако, если даже И. А. Резанов и М. А. Сидоров правы, что мне представляется достаточно вероятным, то всё равно круговорот тепла ни-

когда не играл для органического мира решающей роли, за исключением, быть может, самой ранней стадии его существования в условиях активно-го вулканизма, когда условия жизни были совершенно иными, чем на протяжении последующих миллиардов лет эволюции.

Поэтому ситуация, сложившаяся для органического мира во главе с человеком сегодня, когда социальный мир в своем развитии подошел к третьему тепловому барьеру, с преодолением которого связано дальнейшее существование жизни на Земле, является принципиально новой. Органическому миру, включая сколько-нибудь развитые формы жизни, еще не доводилось черпать *всю* необходимую для своего жизнеобеспечения энергию из моря рассеянного в среде тепла, социальному же миру, если верна развиваемая в настоящей монографии концепция, придется научиться это делать в ближайшие 50–150 лет, чтобы выжить.

Эту ситуацию усложняет тот факт, что названные в разд. 3.2 традиционные «фабрики холода» обладают ссерьезными недостатками, о которых частично уже говорилось в разд. 1.4.2.4 и которые делают создание на их основе термоциклической энергетики нереальным.

1. Тепло, рассеянное в атмосфере, океане и земной коре, является, как правило, *низкопотенциальным* (в единице объема среды содержится небольшое количество тепловой энергии), что снижает эффективность собирающих его «фабрик холода», соответственно увеличивая их стоимость и стоимость производимой ими энергии.

2. Потоки тепла в атмосфере, океане и земной коре характеризуются, как правило, *невысокими температурными градиентами*, что, зарезая КПД Карно, т. е. максимальный теоретический КПД современных гео- и гидротермальных установок и тепловых насосов, до невысоких значений, еще более снижает эффективность «фабрик холода» такого типа (см. в разд. 3.4 высказывание Е. Н. Еремина).

С. А. Понятовский [2004], тем не менее, пылко агитирует за работающие на вертикальном температурном градиенте океанические тепловые машины, разрабатывая методы повышения их КПД до высоких значений. Однако эти его «высокие» значения в действительности невысоки, — речь у Понятовского идет о классических циклических установках и о повышении их реальных КПД до 75–80 % от КПД Карно, равного для тропиков, где указанный градиент максимален, всего лишь 6–8 %.

Более эффективны геотермальные установки, работающие вблизи мест молодого вулканизма и разломов земной коры, однако в

«большинстве мест геотермальная ступень (вертикальный температурный градиент. — С. Х.) составляет не более $2-3^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$... Легкодоступных геотермальных месторождений с температурой более 100°C на земном шаре сравнительно немного» [Попель, Туманов, 2007. С. 145],

тогда как для

«производства электроэнергии с приемлемыми технико-экономическими показателями температура геотермального флюида должна быть, как правило, не ниже 100°C » [Там же].

3. Солнечные энергосистемы (СЭС) и ветровые энергоустановки (ВЭУ), которые мы условно относим к «фабрикам холода», потому что первые перехватывают солнечную энергию до того, как она нагреет поверхностные слои Земли, а вторые работают на кинетической энергии ветра, имеющей своим происхождением рассеянное в атмосфере тепло, нельзя отнести к классическим (циклическим) тепловым машинам, почему их КПД не лимитируется КПД Карно. Однако ограниченные ресурсы тех и других не позволяют в перспективе положить их в основу термоциклической энергетике.

В самом деле, согласно табл. 1.4.2, мощность всех ветровых потоков на Земле составляет около 2 млн ГВт, т. е. 2,4 % от достигающего поверхности Земли солнечного потока (82 млн ГВт), тогда как термоциклическая энергетика должна будет в перспективе в разы (многократно?) превзойти по мощности всё падающее на Землю солнечное излучение (разд. 3.2).

Ситуация с СЭС аналогична. Как бы широко мы ни покрыли ими поверхность Земли, собирать они будут только какую то долю солнечного годового потока энергии, что для термоциклической энергетике недостаточно.

Предлагаемый выход состоит в переходе к тепловым машинам, которые, как и традиционные гео- и гидротермальные установки и тепловые насосы, собирали бы рассеянное тепло, однако делали бы это с КПД, не лимитируемым КПД Карно. Такие тепловые машины называются вечными двигателями 2-го рода².

² Определения вечного двигателя 2-го рода см. в гл. 9.

Из-за важности защищаемого нами тезиса повторим сказанное в настоящем разделе в одном абзаце.

По идее, возможность создания (термоциклической) энергетики, построенной на круговороте тепла, т. е. на основе «фабрик холода», изымающих рассеянное тепло из среды, которое после употребления полученной таким образом энергии будет снова и снова возвращаться в среду, не нуждается в доказательстве. На первый взгляд, такая энергетика в принципе может быть создана на основе «фабрик холода» классического циклического типа, с холодильником и максимальным теоретическим КПД, равным КПД Карно. Однако низкие температурные градиенты рассеянного тепла делают КПД таких «фабрик холода» чрезмерно малыми, а построение на их основе термоциклической энергетики — практически нереальным. Чтобы сделать круговорот тепла в энергетике действительно реальным, нужно решить, казалось бы, чисто техническую задачу — поднять теоретический КПД «фабрик холода» до единицы, для чего следует перейти к вечным двигателям 2-го рода. Однако, согласно канонической точке зрения, такие двигатели невозможны из-за второго начала термодинамики, вследствие чего эта «чисто техническая» задача оборачивается весьма сложной — если не вообще неразрешимой — научной проблемой.

В литературе гипотетические вечные двигатели 2-го рода иногда называют *монотермическими двигателями*, потому что они нуждаются только в одном тепловом резервуаре — нагревателе, — из которого они черпают тепло, не имея холодильника:

«Процесс, в котором только один источник теплоты отдает (получает) теплоту, назван монотермическим¹ процессом. Надо отличать монотермический процесс от изотермического процесса. Изотермический процесс, по необходимости, — монотермический процесс, но монотермический процесс в общем случае не является изотермическим процессом» [Кричевский, 1962. С. 156].

¹ Сноска И. Р. Кричевского: «Термин „монотермический“ предложил Натансон [Натансон Л. О термодинамических потенциалах [Natanson L. Ueber die thermodynamische Potentiale // Z. Phys. Chem. 1892. Bd. 10. S. 748]]».

Таким образом, речь идет о построении энергетики, построенной на вечных двигателях 2-го рода, или монотермических двигателях:

«В случае успешного технического разрешения проблем монотемпературной энсргстики планета будет иметь энергетiku, свободную от теплового и химического загрязнения среды... В случае неспособности человечества построить принципиально новую, экологически чистую в указанном смысле энсргетiku, произойдет глобальная экологическая катастрофа либо же придется вернуться к лошадям, „дровяному“ отоплению в сочетании с лесовосстаиовлсением. строительству ГЭС, ветровым, где можно, солнечным и геотермальным станциям. И это определит максимум энергопотребления в индустрии и быту» [ВП СССР, 1997. С. 17].

В заключение раздела несколько слов о происхождении идеи круговорота тепла в энергетике с участием вечных двигателей 2-го рода. Несколько мне известно, у ее истоков стояли двое. Первым был К. Э. Циолковский [1914], который, однако, сформулировал и аргументировал эту идею очень нечетко (размыто), как это, увы, часто бывает с первопроходцами. Справедливо полагая (ощущая), что со вторым началом термодинамики не всё ладно, но не будучи в состоянии придать своим ощущениям четкую форму, он допускает ряд ошибочных высказываний, обуславливая, в частности, возможность реализации круговорота тепла *несправедливостью постулата Клаузиуса*:

«Постулат Клаузиуса о теплоте говорит: „теплота не может *сама собой* перейти от более холодного тела к более теплomu“» [Циолковский, 1914. С. 5].

«В атмосфере можно... себе представить круговорот тепла,... не допускаемый положениями Клаузиуса и Томсона в их чистом виде» [Там же. С. 21].

Как разъяснялось в разд. 3.2, круговорот тепла может быть в принципе реализован посредством одних только классических циклических тепловых машин (гео- и гидротермальных установок, тепловых насосов), подчиняющихся теории Карно и не нарушающих постулата Клаузиуса. Не нарушают его, как будет показано в гл. 9, и гипотетические вечные двигатели 2-го рода.

Второй автор, находящийся у истоков обсуждаемой идеи, — это П. К. Ощепков⁴, который, в отличие от Циолковского, уже знает, что тепловые

«насосы и им подобные устройства — это первая, хотя и маленькая ступень к использованию человеком круговорота энергии в природе» [Ощепков, 1984. С. 316].

«...полученная с помощью вечного двигателя второго рода энергия в конечном счете превратилась бы в тепло, нагревая землю, атмосферу и воду... На этот факт впервые обратил внимание П. К. Ощепков в книге „Жизнь и мечты“, отмечая, что при работе монотермического двигателя был бы искусственный круговорот энергии в соответствии с законом сохранения энергии: „...Никакой земной потребитель не может охладить земной шар, ибо любое количество энергии, отнятое от среды, туда же и вернется. Любая жилая комната, будучи нагретой за счет тепла окружающего пространства, обязательно охладится, и всё тепло, содержащееся в ней, вернется туда же, откуда оно было взято“ [Ощепков, 1984]» [Опарин, 2004. С. 22].

К сожалению, не различая тепловую и полную энтропии (см. о необходимости их разведения гл. 6–7), Ощепков, чтобы отстоять возможность превращения тепла в другие формы энергии без тепловой компенсации и осуществимость вечных двигателей 2-го рода, нападает на закон возрастания (полной) энтропии, утверждая, что он не имеет всеобщего характера:

«...Карно не распространял и не предполагал распространять установленную им закономерность на все явления природы, а Клаузиус, наоборот, свой энтропийный подход сделал всеобъемлющим» [Ощепков, 1984. С. 290].

⁴ ОЩЕПКОВ ПАВЕЛ КОНДРАТЬЕВИЧ (1908–1992), основоположник отечественной радиолокации, доктор технических наук. Изложил идею круговорота тепла в энергетике в 1942–1943 гг. в неопубликованной монографии «Может ли человечество использовать энергию окружающей среды», которую написал во время отсидки в лагерях, куда он попал на 10 лет, будучи арестованным в 1937 г. по делу Тухачевского [Ощепков, 1984; Опарин, 2004. Гл. 16; <<http://www.safeprom.ru/articles/detail.php?ID=4205>>].

«Ошибочность представлений Клаузиуса состоит не в том, что он установил это понятие (энтропии. — С. Х.), а в том, что он бездоказательно распространил его на всю Вселенную, которая, как всем известно, не является замкнутой системой и, следовательно, не подчиняется этому закону... наблюдая неограниченно долго бесконечно большую систему, мы обязательно будем встречать в ней как возрастание энтропии, так и уменьшение ее, как рассеяние энергии, так и концентрацию ее» [Там же. С. 298].

Как будет показано в гл. 9, для отмены запрета на вечные двигатели 2-го рода достаточно отказа от «закона» возрастания тепловой энтропии, отчего закон возрастания (полной) энтропии — особенно в его локальной формулировке (см. разд. 5.6, т. II и 7.1, т. II) — не теряет своего всеобщего характера.

3.4. Хотя гео- и гидротермальные установки и тепловые насосы классического типа de facto черпают рассеянное в среде тепло, многие физики, включая классиков, отрицают саму возможность этого

Как будет разъясняться в разд. 5.3.2, т. II и 7.5.5, т. II, второе начало термодинамики фиксирует, в частности, асимметрию между процессами превращения тепловой энергии в другие виды энергии, с одной стороны, и обратными им процессами превращения нетепловых форм энергии в тепловую энергию — с другой. Если для первых существуют определенные ограничения, т. к. происходящее при этом убывание тепловой энтропии должно быть компенсировано ростом нетепловой, чтобы росла полная энтропия, то для вторых таких ограничений не возникает, поскольку тепловая энтропия растет здесь «автоматически» из-за специфической природы тепловой энергии: из всех форм энергии — за исключением кинетической, разновидностью которой она является, — она одна не обладает собственными силовыми полями.

Эта асимметрия означает, что законы физики *не запрещают* человеку сколько угодно изымать рассеянное в среде тепло, что, собственно, и де-

лают современные гео- и гидротермальные энергетические установки и тепловые насосы, о которых шла речь в разд. 1.4.2.4 и 3.2–3. Однако второе начало термодинамики накладывает на превращение рассеянного в среде тепла в другие формы энергии определенные *ограничения*, которые при использовании традиционных циклических тепловых машин проявляются в форме теории Карно:

«Казалось бы, в распоряжении человечества имеется огромный запас энергии в виде теплоты (внутренней энергии) тропических морей... Однако второй закон ограничивает возможность использования этой энергии — если даже найти необходимый второй тепловой резервуар с более низкой температурой в более низко расположенных слоях воды, то разность $T_1 - T_2$ оказывается малой и получаемая работа дорогой» [Еремин, 1978. С. 79].

Первопроходцы зачастую видят открываемые ими явления несколько несфокусированно. Так и получилось, что, обсуждал перспективы создания энергетики, построенной на круговороте тепла, мы сталкиваемся с широко распространенным заблуждением, в возникновении которого повинны некоторые классики физики, включая отцов второго начала термодинамики, которые стали ошибочно трактовать действующую на Земле *тенденцию* к рассеянию нетепловых форм энергии в виде тепла как не знающий исключения *закон* (см. разд. 1.4.4, 3.2, гл. 4, разд. 5.3.1–2 (т. II), 6.1 (т. II), 7.2 (т. II) и 7.5.5 (т. II)). Именно (несостоятельные) представления об этом «законе» стоят, на мой взгляд, за убеждением, согласно которому невозможно черпать без конца тепло из среды, т. к. это был бы неиссякаемый источник «даровой» энергии, и тогда мы имели бы тепловой аналог вечного двигателя 1-го рода, который (этот тепловой аналог), якобы, и является запрещаемым вторым началом термодинамики вечным двигателем 2-го рода. Приведем несколько высказываний такого рода, принадлежащих классикам:

Формулировка Вильяма Томсона

«Доказательство второго положения основывается на следующей аксиоме: Невозможно при помощи неодушевленного материального деятеля получить от какой-либо массы вещества механическую рабо-

ту путем охлаждения ее ниже температуры самого холодного из окружающих предметов» [Thomson, 1851; Рус. пер. С. 165]⁵.

Формулировка Вильгельма Оствальда

«Работа, доставляемая гигантской машиной оксанского парохода, целиком переходит в теплоту, так как энергия движения движущегося судна по прибытии становится равной нулю и превращается в теплоту. Если бы можно было сообщенную морской воде теплоту обратно превратить в энергию движения, то пароход мог бы совершить свой обратный путь без затраты угля, что, конечно, невозможно. Вообще незначительной части заключающейся в океане в виде теплоты энергии было бы достаточно, чтобы привести в движение машины всего света.

Исполнение этого было бы равносильно *perpetuum mobile*, хотя при этом энергия и не возникает из ничего; но так как одно и то же количество энергии постоянно можно было бы употреблять для одинаковых превращений, то техническую задачу дарового получения работы можно было бы считать разрешенной. Что этого на самом деле нет, выражают в следующей форме: *perpetuum mobile* второго рода невозможен. При этом под *perpetuum mobile* второго рода подразумевают машину, которая может приводить покоящуюся энергию⁶ в движение или превращать ее в другие формы» [Оствальд, 1911. С. 100–101].

Формулировка Макса Планка

«...механическая работа может сама собой превратиться в теплоту, — хотя бы посредством трения, — но теплота не может сама собой пре-

⁵ Сноска В. Томсона: «Если бы мы не признали эту аксиому действительной при всех температурах, нам пришлось бы допустить, что можно ввести в действие автоматическую машину и получать путем охлаждения моря или земли механическую работу в любом количестве, вплоть до исчерпания всей теплоты суши и моря или, в конце концов, всего материального мира».

⁶ Покоящейся энергией В. Оствальд, следуя традиции, называет рассеянное в среде тепло: «...даровая теплота находится повсюду в безграничном количестве... она представляет [собой] покоящуюся энергию, которую нельзя заставить превращаться» [Ostwald, 1902; Рус. пер. С. 187].

вернуться обратно в работу. Если бы последнее было возможно, то мы могли бы привести в движение какой-нибудь двигатель за счет теплоты земли, которой имеется неограниченное количество, и при этом имели бы еще двойную выгоду, используя этот двигатель в качестве холодильника, так как он охлаждал бы земной шар.

Опыт показал, что такой двигатель (который называется также „*perpetuum mobile* второго рода“) невозможен» [Планк, 1925б. С. 12].

Формулировка Энрико Ферми

«...существуют определенные ограничения при превращении теплоты в работу. Если бы этого не было, то можно было бы построить машину, которая смогла бы путем охлаждения окружающих тел превращать взятую из окружающей среды теплоту в работу.

Так как запасы тепловой энергии, содержащиеся в земле, воде и атмосфере, практически не ограничены, то такая машина была бы для всех практических целей эквивалентна *perpetuum mobile*. Такую гипотетическую машину называют *perpetuum mobile* второго рода.

Второй закон термодинамики исключает возможность построения *perpetuum mobile* второго рода» [Ферми, 1973. С. 31].

Как ни странно, несмотря на появление и всё более широкое распространение гео- и гидротермальных энергоустановок и тепловых насосов, спокойно черпающих тепло в среде (разд. 1.4.2.4) и в принципе позволяющих вычерпать «всю теплоту суши и моря», это заблуждение бытует в отечественной литературе на протяжении всего XX в.:

«Представим себе машину, которая непрерывно давала бы работу, затрачивая энергию какого-либо весьма обширного, практически неисчерпаемого источника тепла, температура которого, однако, не выше температуры различных тел, играющих роль при действии машины. Если бы такая машина была возможна, то мы могли бы пользоваться теплотой океанов, атмосферы или земной коры, как даровым, неисчерпаемым источником энергии, и эта машина принесла бы человечеству такую же пользу, как и *perpetuum mobile* первого рода.

Называя такую машину *perpetuum mobile* второго рода, мы можем формулировать постулат В. Томсона таким образом:

Perpetuum mobile второго рода невозможен» [Хвольсон, 1923. 416].

«Будь построчно перпетуум мобиле второго рода, мы овладели бы неисчерпаемыми природными запасами внутренней энергии тел. Простой расчет показывает, что при посредстве перпетуум мобиле второго рода мы могли бы, преобразуя заимствованную у воды океанов теплоту в работу, приводить в движение машины всех заводов, существующих во всех странах света, и только через 1700 лет заметили бы, что температура воды в океанах понизилась на одну сотую градуса» [Путилов, 1939. С. 6].

«...если бы удалось построить двигатель, работающий за счет выделяющейся при остывании океанов и морей теплоты, то весь земной шар был бы полностью обеспечен энергией около 1700 лет, а температура воды океанов понизилась бы при этом только на $0,01^{\circ}\text{C}$. Мы имели бы, таким образом, вечный двигатель второго рода.

Однако опыт показывает, что такая машина... не осуществима, построние ее противоречит второму началу термодинамики» [Ноздрев, 1967. С. 93].

«Если бы не существовало ограничений, накладываемых вторым законом термодинамики, то это означало бы, что можно построить тепловой двигатель при наличии одного лишь источника тепла. Такой двигатель мог бы действовать за счет охлаждения, например, воды в океане. Этот процесс мог бы продолжаться до тех пор, пока вся внутренняя энергия океана не была бы превращена в работу. Тепловую машину, которая действовала бы таким образом, В. Ф. Оствальд удачно назвал вечным двигателем второго рода... В соответствии со сказанным, формулировка второго закона термодинамики, данная Планком, может быть видоизменена следующим образом: осуществление вечного двигателя невозможно» [Кириллин и др., 1979. С. 54]».

«Используя процессы, запрещаемые вторым началом термодинамики, можно было бы создать двигатель, совершающий работу за счет тепла, получаемого от такого, например, практически неисчерпаемого

источника энергии, как океан. Практически такой двигатель был бы равнозначен вечному двигателю» [Савельев, 1986. С. 344–345].

Порой нежелание (неумение) оспорить высказывания классиков, с одной стороны, и информация о гео- и гидротермальных энергоустановках и тепловых насосах — с другой, приводят к натуральной шизофрении, когда на одной странице мирно сосуществует — без столкновения — и то, и другое:

«...мы не можем использовать колоссальные запасы внутренней энергии атмосферного воздуха, почвы, океана, применяя лишь тепловые машины для получения полезной работы... Непрерывное отнятие тепла от этих тел с превращением в работу дало бы возможность получить колоссальные количества полезной работы, что равносильно использованию вечного двигателя, так как запасы энергии в воздухе, почве и в океане практически неисчерпаемы. Эта машина несколько не противоречила бы принципу сохранения энергии, но всё же являлась бы практически вечным двигателем... Поэтому Оствальд называет эту воображаемую машину вечным двигателем второго рода, в отличие от вечного двигателя первого рода... вечный двигатель второго рода невозможен (формулировка В. Оствальда).

Заметим, что использование энергии океанской воды в машинах для получения полезной работы возможно, если использовать разницу температур отдельных слоев воды... Такая машина допустима с точки зрения второго начала, и она была на самом деле построена [Радушкевич, 1971. С. 101].

Как видим, не имеющий под собой почвы запрет «от имени» второго начала термодинамики на изымание рассеянного тепла из среды связан на запрет на вечные двигатели 1-го рода. Судя по всему, над физиками долгое время довлел — а над некоторыми (многими?) довлеет по сей день — стереотип мышления, обусловленный запретом, якобы налагаемым законами физики на использование источников «даровой» энергии. Не может быть так, полагали (полагают) они, чтобы можно было бесконечно производить энергию, используя практически неисчерпаемые запасы дарового тепла среды.

Между тем, такого запрета не существует, закон сохранения энергии запрещает только извлечение энергии *из ничего*, да и этот запрет сегодня

уже не выглядит незбылемым, если в это «ничто» включать физический вакуум (см. разд. 1.4.2.4 и 3.5.3). Органический мир, к примеру, многократно использует даровые запасы вещества и химической энергии среды в своих круговоротах, и ничего. И мы сами «бесплатно» используем дары земли, получая каждый год урожай. Для человека все энегергосители — солнечная радиация, ветер, уголь, нефть, уран и т. д. — в некотором смысле даровые, мы их «просто» берем из среды.

Как ни странно, в этом пункте классики термодинамики расходятся с С. Карно, от теории которого все они отталкиваются и которого отнюдь не смущало, что человеку приходится изымать из среды «даровую» энергию:

«Теплоте должны быть приписаны те колоссальные движения, которые поражают наш взгляд на земной поверхности; она вызывает движения атмосферы, поднятие облаков, падение дождя и других осадков, заставляет течь потоки воды на поверхности земного шара, незначительную часть которых человек сумел применить в свою пользу... Из этих огромных резервуаров мы можем создавать движущую силу, нужную для наших потребностей; природа повсюду предоставляет горючий материал, дала нам возможность всегда и везде получать теплоту и сопровождающую ее движущую силу. Развивать эту силу и приспособлять ее для наших нужд — такова цель тепловых машин» [Carnot, 1824; Рус. пер. С. 17].

Тепло среды — в этом же ряду природных источников энергии, оно тоже даровое и его тоже можно брать из среды, хотя и преодолевая при этом определенные ограничения (см. начало настоящего раздела).

Как мы увидим в разд. 9.1, т. II, для сохранения в силе запрета на возможность изымания рассеянного тепла из среды, когда в жизнь вошли спокойно делающие это гео- и гидротермальные установки и тепловые насосы, многие авторы, — чтобы защитить репутацию классиков, которые «всегда правы», — принялись ужесточать условия запрещаемого изымания. Стали говорить, например, что нельзя изымать рассеянное тепло из среды *при условии ее равновесности*. Другой вариант (родственный первому) — *в отсутствие в ней температурных градиентов*. Еще вариант — невозможно черпать рассеянное тепло из среды так, чтобы при этом *в нее не вносилось никаких изменений*. И т. д.

Всё это справедливо, при таких ограничениях изымать рассеянное тепло из среды и на самом деле невозможно:

«То, что действительно необходимо для получения работы — это неравновесность системы. В состоянии термодинамического равновесия никакие самопроизвольные процессы невозможны. Поэтому совершать работу может только такая система, отдельные части которой не находятся в равновесии друг с другом... при этом... природа неравновесности практически не имеет никакого значения. Чем бы ни отличались друг от друга разные части системы — температурой, давлением, концентрацией частиц или еще чем-нибудь — всегда можно исхитриться и направить процесс установления равновесия по такому пути, чтобы в результате совершалась работа» [Щеголев, 1996. С. 109].

Но, во-первых, где вы видели среду — атмосферу, океан или земную кору, — не имеющую градиентов или находящуюся в равновесии? И с какой стати нам нельзя вносить в среду изменения? Разве мы не вносим в нее изменения всякий раз, когда берем из нее ископаемые энергоносители и потом, когда на них работают наши обычные энергоустановки?

Все эти ограничения лишены смысла, не имея отношения к действительности. Хорошо еще, что от нас не требуют, чтобы мы извлекали рассеянное в среде тепло с отрезанными руками. Это еще более затруднило бы нашу задачу, но только какое отношение это имело бы к возможности или невозможности извлечения рассеянного тепла энергетическими установками в реальных — не придуманных — условиях?

Во-вторых, в приведенных выше формулировках Томсона, Оствальда и др. о таких ограничениях ничего не говорится.

они отрицают на корню самую возможность изымания рассеянной тепловой энергии из среды, потому что это, как они полагают, предоставило бы в наше распоряжение неисчерпаемый источник «даровой» энергии, что сделало бы реальным тепловую разновидность вечного двигателя.

Этот ход мысли классиков изначально ошибочен, и этого нельзя поправить никакими задним числом вводимыми «за них» уточнениями. Отчего репутация классиков ни в коей мере не страдает. Каждый из них сделал для науки нечто весьма значительное, за что мы их и уважаем.

Все люди ошибаются, и классики науки в т.ч. Вся наука соткана из ошибок (см. разд. 3.5.3).

Всё сказанное здесь — не пустая схоластика, имя жизненное значение. Чрезвычайно важно, что

на энергетiku, построенную на круговороте тепла, со стороны второго начала термодинамики не существует жесткого запрета,

оно только накладывает на нее некоторые ограничения, к которым можно и нужно будет приноровиться.

3.5. Принято считать, что вечные двигатели 2-го рода запрещены вторым началом термодинамики; этот запрет необходимо подвергнуть критическому анализу

«От имени» второго начала термодинамики запрещают не только саму по себе выемку рассеянного тепла из среды с последующим его превращением в другие формы энергии, о чем шла речь в предыдущем разделе, но и выемку рассеянного тепла посредством тепловых машин, которые бы делали это с КПД, не лимитируемым КПД Карно. Такие тепловые машины и были бы вечными двигателями 2-го рода, причем запрет на них носит особенно жесткий характер.

3.5.1. Необходимость критического анализа запрета на вечные двигатели 2-го рода диктуется угрозой «тепловой смерти»

Каноническая точка зрения состоит в том, что вечные двигатели 2-го рода невозможны. Но именно с вечными двигателями 2-го рода связано, как полагает автор этих строк, реальное будущее энергетики, построенной на круговороте тепла (разд. 3.3), а с этой энергетикой — и это опять-таки авторская точка зрения — связана единственная реальная возможность устранения угрозы «тепловой смерти» через 285–430 лет с наступлением первых ее катастрофических проявлений через 50–80 (одна оценка) или через 130–200 (другая оценка) лет (разд. 1.2–3 и 3.2).

Угроза «тепловой смерти» — это мощный стимул для максимально благоприятного рассмотрения аргументов в защиту вечных двигателей 2-го рода.

С одной стороны — угроза «тепловой смерти» человечества, с другой — запрет на вечные двигатели 2-го рода, наложенный Большой Наукой. Чрезвычайно щекотливая дилемма для ученого, который на нее вышел. Если он не попытается «отменить» этот запрет, пересмотрев его основания, то может оказаться виновным в содействии гибели человечества, если попытается, то может погибнуть его репутация. Я выбираю второе, и это, на мой взгляд, нормальный выбор для профессионального ученого.

3.5.2. У запрета на вечные двигатели 2-го рода при его возникновении присутствовала психологическая подоплека, что делает его изначально не вполне корректным

Эпитет *вечный* в названии вечных двигателей 2-го рода не следует понимать буквально — никакая установка не будет действительно вечной хотя бы из-за износа деталей. Речь идет только о характере взаимоотношений двигателя с источником энергии. Вечный двигатель 1-го рода вообще не потреблял бы энергии, так что его «источник энергии» был бы неиссякаемым. Вечный двигатель 2-го рода должен потреблять рассеянное в среде «даровое» тепло *без тепловой компенсации* (т. е. с убыванием тепловой энтропии — см. разд. 9.1–2, т. II), так что его источник энергии неиссякаем «практически». Если ваша установка в состоянии потреблять рассеянное в среде тепло без тепловой компенсации хотя бы одну секунду, то она — по существу — уже является вечным двигателем 2-го рода.

Вечный двигатель 1-го рода и на самом деле невозможен из-за закона сохранения энергии, Французская академия наук еще в 1775 г. приняла решение не рассматривать его проекты как ненаучные (впрочем, см. разд. 3.5.3). Назвав в 1888 г. придуманные им установки вечными двигателями (2-го рода), В. Оствальд сыграл на магии слов «вечный двигатель невозможен», чрезвычайно затруднив тем самым возражения против своего запрета на них (см. его формулировку в разд. 3.4). Ход сильный, но,

мягко говоря, некорректный, потому что ситуация с вечным двигателем 2-го рода совсем иная, нежели 1-го. К сожалению, ход удался, физики надолго оказались «закодированными».

Не следует, однако, возлагать всю ответственность за запрет на вечные двигатели 2-го рода на Оствальда. Физическое сообщество поддержало его не вполне корректную формулировку (о ее некорректности также говорилось в разд. 3.4) не только из-за кунштюка с привязкой этого запрета к запрету на вечные двигатели 1-го рода, но и вследствие размытости существовавших во второй половине XIX в. представлений о втором начале термодинамики.

3.5.3. Несовместимость запретов Большой Науки с фрактальной природой науки

Запреты Большой Науки возникают достаточно случайным (некорректным) образом и носят переменчивый (зыбкий) характер. В предыдущем разделе говорилось о некорректности возникновения запрета на вечные двигатели 2-го рода, но ведь и с возникновением запрета на рассмотрение проектов вечных двигателей 1-го рода не всё ладно.

Я отнюдь не сторонник идеи вечных двигателей 1-го рода. Но обратите внимание: Французская академия наук ввела этот запрет в 1775 г., тогда как закон сохранения энергии был установлен гораздо позже — Ю. Майсром в 1842 г., Дж. Джоулем — в 1843 г. и Г. Гельмгольцем — в 1847 г. Французские академики запретили, не зная толком, что именно и почему они запрещают. Чем они руководствовались? Говорят, нежеланием рассматривать многочисленные «бессмысленные» проекты вечных двигателей. Лень академиков как научный аргумент? Ситуация более чем странная, особенно, если вспомнить, что сами запретители исповедовали тогда, в 1775 г., теплород, эфир и многое другое из того, что спустя десятилетия стало считаться Большой Наукой вполне «ненаучным».

С тех пор ситуация с законом сохранения энергии коренным образом изменилась, табу на обсуждение его возможных нарушений удивительным образом действует лишь в отношении «чужаков», сама же Большая Наука в лице космологов с некоторых пор легко говорит о замкнутой Вселенной, которой этот закон якобы не запрещает возникновения «из ничего» [Зельдович, 1988], или из «вакуумоподобного состояния физической среды» [Нови-

ков, 2001; Глинер, 2002]. Автор этих строк полагает, что для столь фантастических утверждений у космологов нет оснований [Хайтун, 2005а. Прил. 11] и что начинающееся в наши дни изучение возможностей извлечения энергии из физического вакуума в земных масштабах, о которых упоминалось в разд. 1.4.2.3, не имеют перспектив, но это только его личная точка зрения.

Вводя тот или иной запрет от имени Большой Науки, запретители не могут гарантировать, что их запрет завтра не окажется глупостью, негативные прогнозы много раз оказывались ошибочными:

«В 1865 году редактор одной газеты сказал своим читателям следующее: „Хорошо информированные люди знают, что невозможно передать голос о проводах, и что, будь это возможно, это была бы практически неоценимая вещь“. Лишь десятилетием позже телефон вырвался из лаборатории мистера Белла, и мир изменился.

В тот день, когда полетели братья Райт, газеты отказывались сообщить об этом событии, потому что их трезвые, почтенные. приземленные редакторы просто не могли заставить себя поверить, что это случилось... Всё же известный американский астроном Симон Ньюком незадолго до этого уверял мир, что „никакая возможная комбинация известных веществ, известных видов машин и известных форм силы не может объединиться в практической машине, с помощью которой человек будет летать на длинные расстояния“... Немногом позже другой специалист объявил публично, что было бы „просто-напросто слабоумием ожидать чего-нибудь, что приведет в движение безлошадный экипаж“. Шестью годами позже миллионный Форд сошел со сборочной линии... А затем был сам великий Резерфорд, открыватель атома, который в 1933 году сказал, что энергия атомного ядра никогда не будет освобождена. Девятью годами позже: первая цепная реакция» [Тоффлер, 1997. С. 168].

История науки переполнена отмененными временем запретами Большой Науки. Достаточно вспомнить действовавшие в СССР запреты на психоанализ, генетику и кибернетику и попытки запретить теорию относительности. То, что было «ненаучно» вчера, становится объектом исследования Большой Науки сегодня, и наоборот. В этих условиях ее запреты на рассмотрение чего бы то ни было нельзя не признать некорректными (непродуктивными).

Запреты Большой науки не согласуются с открывающейся в последние десятилетия *фрактальной природой науки* [Самоорганизация..., 1994; Князева, 1994], которая является проявлением общей фрактальности социальной эволюции и эволюции вообще [Хайтун, 2005а; 2006]. Фрактальное видение эволюции науки пробивало себе дорогу еще до возникновения теории фракталов через понятия парадигмы Т. Куна [1977] и исследовательской программы И. Лакатоса [1978] [Князева, 1994. С. 69].

Фрактальность науки проявляется прежде всего в том, что развитие научного знания осуществляется через каскад точек ветвления, в которых рождаются альтернативные теории, парадигмы и исследовательские программы:

«Нелинейность эволюции научного знания может быть развернута посредством идеи многовариантности, альтернативности путей эволюции науки (разнообразия подходов, направлений, традиций как предпосылки научного прогресса), идеи выбора из этих альтернатив в так называемых точках бифуркации» [Князева, 1994. С. 75].

«Синергетика предлагает образ поля вставящихся путей эволюции научного знания» [Там же. С. 77].

«С позиции синергетики научные революции можно истолковать как „точки бифуркации“ развития науки» [Князева, Курдюмов, 1994. С. 184].

Когда вы находитесь в такой точке ветвления или недалеко от нее во времени, нет объективных критериев, которые бы позволили отдать предпочтение той или другой теории, тому или другому видению проблемы. Логика и эксперимент здесь помогают мало, только с течением времени «сами собой» умирают одни альтернативные теории и выживают другие.

Если, однако, вы находитесь внутри одной ветви научного знания (парадигмы, исследовательской программы, научной школы), то склонны считать альтернативные парадигмы (парадигмы, программы) ошибочными. Исследовательская программа «засасывает» работающего в ней ученого. Вы теряете объективность и принимаете в штыки любую критику принятых в ней положений. Чем больше данный научный клан, чем старше и богаче заслугами и маститыми учеными, тем агрессивнее он по отношению к инакомыслящим.

Трудно переоценить вред, который наносит науке непримиримость к инакомыслию. Установка на недопустимость ошибок приводит к тому, что считается, будто ошибаются только «средние» ученые, тогда как Великие Ученые всегда правы. Отсюда жизнеописания Великих Ученых в духе жития святых — от победы к победе. В действительности всё гораздо сложнее. Этот тон победных реляций абсолютно неуместен, например, когда речь идет о такой трагической фигуре науки, как Людвиг Больцман (1844–1906), покончивший жизнь самоубийством.

Послужной список Больцмана внушительен. Ему принадлежат названное его именем кинетическое уравнение, H -теорема, статистическое определение энтропии. Трактовка энтропии как вероятности (макро)состояния, составившая в физике эпоху, — тоже его. Он же выдвинул принцип, который сегодня называют принципом равных априорных вероятностей. Любой из этих результатов мог бы прославить имя ученого.

Но это только фасад. Всю свою жизнь Больцман посвятил выводу закона возрастания энтропии из уравнений механики — задаче, позитивного решения которой, как доказывает автор этих строк [Хайтун, 1996], не существует, поскольку симметричные по времени уравнения механики в области необратимых (несимметричных по времени) процессов не работают. Больцман ошибался в главном:

«В свете (или во тьме) истории Больцман по всем принятым стандартам потерпел поражение, хотя все признают, что он был выдающимся физиком. Ему так и не удалось рассеять все сомнения относительно статуса предложенной им H -теоремы или объяснить возрастание энтропии... Оказываемое на него давление было столь велико, что он утратил веру в себя» [Porper, 1976. P. 161–162; Цит. по: Пригожин, Стенгерс, 1986. С. 57].

Пытаясь решить эту в принципе нерешаемую задачу, Больцман проявил невероятные упорство и изобретательность, свойственные этому кипучему характеру. Его основные научные достижения родились как побочные, маргинальные результаты в этой погоне за миражом, что не мешает им быть замечательными. Главная цель жизни Больцмана осталась, тем не менее, недостигнутой.

Некритическое отношение к нашим великим предшественникам обходится дорого. Как рассказано в монографии автора [Хайтун, 1996], фи-

зика необратимых процессов продолжила в XX в. ошибочный путь Больцмана, пытаясь вывести несимметричные по времени уравнения теории необратимых явлений из симметричной по времени механики. Здесь «провинился» целый ряд замечательных ученых — А. Эйнштейн, М. Смолуховский, Л. Онсагер, Н. Н. Боголюбов, М. Борн, Л. Ван-Хов, Р. Кубо, Э. Хопф, Я. Г. Синай и др. Будучи в целом ошибочным, этот путь, однако, породил синергетику, открывшую принципиально новые пути исследования необратимых процессов [Хайтун, 2007а]. И снова — как это было и с Больцманом — эти результаты были маргинальными по отношению к ошибочной в целом «магистральной линии».

Теория необратимых явлений — не исключение, а правило, *вся наука соткана из ошибок*, которые могут быть как профанными, так и гениальными. Колумб открыл Америку, полагая, что достиг Индии. С. Карно получил формулу для КПД тепловой машины, исходя из ошибочных представлений о теплороде. Всё более ясной становится сегодня несостоятельность теории естественного отбора Ч. Дарвина [Чайковский, 2003, 2006; Назаров, 2005; Хайтун, 2005а, 2007б], благодаря которой он более, чем кто-либо другой, способствовал распространению эволюционных представлений. В высшей степени иаивна механистическая концепция эфира, позволившая Дж. Максвеллу получить уравнения электромагнетизма. И т. д. и т. п.

Фрактальная природы науки несовместима с установкой на недопустимость научной ошибки, когда карается всякое отклонение от некоей магистральной линии, с запретами на те или иные направления, объявляемые «ненаучными».

Запрещать или подвергать остракизму те или иные парадигмы и точки зрения крайне непродуктивно.

Важно не то, что мы исследуем и какую точку зрения при этом исповедуем, а то, *работаем ли мы достаточно профессионально* («научно»). Научный же уровень, или профессионализм, ученого, на мой взгляд, в значительной степени характеризуется его умением «переваривать» работы предшественников и оппонентов, вписывая себя в общий контекст научного знания. Для иллюстрации позволю себе сослаться на собственную книгу «История парадокса Гиббса» [Хайтун, 1986]. В ней рассмотрено около 50 различных решений этого парадокса, на основе анализа которых

предложено собственное, вписанное в структуру этого множества решений. Если вы сегодня хотите предложить оригинальное решение парадокса, то вам придется рассмотреть всё это множество предыдущих решений, в противном случае вы недостаточно профессиональны. Если вы рассмотрели работы предшественников, однако ваше решение воспринято научным сообществом как ошибочное, то это случай профессиональной, но ошибочной (в глазах современников) работы. Напротив, может случиться так, что ничего не знающий о предшественниках самородок предложит новое решение парадокса, которое будет воспринято научным сообществом как истинное. Это будет случай работы непрофессиональной, но правильной (в глазах современников).

Отрицательное решение по вопросу о публикации непрофессиональной работы, на мой взгляд, корректно (профессионалы не обязаны за самородка вписывать его работу в общий контекст науки), отвергать же профессионально выполненную работу как «ошибочную», на мой взгляд, непрофессионально.

Самое ходовое возражение против снятия запретов — науку, говорят нам, захлестнет вал некачественных работ, захлебнувшись в котором, ученые не смогут работать. Однако развитие науки в XX в. опровергло этот аргумент — переизбытка информации не бывает, это не опасно. В СССР, например, барьеры перед публикациями были много жестче, чем в США. Если в США один научный журнал приходился в 1986 г. примерно на 60 ученых, то в СССР — на 1000, т. е. в пересчете на одного ученого в СССР было в 17 раз меньше научных журналов. По советским меркам, американскую науку должен был поразить переизбыток информации. И что же мы имеем на деле, какая из двух стран дала больше нобелевских лауреатов, где было сделано и реализовано больше открытий? Ответ очевиден.

Появление Интернета сделало миф об угрозе переизбытка информации особенно несостоятельным: каждый ищет в Сети то, что ему нужно, поисковые системы эту работу неимоверно облегчают. А если кому что не нужно, так он того просто не читает.

Конкуренция идей — двигатель научного прогресса. Вместо того чтобы вводить запреты на те или иные направления развития научной и технической мысли, следовало бы, напротив, организовать некоторое дополнительное количество научных журналов и патентных институтов — расходы не так велики, а результаты окупаются с лихвой.

Непродуктивен, в числе прочих, и запрет Большой Науки на рассмотрение вечных двигателей 2-го рода. Особенно, если вспомнить об уже оказавшемся несостоятельным запрете «от имени» второго начала термодинамики на всякое изымание рассеянного тепла из среды (разд. 3.4).

Оставлять этот запрет сегодня без пересмотра тем более недопустимо, что из-за ускорения социальной эволюции [Хайтун, 2006. Разд. 1.8, закл.; 2007б] человечество столкнулось в наши дни с невероятно быстрой сменой одной научной картины мира другой, будущее

«представляется бесконечным, непрерывным рядом странных событий, сенсационных открытий» [Тоффлер, 1997. С. 143].

Было бы странно в этих условиях слепо верить в запрет, введенный полтора века назад, когда представления о втором начале термодинамики и вечных двигателях 2-го рода еще только формировались, если от справедливости или несправедливости этого запрета зависит наше будущее.

3.5.4. Законы физики не могут противоречить законам эволюции

Положение не столь безнадежно, как это может показаться на первый взгляд. Это тот самый случай, когда борьба с ветряными мельницами может — и должна — оказаться успешной. Не может быть так, полагаю я, чтобы законы эволюции на протяжении тысячелетий подстегивали человечество — а органический мир на протяжении миллиардов лет — к развитию в определенном направлении (в сторону интенсификации метаболизма и круговоротов вещества и энергии), а потом это развитие в соответствии с законами эволюции наткнулось бы на другие законы природы (физики), которые, делая невозможным круговорот тепла, обрекали бы человечество на гибель.

Законы эволюции и законы физики, полагаю я, входят в единый и непротиворечивый свод законов природы. Я верю, что мир устроен гармонично.

Если это и на самом деле так, то запрет на вечные двигатели 2-го рода «должен» оказаться несостоятельным. Далее мы постараемся убедить читателя в том, что с этим запретом дела именно так и обстоят.

ГЛАВА 4

«Человек — чума Вселенной» и другие сценарии энергетического будущего: нельзя класть яйца в одну корзину

Коротко говоря, авторская точка зрения состоит в том, что тенденция к рассеянию разных форм энергии на Земле в виде тепла — это именно тенденция, а не закон. Поскольку же это только тенденция, постольку ее на Земле можно и должно попытаться переломить, построив термоциклическую энергетику, т. е. энергетику, основанную на круговороте тепла, которая устранил угрозу «тепловой смерти» на Земле в результате потребления энергии как такового. Чтобы энергетика приняла форму круговорота тепла, необходимо собирать рассеиваемое в среде тепло посредством «фабрик холода», чем сегодня успешно занимаются — в малых масштабах — энергетические установки классического типа — гео- и гидротермальные энергоустановки и тепловые насосы с КПД, меньшими КПД Карно. Однако низкие температурные градиенты рассеянного тепла, зарезая КПД «фабрик холода» классического типа до чрезмерно малых значений, делают построение термоциклической энергетики на основе одних лишь классических «фабрик холода» нереальным. Реальной термоциклическая энергетика может стать только при исполь-

зовании в качестве «фабрик холода» энергетических установок, КПД которых не был бы ограничен сверху КПД Карно.

Согласно канонической точке зрения, такие энергетические установки, т. е. вечные двигатели 2-го рода, запрещены вторым началом термодинамики. Однако законы универсальной эволюции говорят, что с этим запретом что-то не так. Не может быть так, полагаю я, чтобы законы эволюции на протяжении тысячелетий подстегивали органический мир и человечество к развитию в сторону интенсификации метаболизмов и круговоротов вещества и энергии, а потом это развитие наткнулось бы на некие законы физики, которые, делая невозможным круговорот тепла, обрекали бы человечество на гибель. Я уверен в том, что

законы физики не могут противоречить законам эволюции. Переход к энергетике, основанной на круговороте тепла, неизбежен, поскольку находится на острие вектора универсальной эволюции в сторону интенсификации метаболизмов и круговоротов.

Эволюционная целесообразность (необходимость) диктует пересмотр запрета на вечные двигатели 2-го рода. Если такие двигатели и на самом деле возможны, то это сделает термоциклическую энергетику реальной.

Таков авторский сценарий энергетического будущего землян. Альтернативный сценарий связан с торможением роста потребления энергии и потребления вообще. Оба сценария означают для человечества радикальную перестройку всего образа жизни на протяжении ближайших ста лет, однако первый направлен по вектору эволюции, а второй — против. Я и мои немногочисленные единомышленники считаем, что второй сценарий губителен, тогда как подавляющее большинство исследователей, игнорируя вектор эволюции, придерживаются именно его.

Но одно дело — полемика ученых и другое — реальная жизнь. Когда речь идет о столь важных вещах, полагаю я, человечество не может полагаться на какую-то одну точку зрения. Надо учитывать и вероятность того, что правы мы с коллегами, и того, что правы наши оппоненты. Нельзя класть яйца в одну корзину. Разрабатывать следует параллельно оба сценария, чтобы в дальнейшем реализовать какой-то один из них или их комбинацию.

Строго говоря, сценариев энергетического будущего больше двух.

Третий сценарий: теплопровод Земля — Космос, который позволил бы сбрасывать излишки тепла за пределы Земли [Хайтун, 1996. С. 363]. Скажем, преобразовывая инфракрасное излучение, которое легко поглощается атмосферой, в более длинноволновое и направленно излучая его вовне. К сожалению, радиоволны несут с собой мало энергии, самые мощные радиостанции — это десятки, от силы — сотни киловатт, тогда как ретранслировать в Космос надо будет десятки и сотни миллионов гигаватт¹. Словом, технического решения на этом направлении пока не просматривается (во всяком случае, его не видит автор этих строк); возможно, его и не существует вовсе, однако поисковые исследования в этом направлении, на мой взгляд, также необходимы.

Четвертый сценарий: выход человечества в Космос на очередном этапе социальной и универсальной эволюции [Хайтун, 2005а. Разд. 8.4.2; 2007а. Разд. 9.3]. По мнению А. И. и А. А. Зотиных, освоение Космоса само по себе принесет разрешение проблемы теплового загрязнения среды человеком, позволив человечеству преодолеть третий тепловой барьер (см. концовку разд. 1.2 и разд. 2.4.2.4):

«Все цивилизации, как и человеческая, на пути своего развития столкнутся с необходимостью преодоления третьего теплового барьера, что введет к необходимости освоения космического пространства... Человечество ступило в эру ноогенеза, и биоэнергетический прогресс... в дальнейшем связан с развитием человеческой цивилизации, которая одна в состоянии преодолеть третий тепловой барьер путем переноса энергопроизводящих и энергопотребляющих производств в околоземное пространство, а затем и в дальний космос» [Зотин А. И., Зотин А. А., 1999. С. 272].

Пятый сценарий: «Человек — чума Вселенной» [Хайтун, 1996. С. 362–363]. Я уверен в том, что сам по себе выход в Космос не принесет решения проблемы теплового загрязнения среды. Если вопреки тому, что доказывается в настоящей монографии, у этой проблемы нет решения, то выход в Космос только отсрочит катастрофу на Земле. Возможно, Земля при этом будет уничтожена, чтобы подпитать энергией кос-

¹ Напомним, что $1 \text{ ГВт} = 10^9 \text{ Вт}$, мощность солнечного потока на поверхности Земли — около 82 млн ГВт.

мические корабли, возможно, она взорвана не будет, однако живой мир на ней с частью человечества погибнут. Изменившись, быть может, как биологический вид или даже породив целую мутовку (веер) новых видов, человечество примется осваивать в Космосе всё новые и новые звездные миры. Используя энергоресурсы всё новых планет, колонисты получают возможность забывать о проблеме теплового загрязнения среды лишь на начальной фазе их освоения. Сферически распространяясь от исходной точки, человечество будет оставлять за собой внутри сферы мертвую зону.

Может быть, именно в этом кроется причина того, что другие космические цивилизации, если они существуют, не выходят на контакт с нашей [Гиндилис, 2004]: у цивилизаций, живущих в соответствии со стратегией «выжженной земли», нет постоянного адреса, все они — временные гости на своих планетах. Пока «письмо» дойдет до адресата, на планете уже никого не останется. Кроме того, зачем вообще таким цивилизациям встречаться? Области их жизнедеятельности представляют собой тонкостенные сферы, внутри которых всё отработано и мертво, так что их встреча будет подобна встрече гасящих друг друга пожаров в степи. Так не лучше ли им избегать контактов?

Это, конечно, страшный сценарий: человек — чума Вселенной, пожиратель планет. Но разве он не реален, разве не доказывается всей нашей историей?! Разве мы не разрушаем всегда всё и вся вокруг нас, разве не увеличиваем площадь пустынь на Земле? Деструктивный характер деятельности человека является неотъемлемым его свойством.

Почему же мы должны стать лучше? Не станем, тем более если невозможна энергетика, построенная на круговороте тепла и вечных двигателях 2-го рода, о невозможности которых говорит второе начало термодинамики как оно понимается сегодня Большой Наукой.

В литературе обсуждаются и другие сценарии энергетического будущего человечества, некоторые из которых носят довольно-таки экзотический характер (разд. 1.4.3). Все эти сценарии, полагаю я, нуждаются в своей доле внимания, а некоторые из них — в детальной разработке. В том числе, хотелось бы мне думать, и предлагаемый в настоящей монографии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подведем итоги. Авторская точка зрения состоит в том, что ограниченность ресурсов планеты уже в обозримом будущем заставит социальный мир осуществлять дальнейшую социальную эволюцию через интенсификацию круговоротов энергии и вещества.

Поскольку практически вся потребляемая человеком энергия оказывается рассеянной в среде в виде тепла, постольку круговорот энергии может быть реализован не иначе как круговорот тепла. Преобразование потребления энергии в круговорот тепла в принципе решит проблему экспоненциального роста потребления энергии, который в противном случае привел бы человечество на Земле к «тепловой смерти». Одновременно принеся и решение проблемы исчерпания энергоресурсов, ускорение круговорота тепла позволит наращивать энергопотребление, оставаясь в пределах Земли, подобно тому, как это делает земной органический мир, который, сохраняя на протяжении миллиардов лет массу биосферы более или менее постоянной, многократно увеличил за это время ежегодное потребление энергии и вещества.

Чтобы перейти к энергетике, которая будет основана на круговороте тепла и которая поэтому может быть названа *термоциклической*, нам предстоит научиться собирать в промышленных масштабах рассеиваемое тепло, чтобы вновь и вновь использовать его энергию. Именно это делают сегодня гео- и гидротермальные энергоустановки и тепловые насосы, однако их КПД, лимитируемый КПД Карно, — из-за малости температурных градиентов рассеянного тепла — невелик, почему они одни совершенно определенно не справятся с этой задачей.

Предлагаемый в книге выход состоит в переходе к тепловым машинам, которые, как и традиционные гео- и гидротермальные установки и

тепловые насосы, собирали бы рассеянное тепло, однако делали бы это с КПД, не ограниченным сверху КПД Карно. Такие тепловые машины называются вечными двигателями 2-го рода.

Каноническая точка зрения состоит в том, что вечные двигатели 2-го рода невозможны. С одной стороны, таким образом, имеем угрозу «тепловой смерти», с другой — запрет на вечные двигатели 2-го рода, наложенный Большой Наукой «от имени» второго начала термодинамики. На мой взгляд,

угроза «тепловой смерти» — это достаточно мощный стимул для максимально благожелательного рассмотрения аргументов в защиту вечных двигателей 2-го рода.

При этом, положение не столь безнадежно, как это может показаться на первый взгляд. Не может быть так, полагаю я, чтобы на протяжении длительного времени законы эволюции подстегивали органический мир и человечество к развитию в определенном направлении (в сторону интенсификации метаболизмов и круговоротов вещества и энергии), а потом это развитие, в соответствии с законами эволюции, наткнулось бы вдруг на некий закон физики, который, делая невозможным круговорот тепла, обрекал бы человечество на гибель. Уверен, что законы эволюции и законы физики входят в единый и непротиворечивый свод законов природы. Если это и на самом деле так, то запрет на вечные двигатели 2-го рода «должен» оказаться несостоятельным.

Исходя из этих соображений, мы значительную часть настоящей книги уделили анализу существующих в литературе чрезвычайно (чрезмерно) многочисленных формулировок второго начала термодинамики и определений вечных двигателей 2-го рода. Этот анализ и в самом деле привел нас к выводу о несостоятельности запрета на вечные двигатели 2-го рода.

Запрет явился следствием целого ряда ошибок, допущенных основателями термодинамики.

1. С. Карно сделал вывод об обязательности холодильника у любой тепловой машины из устаревшей (ошибочной) идеи о *неуничтожаемости теплорода*, согласно которой при потреблении тепла оно не уничтожается, но только передается от более нагретого тела к менее нагретому. Вот это менее нагретое тело и есть тот самый холодильник, который, по Карно, необходим при всяком потреблении тепла.

Эта логика опирается на опыт потребления энергии: потребляя ее, мы не уничтожаем энергию, но только превращаем одну ее форму в другую. Однако потребление энергии принципиально отличается от потребления тепла, ибо потребление тепла означает именно что его уничтожение:

потребляя тепло, мы превращаем его в *другую* форму энергии (в работу), т. е. уничтожаем как тепло (уничтожаем теплород). Поскольку же, потребляя тепло, мы не передаем его от более нагретого тела к менее нагретому, но превращаем его в другие формы энергии, постольку *холодильник при этом не необходим.*

2. Р. Клаузиус, В. Томсон и другие последователи Карно, отказавшись от теплорода, не исправили его ошибку, потому что работали исключительно с *классическими* тепловыми машинами, имеющими две особенности, которые делают холодильник необходимым:

- 1) цикличность;
- 2) простое рабочее тело (однородный и однофазный газ).

Возвращая такое рабочее тело в начальное состояние, мы вынуждены, охлаждая его, отдавать часть полученного от нагревателя тепла холодильнику. Между тем,

для нециклических тепловых машин и для циклических тепловых машин с двухфазным рабочим телом газ — жидкость холодильник не обязателен.

Примером нециклической тепловой машины может служить работающий в вакууме ракетный двигатель, для которого говорить об охлаждении продуктов сгорания за бортом не приходится — в вакууме продукты сгорания не охлаждаются, расширение газа в пустоту происходит изотермически. Это абсолютно верно для идеального газа и с достаточной точностью — для реальных (разд. 6.2, т. II и 8.5, т. II).

Что же касается циклических тепловых машин с двухфазным рабочим телом, то, как это было независимо показано в последние три десятилетия несколькими авторами, возвращение рабочего тела в начальное состояние может осуществляться для таких машин не с передачей тепла холодильнику, но с возвращением этой части тепла нагревателю (разд. 8.6, т. II). Холодильник становится для таких машин лишним, КПД — не ограниченным КПД Карно.

3. Закон возрастания энтропии некорректно сводится к «закону» возрастания *тепловой* энтропии, тогда как действует закон возрастания *полной* энтропии. Если вы признаете «закон» возрастания тепловой энтропии несостоятельным, то придете к выводу, что тепловой энтропии убывать не возбраняется, а компенсация превращения тепла в работу может быть и нетепловой.

4. Действующая на Земле *тенденция* к рассеянию нетепловых форм энергии в виде тепла некорректно трансформируется в не знающий исключений *закон*, что заставляет отрицать самую возможность использования рассеянного в среде тепла как источника «даровой» энергии.

История с вечными двигателями 2-го рода показывает, что запреты Большой Науки на те или иные направления исследований и разработок, мягко говоря, непродуктивны. Сотни, а, может быть, и тысячи изобретателей и ученых по всему миру вот уже более века разрабатывают проекты энергоустановок, которые могли бы быть вечными двигателями 2-го рода, однако Большая Наука не дает им ходу, исходя из весьма спорного и туманного запрета, сформулированного классиками термодинамики и статистической физики во второй половине XIX в. К ничему хорошему это привести не могло. Человечеству угрожает сегодня вполне реальная «тепловая смерть» на Земле, отвести которую можно — в авторском сценарии — только при условии отказа от запрета на вечные двигатели 2-го рода. Апробированных же разработок таких энергоустановок у нас, благодаря усилиям Большой Науки, нет. Человечество — и уже не в первый раз — рискует погибнуть по собственной глупости.

Цель этой книги — попытаться переломить негативное отношение Большой Науки к идее вечных двигателей 2-го рода. До сих пор эта область исследований и разработок пребывает на дальней периферии науки и потому — иначе и быть не могло — в ней задействованы в основном инженеры и ученые не самой высокой квалификации. И всё потому, что во второй половине XIX в. Большая Наука, как я считаю, ошибочно выбрала в области термодинамики и статистической физики тупиковую ветвь развития. Эта ситуация — из-за фрактальности науки, в силу которой она развивается через каскад точек ветвления, — достаточно обычна и даже нормальна, однако сегодня Большой Науке пора переходить с этой тупиковой ветви на магистральную, иначе эволюция накажет нас «тепловой смертью».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев В. П.* Становление человечества. М.: Политиздат, 1984. 462 с.
2. *Алексеев Г. Н.* Общая теплотехника. М.: Высш. школа, 1980. 552 с.
3. *Алексеев Г. Н.* Энергоэнтропика. М.: Знание, 1983. 192 с.
4. *Алексеев Г. Н.* Развитие энергетики и прогресс человечества. М.: ИИЕТ РАН, 1997. 200 с.
5. *Аллен Дж., Нельсон М.* Космические биосферы. М.: Прогресс, 1991. 127 с.
6. *Амбарцумян В. А., Казютинский В. В.* Научные революции и прогресс астрофизики // *Астрономия, методология, мировоззрение.* М.: Наука, 1979. С. 11–51.
7. *Андрюшин И. А., Чернышев А. К., Юдин Ю. А.* Укрощение ядра: Страницы истории ядерного оружия и ядерной инфраструктуры СССР. Саров: Тип. «Красный Октябрь», 2003. 481 с. <<http://www.poligon.kz/doc/coreaming.pdf>>.
8. *Андрющенко А. И.* Основы технической термодинамики реальных процессов. М.: Высш. школа, 1975. 264 с.
9. *Андрющенко А. И.* Основы термодинамики циклов теплоэнергетических установок. М.: Высш. школа, 1977. 280 с.
10. *Анри В.* Энергетика жизни // *Природа.* 1917. № 4. Столб. 443–456.
11. *Ансельм А. И.* Основы статистической физики и термодинамики. М.: Наука, 1973. 423 с.
12. *Арманд А. Д.* Резюме // *Анатомия кризисов.* М.: Наука, 1999. 238 с.
13. *Аршавский И. А.* Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития. М.: Наука, 1982. 270 с.
14. *Аршавский И. А.* Термодинамические загадки возрастной физиологии // *Химия и жизнь.* 1996. № 3. С. 23–26.
15. *Аршинов В. И.* «Самоорганизующаяся Вселенная» Э. Янча и глобальный эволюционизм // *О современном статусе идеи глобального эволюционизма.* М.: ИФАН, 1986. С. 91–104.

16. Атмосфера. Справочник (справочные данные, модели). Л.: Гидрометеиздат, 1991. 509 с.
17. *Ауэрбах Ф.* Эктропизм или физическая теория жизни. СПб.: Образование, 1911. 114 с.
18. *Ауэрбах Ф.* Царица мира и ее тень. Одесса: Mathesis, 1913. 50 + XIII с.
19. *Афанасьев В. Г.* Мир живого: Системность, эволюция и управление. М.: Политиздат, 1986. 334 с.
20. *Базаров И. П.* Термодинамика. М.: Высш. школа, 1991. 376 с.
21. *Базаров И. П.* Заблуждения и ошибки в термодинамике. М.: Изд-во МГУ, 1993. 54 с.; 2-е изд. М.: URSS, 2003. 120 с.
22. *Балацкий Е., Гусев А.* Железная логика — I. Ключевые технологические индикаторы экономики России // Независимая газета. НГ, Наука. 23.01.2008.
23. *Барский В. Г.* Прогулка по «фабрике холода» // Биосфера. 2002. № 2. <http://www.ihst.ru/~biosphere/Mag_2/Na_fabrike%20.htm>.
24. *Бауэр Э. С.* Теоретическая биология. М.; Л.: ВИЭМ, 1935. 206 с.
25. *Башимаков И.* Глобальная экономика — на других рельсах. Подход мировых лидеров к экономическому росту ориентирован на энергоэффективность // Независимая газета. 22.05.2007. <http://www.ng.ru/energy/2007-05-22/12_economic.html>.
26. *Берг Л. С.* Теория эволюции. Пг.: Academia, 1922. 120 с. / Тр. по теории эволюции. Л.: Наука, 1977. С. 43–93.
27. *Бергсон А.* Творческая эволюция. М.: Сотрудничество, 1909. 320 с.
28. *Бердяев Н. А.* Предсмертные мысли Фауста // *Бердяев Н. А., Букилан Я. М., Степун Ф. А., Франк С. Л.* Освальд Шпенглер и Закат Европы. М.: Берг, 1922. С. 55–72.
29. *Бернштейн Н. А.* Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М.: Медицина, 1966. 349 с. / *Бернштейн Н. А.* Физиология движений и активность. М.: Наука. 1990. С. 243–462.
30. *Берч Ф.* Будущее энергообеспечения в Германии. Потенциал возобновляемых видов энергии // ЭСКО. Электронный журн. энергосервисной компании «Экологические системы». 2006. № 6. <<http://esco-ecosys.narod.ru/journal/journal54.htm>>.
31. Биология. Большой энциклопедический словарь. М.: БРЭ, 1999. 864 с.
32. *Бир Ст.* Кибернетика и управление производством. М.: Наука, 1965. 391 с.
33. *Блюменфельд Л. А.* Проблемы биологической физики. М.: Наука, 1977. 336 с.
34. *Богданов А. А.* Всеобщая организационная наука (Тектология). М.; Л.: Книга. Ч. 1. 1925. 300 с.; Ч. 2. 1927. 267 с.

35. *Боголюбов Н. Н.* Проблемы динамической теории в статистической физике. М.; Л.: Гостехиздат, 1946. 119 с. / *Боголюбов Н. Н.* Избр. тр. по статистической физике. М.: Изд-во МГУ, 1979. С. 5–114.
36. *Больцман Л.* Избранные труды. М.: Наука, 1984. 589 с.
37. *Бриллюэн Л.* Наука и теория информации. М.: Физматгиз, 1960. 392 с.
38. *Брода Э.* Эволюция биоэнергетических процессов. М.: Мир, 1978. 304 с.
39. *Брюн Б.* Деградация энергии и гибель мира. СПб.: Мысль, 1915. 124 с.
40. *Будыко М. И.* Эволюция биосферы. Л.: Гидрометеориздат, 1984. 488 с.
41. *Булюбаиш Б. В.* Горячие страсти вокруг холодного синтеза. Открытие, дезавуированное еще 20 лет назад, возможно, скоро будет сделано снова // Вокруг света. 2007. № 8. <<http://www.vokrugsveta.ru/telegraph/theory/410/>>.
42. *Василькова В. В.* Порядок и хаос в развитии социальных систем: Синергетика и история социальной самоорганизации. СПб.: Лань, 1999. 480 с.
43. *Велихов Е. П.* Углеводородные кризисы XXI века // Независимая газета. 12.07.2006. <http://www.ng.ru/energy/2006-07-12/9_crisises.html>.
44. *Вернадский В. И.* Биосфера. Л.: Научн. хим.-техн. изд-во, 1926. 146 с.
45. *Вернадский В. И.* Живое вещество. М.: Наука, 1978. 358 с.
46. *Вернадский В. И.* Живое вещество и биосфера. М.: Наука, 1994. 672 с.
47. *Вигнер Е.* Этюды о симметрии. М.: Мир, 1971. 318 с.; 2-е изд. М.: URSS, 2002.
48. *Винер Н.* Кибернетика как управление и связь в животном и машине. М.: Наука, 1983. 340 с.
49. *Виноградов Ю. Е.* Другая энергетика // ЭКО. Новосибирск. 2006. № 3. С. 21–42.
50. *Виньковецкий Я. А.* Геология и общая теория эволюции природы. Л.: Недра, 1971. 94 с.
51. *Володько Ю. И.* Ламинарное истечение сжатого воздуха в атмосфере и бесплодный монотермический двигатель. М.: Обществ. польза, 1998. 65 с.
52. *Волькенштейн М. В.* Молекулы и жизнь. Введение в молекулярную биофизику. М.: Наука, 1965. 504 с.
53. *Волькенштейн М. В.* Четвертое начало термодинамики. О книге К. С. Тринчера «Биология и информация. Элементы биологической термодинамики» // Цитология. 1966. Т. 8. С. 449–451.
54. *Волькенштейн М. В.* Сущность биологической эволюции // УФН. 1984. Т. 143. С. 429–466.
55. *Волькенштейн М. В.* Энтропия и информация. М.: Наука, 1986. 190 с.
56. *Волькенштейн М. В.* Биофизика. М.: Наука, 1988. 591 с.

57. *Волькенштейн М. В., Сырников Ю. П.* Еще раз об «Элементах биологической термодинамики» К. С. Триичера // *Биофизика*. 1966. Т. 11. С. 379–380.
58. ВП СССР. Энергетика и экология: пути преодоления кризиса. О роли второго начала термодинамики в мировоззрении и жизни цивилизации (Аналитическая записка) // Сайт материалов ВП СССР. 18.12.1997. <http://dotu.ru/files/19971218_Energetika_i_ekologiya_puti_preodoleniya_krizisa.pdf>.
59. *Второва О.* Люди не влияют на глобальное потепление климата, считают ученые // РИА–Новости. 08.01.2007. <<http://www.rian.ru/science/20070108/58645571.html>>.
60. *Вукалович М. П., Новиков И. И.* Термодинамика. М.: Машиностроение, 1972. 672 с.
61. *Галиахметов Р. А., Фокин И. С., Христенко Е. В.* Трудовая деятельность: Информационно-энергетическая концепция. М.: Экономика, 1996. 208 с.
62. *Галимов Э. М.* Принцип развития в основаниях научной картины природы. Саратов: Изд-во СГУ, 1981. 246 с.
63. *Галимов Э. М.* Феномен жизни: Между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции. М.: URSS, 2001. 254 с.
64. *Гельфер Я. М.* История и методология термодинамики и статистической физики. М.: Высш. школа. Т. 1. 1969. 476 с.; Т. 2. 1973. 280 с.
65. *Гельхар Ф.* К истории эволюционной идеи в физике // Концепция самоорганизации в исторической ретроспективе. М.: Наука, 1994. С. 146–153.
66. *Генкин И. Л.* Энтропия и эволюция Вселенной // Динамика Галактики и внегалактических систем. 1976. С. 43–47 (Тр. АФИАН КазССР. 1976. Т. 28).
67. *Генкин И. Л.* Энтропия и эволюция Вселенной // *Астрономия, методология, мировоззрение*. М.: Наука, 1979. С. 180–186.
68. *Генкин И. Л.* Будущее Вселенной // *Вселенная и мы (Альманах)*. 1994. № 2. С. 5–13.
69. *Генкин И. Л.* Термодинамика Вселенной // *Химия и жизнь*. 1995. № 8. С. 15–17.
70. *Генкин И. Л., Седов Е. А.* Об особенностях развития космических систем // Тр. АФИАН АН Каз. ССР. 1988. Т. 49. С. 52–64.
71. *Генкин И. Л., Цицин Ф. А.* Развитие космических систем и термодинамика // *Вселенная, астрономия, философия*. М.: Изд-во МГУ, 1988. С. 156–157.
72. *Георгиевский А. Б.* О взаимодействии движущих сил химической и биологической эволюции материи // *Диалектика в науках о природе и человеке: Эволюция материи и ее структурные уровни*. М.: Наука, 1983. С. 283–287.
73. *Герасимов А.* Академик Кирилл Кондратьев: глобальное потепление климата — это миф. В научном мире в вопросах климата сформировалась мощная мафия // *Известия науки*. 19.07.2002. <<http://www.inauka.ru/false/article32643.html>>.

74. Гиндилис Л. М. SETI: Поиск внеземного разума. М.: Изд-во физ.-мат. лит-ры, 2004. 648 с.
75. Гинзбург В. Л. Замечания о методологии и развитии физики и астрофизики // Вопросы философии. 1980. № 12. С. 24–46.
76. Гладышев Г. П. Термодинамическая теория эволюции живых существ. М.: Луч, 1996. 86 с.
77. Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. М.: Мир, 1973. 280 с.; 2-е изд. М.: URSS, 2003.
78. Глинер Э. Б. Раздувающаяся вселенная и вакуумоподобное состояние физической среды // УФН. 2002. Т. 172. С. 222–228.
79. Глобальное потепление обходится в \$350 млрд // ЭСКО. Электронный журн. энергосервисной компании «Экологические системы». 2006. № 11. <<http://escosys.narod.ru/journal/journal59.htm>>.
80. Голдин А. Океаны энергии: Источники энергии будущего. М.: Знание, 1983. 144 с.
81. Голицын Б. Б. Исследования по математической физике // Ученые записки Московского ун-та. 1893. № 10, 1 / Голицын Б. Б. Избр. тр. Т. I. Физика. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 71–214.
82. Голубев В. С. Эволюция: От геохимических систем до ноосферы. М.: Наука, 1992. 106 с.
83. Горшков В. Г. Энергетика биосферы и устойчивость состояния окружающей среды // Итоги науки и техники. Сер. Теоретические и общие вопросы географии. М.: ВИНТИ, 1990. 238 с.
84. Грант В. М. Эволюционный процесс: Критический обзор эволюционной теории. М.: Мир, 1991. 488 с.
85. Гришин А. Не нефтью единой. Мир ищет альтернативу нашим энергоресурсам // Московский комсомолец. 30. 08. 2006. <<http://www.mk.ru/blogs/idmk/2006/08/30/mk-daily/81771/>>.
86. Грэй Р. В глобальном потеплении виноват космические лучи // Inopressa. 14.02.2007. <<http://inopressa.ru/telegraph/2007/02/12/15:54:36/kosmos>>.
87. Губин В. Б. О физике, математике и методологии. М.: ПАИМС, 2003. 321 с.
88. Гурвич А. Г., Гурвич Л. Д. Митогенетическое излучение. Л.: Ин-т эксперим. медицины, 1934. 355 с.
89. Гухман А. А. Об основаниях термодинамики. М.: Энергоатомиздат, 1986. 384 с.
90. Дайсон Ф. Биотехнологии, климат, дарвинизм и нанофабрики // Что нового в науке и технике. 2005. Январь–февраль. С. 114–140.

91. *Даль В.* Толковый словарь живого великорусского языка. Т. 4. Спб.; М.: Вольф, 1882. 683 с.
92. *Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С., Рейф И. Е.* Перед главным вызовом цивилизации: Взгляд из России. М.: Инфра-М, 2005. 224 с.
93. *Девис П.* Суперсила: Поиски единой теории природы. М.: Мир, 1989. 272 с.
94. *Декарт Р.* Космогония. Два трактата. М.; Л.: ГТТИ, 1934. 326 с.
95. *Деменева В. С.* Отопление без топлива. Тепловые насосы // ЭСКО. Электронный журн. энергосервисной компании «Экологические системы». 2007. № 1. <http://esco-ecosys.narod.ru/2007_1/art58.htm>.
96. *Денбиг К.* Термодинамика стационарных необратимых процессов. М.: ИЛ, 1954. 120 с.
97. *Денбиг К.* К вопросу об энтропии, беспорядке и дезорганизации // Знание сила. 1995. № 9. С. 43–51.
98. *Добронравова И. С., Ситько С. П.* Физика живого как феномен постнеклассической науки // Самоорганизация и наука: Опыт философского осмысления. М.: ИФАН, 1994. С. 98–126.
99. *Дольник В. Р.* Энергетический обмен и эволюция животных // Усп. соврем. биологии. 1968. Т. 66, № 5. С. 276–293.
100. *Дольник В. Р.* Энергетический метаболизм и размеры животных: физические основы соответствия между ними // Журн. общ. биологии. 1978. Т. 39, № 6. С. 805–815.
101. *Дрюк М. А.* Синергетика: позитивное знание и философский импрессионизм // Вопросы философии. 2004. № 10. С. 102–113.
102. *Дунаевский С. Н.* Возможность полного преобразования тепловой энергии в механическую // Актуальные проблемы соврем. науки. 2004а. № 2 (17). С. 211–219.
103. *Дунаевский С. Н.* Термодинамический цикл, реализация которого обеспечит преобразование в механическую работу всего тепла, получаемого рабочим телом тепловой машины от ее нагревателя // Естеств. и техн. науки. 2004б. № 5 (14). С. 54–73.
104. *Егоров М.* Неисчерпаемый источник энергии // Идеи и решения. 2000. № 9.
105. *Елисеев Э. Н.* Структура развития сложных систем. Л.: Наука, 1983. 264 с.
106. *Емельянов В. М.* Стандартная модель и ее расширения. М.: Физматлит, 2007. 584 с.
107. *Еремин Е. Н.* Основы химической термодинамики. М.: Высш. школа, 1978. 391 с.
108. *Еськов К. Ю.* История Земли и жизни на ней. М.: МИРОС–МАИК «Наука/Интерпериодика», 2000. 352 с.

109. *Завадский К. М.* Проблема прогресса живой природы // Вопросы философии. 1967. № 9. С. 124–136.
110. *Завадский К. М.* Вид и видообразование. Л.: Наука, 1968. 404 с.
111. *Заев Н. Е.* Концентраторы энергии окружающей среды — кэссоры // Русская Мысль. № 2. М.: Обществ. польза, 1992. С. 7–28.
112. *Заев Н. Е., Жуков С. М.* // Электронная техника. Сер. Радиодетали. 1987. Вып. 4 (69). С. 19–22.
113. *Заев Н. Е., Спиридонов Ю. С.* Емкость — конвертор тепла среды в электро-энергию // Электротехника. 1998. № 12. С. 53–55. Заличев Н. Н.
114. *Зарафянц М. Т.* Что такое энтропия. Харьков: Гостехиздат Украины, 1935. 84 с.
115. *Зарипов Р. Г.* Информация различия и переходы беспорядок-порядок. Казань: Изд-во КГТУ, 1999. 155 с.
116. *Зарич Э.* Энергетические ресурсы мира // Курьер ЮНЕСКО. 1981. Август. С. 17–31.
117. *Зельдович Я. Б.* Теория вакуума, быть может, решает проблему космологии // УФН. 1981. Т. 133, № 3.
118. *Зельдович Я. Б.* Возможно ли образование Вселенной «из ничего»? // Природа. 1988. № 4. С. 16–24.
119. *Зельдович Я. Б., Новиков И. Д.* Релятивистская астрофизика. М.: Наука, 1967. 654 с.
120. Земле осталось 10 лет // Взгляд. 17.09.2006. <<http://vz.ru/society/2006/9/17/48970.html>>.
121. *Земцов А. Н.* Энергосбережение в строительстве и стоимость теплового минимума // Окна и двери. 2003а. № 5. С. 24–26.
122. *Земцов А. Н.* Тепловой прожиточный минимум // Строительство и бизнес. 2003б. № 8 (36). С. 16.
123. *Зотин А. А., Лампрехт И., Зотин А. И.* Прогрессивная эволюция животных, возникновение цивилизации, техническая эволюция человечества // Теория эволюции: Наука или идеология? Тр. XXV Люблинских чтений. Вып. 7. «Ценологические исследования». М.; Абакан: МОИП, Центр систем. исслед., 1998. С. 243–244.
124. *Зотин А. И.* Термодинамический подход к проблемам развития, роста и старения. М.: Наука, 1974. 184 с.
125. *Зотин А. И.* Термодинамическая основа реакций организмов на внешние и внутренние факторы. М.: Наука, 1988. 272 с.
126. *Зотин А. И., Зотин А. А.* Направление, скорость и механизмы прогрессивной эволюции. Термодинамические и экспериментальные основы. М.: Наука, 1999. 320.

127. *Зубарев Д. Н.* Неравновесная статистическая термодинамика. М.: Наука, 1971. 415 с.
128. *Иванов В.* Энергию начали добывать из льда // Правда.Ру. 08.07.2006. <<http://www.pravda.ru/science/planet/environment/190143-methan-0>> .
129. *Ивлев В. С.* Опыт оценки эволюционного значения уровней энергетического обмена // Журн. общ. биологии. 1959. Т. 20, № 2. С. 94–103.
130. *Иорданский Н. Н.* Эволюционный прогресс // Совр. проблемы эволюционной морфологии. М.: Наука, 1988. С. 47–64.
131. *Кальвин М.* Химическая эволюция. Молекулярная эволюция, ведущая к возникновению живых систем на Земле и на других планетах. М.: Мир, 1971. 240 с.
132. *Камшилов М. М.* Факторы эволюции биосферы Земли // Вопросы философии. 1979. № 3. С. 128–137.
133. *Кант И.* Всеобщая естественная история и теория неба // Соч.: В 6 т. М.: Мысль, 1963. Т. 1. С. 115–262.
134. *Каторгина Е.* Новый манхэттенский проект // Эксперт. 2002. № 39. <<http://www.expert.ru/printissues/expert/2002/39/39ex-nauka/print>> .
135. *Катыс М.* Альтернативная энергетика может спасти мир — считают экологи // Радио «Свобода». 21.06.2004. <<http://www.svoboda.org/programs/eco/2004/eco.062104.asp>> .
136. *Квасников И. А.* Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем: Термодинамика. М.: Изд-во МГУ, 1991. 800 с.
137. *Кейлоу П.* Принципы эволюции. М.: Мир, 1986. 128 с.
138. *Кикоин А. К., Кикоин И. К.* Молекулярная физика. М.: Наука, 1976. 480 с.
139. *Ким Сен Гук, Мамбетерзина Г. К.* Формула сохранения // GAZETA.KZ. 08.12.2006. <<http://www.gazeta.kz/art.asp?aid=84358>> .
140. *Кириллин В. А., Сычев В. В., Шейндлин А. Е.* Техническая термодинамика. М.: Наука, 1979. 512 с.
141. *Кликс Ф.* Пробуждающееся мышление. История развития человеческого интеллекта. Киев: Вища школа, 1985. 295 с.
142. *Климонтович Ю. Л.* Уменьшение энтропии в процессе самоорганизации. S-теорема (на примере перехода через порог генерации) // Письма в ЖЭТФ. 1983. Т. 9. С. 1412–1416.
143. *Климонтович Ю. Л.* Динамический и статистический хаос. Критерии степени упорядоченности в процессах самоорганизации // Самоорганизация и наука: Опыт философского осмысления. М.: ИФАН, 1994. С. 98–126.

144. *Климонтович Ю. Л.* Статистическая теория открытых систем. М.: Янус-К. Т. 1. 1995. 624 с.; Т. 2. 1999. 440 с.; Т. 3. 2001. 508 с.
145. *Климонтович Ю. Л.* Физика открытых систем — научное направление XXI века // НТР. Наука и технология в России. 1998. № 7 (30). С. 2–4.
146. *Князева Е. Н.* В эволюционных лабиринтах знания: синергетическое видение научного прогресса // Самоорганизация и наука: Опыт философского осмысления. М.: ИФАН, 1994. С. 66–77.
147. *Князева Е. Н.* Нелинейность времени в эволюции сложных систем // Пространство и время: Физическое, психологическое, мифологическое. М.: Культурный центр «Новый Акрополь», 2004. С. 56–67.
148. *Князева Е. Н., Курдюмов С. П.* Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. М.: Наука, 1994. 236 с.
149. *Ковалев И. Ф.* Второй закон термодинамики в индивидуальной и общей эволюции живых систем // Вопросы философии. 1964. № 5. С. 113–119.
150. *Кожурина Е.* Кто сломал «климатический насос». Причина аномальной погоды не в промышленных выбросах, а в уничтожении лесов // Московские новости. 19.01.2007. <<http://www.mn.ru/print.php?2007-1-33>>.
151. *Колчинский Э. И.* Эволюция биосферы. Историко-критические очерки исследований в СССР. Л.: Наука, 1990. 236 с.
152. *Комаров В. Л.* Смысл эволюции // Тр. 1 Всерос. Съезда рус. ботаников. Пг., 1921. № 5. С. 45.
153. *Константинов А. В.* Основы эволюционной теории. Минск: Высшая школа, 1979. 383 с.
154. *Копылов И. П.* Электромеханика всемирного потока // Независимая газета. 15.12.1999.
155. *Коротаев А. В.* Факторы социальной эволюции. М.: Ин-т востоковедения РАН, 1997. 48 с.
156. *Коротаев А. В.* Тенденции социальной эволюции // Социально-исторический прогресс: Мифы и реалии (Материалы дискуссии). М.: Папирус Про, 1999. С. 27–48.
157. *Косинов Н. В., Гарбарук В. И.* Энергетический феномен вакуума // SciTeclLibrary.ru. 18.03.2003. <<http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/2646.html>>.
158. *Косинов Н. В., Гарбарук В. И., Поляков Д. В.* Энергетический феномен вакуума-2 // SciTeclLibrary.ru. 18.03.2003. <<http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/4804.html>>.
159. Космические лучи могут быть ответственны за глобальное потепление... // SciTeclLibrary.ru. 06.08.2002. <<http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/3433.html>>.

160. *Красилов В. А.* Нерешенные проблемы теории эволюции. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. 140 с.
161. *Краснов А. А.* Термодинамика соединений включения. I. Монотермическая тепловая машина // Журн. физич. химии. 1978а. Т. 52. С. 2137. (Статья полностью депонирована в ВИНТИ за № 626–78 деп. от 20 февраля 1978 г.)
162. *Краснов А. А.* Термодинамика соединений включения. II. К вопросу о влиянии природы рабочего тела на КПД цикла Карно // Журн. физич. химии. 1978б. Т. 52. С. 2138. (Статья полностью депонирована в ВИНТИ за № 627-78 г. 14 с.).
163. *Краснов А. А.* Термодинамика гидратов природного газа. Влияние природы рабочего тела на КПД цикла Карно // Разработка газовых месторождений Крайнего Севера. М.: ВНИИГАЗ, 1978в. С. 149–156.
164. *Краснов А. А.* Применение кристаллогидратов природного газа в качестве рабочего тела термодинамического цикла // Проблемы добычи газа (на примере разработки Оренбургского газоконденсатного месторождения). М.: ВНИИГАЗ, 1979. С. 207–208.
165. *Кричевский И. Р.* Понятия и основы термодинамики. М.: Госхимиздат, 1962. 443 с.
166. *Крылов И. Н.* На заре жизни: Органический мир докембрия. М.: Наука, 1972. 105 с.
167. *Кудинов В. А., Карташов Э. М.* Техническая термодинамика. М.: Высш. школа, 2000. 261 с.
168. *Кудрин Б. И.* Отбор: энергетический, естественный, информационный, документальный. Общность и специфика // Техноценоз как наличное бытие и наука о технической реальности. Абакан: Центр систем. исслед., 1998. С. 32–97.
169. *Кудрявцев И. К.* Химические нестабильности. М.: Изд-во МГУ, 1987. 252 с.
170. *Кудрявцев П. С.* История физики. М.: Учпедгиз. Т. 1. 1948. 536 с.; Т. 2. 1956. 487 с.; Т. 3. 1971. 422 с.
171. *Кудрявцева Д.* Ученые бьют тревогу: климат меняется — необходимо принять меры // Vsesmi.ru. 09.04.2007. <<http://www.vsesmi.ru/news/659207/>>.
172. *Кульпин Э. С.* Социоестественная история: Предмет, метод, концепция. М.: Изд-во Российского открытого ун-та, 1992. 48 с.
173. *Кун Т.* Структура научных революций. М.: Прогресс, 1977. 300 с.
174. *Куни Ф. М.* Статистическая физика и термодинамика. М.: Наука, 1981. 352 с.
175. *Кутырев В. А.* Универсальный эволюционизм или коэволюция? // Природа. 1988. № 8. С. 4–10.

176. *Лавенда Б.* Статистическая физика. Вероятностный подход. М.: Мир, 1999. 432 с.
177. *Лазарев М. Ф., Кочерова В. С.* Явление циркуляционного движения жидкости, индуцированное пористой керамикой // Технология и применение огнеупорных бетонов и огнеупорные изделия для электропечей. Тезисы докладов. Свердловск: Восточный научн.-исслед. и проектный ин-т огнеупорной промышленности, 1979. С. 31–33.
178. *Лазарев П. П.* Проблемы биофизики. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1945. 152 с.
179. *Лакатос И.* История науки и ее реконструкция // Структура и развитие науки. М.: Прогресс, 1978. С. 203–269.
180. *Ландау Л. Д.* Курс лекций по общей физике. Ч. 1. М.: Изд-во МГУ, 1949. 276 с.
181. *Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.* Статистическая физика. М.: Наука, 1964. 567 с.
182. *Лаплас П. С.* Изложение системы мира. Л.: Наука, 1982. 376 с.
183. *Левич А. П.* Энтропийная параметризация времени в общей теории систем // Вестн. Российского гуманитарного научн. фонда, 2002. № 1. С. 110–115.
184. *Левич А. П.* Почему выполняются экстремальные принципы для времени и энтропии // Пространство и время: Физическое, психологическое, мифологическое. II Международная конференция. Москва, 30–31 мая 2003 (тезисы докладов). М.: Культурный центр «Новый Акрополь», 2003. С. 29–30.
185. *Левич А. П.* Почему выполняются экстремальные принципы для времени и энтропии // Пространство и время: Физическое, психологическое, мифологическое. Сб. тр. II Международной конференции. Москва, 30–31 мая 2003. М.: Культурный центр «Новый Акрополь», 2004. С. 87–94.
186. *Левич В. Г.* Курс теоретической физики. Т. 1: Теория электромагнитного поля. Теория относительности. Статистическая физика. М.: Физматгиз, 1962. 695 с.
187. *Лефевр В. А.* Космический субъект. М.: Ин-т психологии РАН, Ин-квартио, 1996. 184 с.
188. *Лима-де-Фариа А.* Эволюция без отбора: Автоэволюция формы и функции. М.: Мир, 1991. 455 с.
189. *Линде А. Д.* Раздувающаяся Вселенная // УФН. 1984. Т. 144, № 2. С. 177–214.
190. *Льюис Г. Н.* Анатомия науки. М.; Л.: Госиздат, 1929. VIII + 144 с.
191. *Мак-Фарленд Д.* Поведение животных: Психобиология, этология и эволюция. М.: Мир, 1988. 519 с.
192. *Маракушев А. А.* Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности. М.: Наука, 1999. 253 с.
193. *Мартин Н., Ингленд Дж.* Математическая теория энтропии. М.: Мир, 1988. 350 с.

194. *Мартынов А. В., Бродянский В. М.* Что такое вихревая труба? М.: Энергия, 1976. 152 с.
195. *Матвеев М. Н.* Второе начало термодинамики и проблема предбиологической эволюции // Вестн. МГУ. Философия. 1973. № 4. С. 36–46.
196. Математический энциклопедический словарь. М.: СЭ, 1988. 847 с.
197. *Мах Э.* Механика. Историко-критический очерк ее развития. СПб.: Обществ. польза, 1909а. 448 с.
198. *Мезенцева Л. В.* Энтропия, эволюция, прогресс. М.: НОУ Луч, 1997. 79 с.
199. *Мелешко В. П.* Потепление климата: причины и последствия // Химия и жизнь. 2007. № 4. / Элементы. 29.04.2007. <<http://elementy.ru/lib/430455?context=286336&discuss=430455&return=1>>.
200. *Миклин А. М.* Критерии прогрессивной эволюции // Развитие эволюционной теории в СССР (1917–1970-е годы). Л.: Наука, 1983. С. 358–364.
201. *Моисеев Н. Н.* Универсальный эволюционизм // Вопросы философии. 1991. № 3. С. 3–28.
202. *Моисеев Н. Н.* Быть или не быть человечеству? М.: ГУП ИПК «Ульяновский Дом печати», 1999. 288 с.
203. *Мозелов А. П.* Философские проблемы теории естественного отбора. Л.: Наука, 1983. 198 с.
204. *Молчанов А. М.* Термодинамика и эволюция // Колебательные процессы в биологических и химических процессах. Т. 1. Пушино-на-Оке: Наука, 1967. С. 292–308.
205. *Мюнстер А.* Химическая термодинамика. М.: Мир, 1971. 296 с.
206. *Назаретян А. П.* Интеллект во Вселенной: Истоки, становление, перспективы. Очерки междисциплинарной теории прогресса. М.: Недра, 1991. 222 с.
207. *Назаретян А. П.* Агрессия, мораль и кризисы в развитии мировой культуры. Синергетика социального прогресса. М.: Объединение «Книжник», 1995. 163 с.
208. *Назаретян А. П.* Векторы исторической эволюции // Обществ. науки и современность. 1999а. № 2. С. 112–126.
209. *Назаретян А. П.* Синергетика, когнитивная психология и гипотеза техногуманитарного баланса // Социально-исторический прогресс: Мифы и реалии (Материалы дискуссии). М.: Папирус Про, 1999б. С. 72–87.
210. *Назаретян А. П.* Цивилизационные кризисы в контексте универсальной истории. Синергетика — психология — прогнозирование. М.: Мир, 2004. 367 с.
211. *Назаров В. И.* Учение о макроэволюции. На путях к новому синтезу. М.: Наука, 1991. 287 с.

212. Назаров В. И. Эволюция не по Дарвину: Смена эволюционной модели. М.: КомКнига/URSS, 2005. 520 с.
213. Наземные солнечные фотоэлектрические установки с концентраторами излучения // <<http://www.technoexp.ru/index.php?page=41>>. 2006.
214. Наше общее будущее. М.: Прогресс, 1988. 374 с.
215. Немцев З. Ф., Черняховский В. В., Быков Б. И. Само- или самоорганизация? // Химия и жизнь. 1997. № 11. С. 30–31.
216. Николаев Б. Второе рождение угля // Независимая газета. 09.08.2006. <http://www.ng.ru/energy/2006-08-09/14_coal.html>.
217. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. Введение. М.: Мир, 1990. 342 с.; 3-е изд. М.: Издательство ЛКИ/URSS, 2008.
218. Новиков И. Д. Черные дыры и Вселенная. М.: Мол. гвардия, 1985. 190 с.
219. Новиков И. Д. Инфляционная модель ранней Вселенной // Вестн. РАН. 2001. Т. 71, № 10. С. 886–914.
220. Новиков И. И. Термодинамика. М.: Машиностроение, 1984. 592 с.
221. Новый энциклопедический словарь. М.: БРЭ, Рипол Классик, 2000. 1455 с.
222. Ноздрев В. Ф. Курс термодинамики. М.: Просвещение, 1967. 247 с.
223. Ньютон И. Оптика, или трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света. М.: Гостехиздат, 1954. 368 с.
224. Овчаренко Н. Вихревые теплогенераторы // Новая энергетика. 2004. № 2. <<http://www.trinitas.ru/rus/doc/0023/001a/00230025.htm>>.
225. Одум Г., Одум Э. Энергетический базис человека и природы. М.: Прогресс, 1978. 379 с.
226. Одум Ю. Экология. Т. 2. М.: Мир, 1986. 376 с.
227. Озернюк Н. Д. Механизмы адаптаций. М.: Наука, 1992. 272 с.
228. Окатов М. Термостатика. СПб.: Императорская Академия наук, 1871. VIII + 176 с.
229. Окунь Л. Б. Слабое взаимодействие элементарных частиц. М.: Физматгиз, 1963. 248 с.
230. Опарин А. И. Происхождение жизни. М.: Московский рабочий, 1924 / М.: Воениздат, 1959. 127 с.
231. Опарин А. И. Возникновение и начальное развитие жизни на Земле. М.: Медицина, 1966. 203 с.
232. Опарин А. И., Гладилин К. А. Эволюция самосборки пробрионтов // Сборка предбиологических и биологических структур. М.: Наука, 1982. С. 5–20.
233. Опарин Е. Г. Физические основы бестопливной энергетики. Ограниченность второго начала термодинамики. М.: URSS, 2004. 136 с.

234. Орлов И. Верхней границы нет // Техника молодежи. 2000. № 9.
235. О современном статусе идеи глобального эволюционизма. М.: ИФАН, 1986. 175 с.
236. Оствальд В. Натурфилософия. Лекции, читанные в Лейпцигском университете. М.: Изд-во книжного склада Д. П. Ефимова, 1901. 316 + IV с.
237. Оствальд В. Основы физической химии. СПб.: Естествоиспытатель, 1911. VIII + 805 с.
238. Оствальд В. Энергетический императив. СПб.: Екатеринбургское Печатное Дело, 1913. 160 с.
239. Оствальд В. Энергетика общих законов прогресса // Новые идеи в социологии. Сб. № 3. Что такое прогресс? СПб.: Образование, 1914. С. 20, 21.
240. Ощепков П. К. Жизнь и мечта. Записки инженера-изобретателя, конструктора, ученого. М.: Московский рабочий, 1984. 320 с.
241. Панов А. Д. Опыт междисциплинарного мышления // Обществ. науки и современность. 2005. № 1. С. 123–138.
242. Пантин В. И., Лапкин В. В. Эволюционное усложнение политических систем: проблемы методологии и исследования // Политические исслед. 2002. № 2. С. 6–19.
243. Панченков А. Н. Энтропия. Н. Новгород: Изд-во общества «Интелсервис», 1999. 592 с.
244. Парк буйков обеспечит энергией 240 городов // ЭСКО. Электронный журн. энергосервисной компании «Экологические системы». 2006. № 8. <<http://esco-ecosys.narod.ru/journal/journal56.htm>>.
245. Певзнер Л. А., Шумейкин С. А. Геотермальные источники энергетических ресурсов, проблемы и перспективы их освоения // ЭСКО. Электронный журн. энергосервисной компании «Экологические системы». 2007. № 3. <<http://esco-ecosys.narod.ru/journal/journal63.htm>>.
246. Пенроуз Р. Новый ум короля. О компьютерах, мышлении и законах физики. М.: URSS, 2003. 384 с.
247. Петров Ю. П. Энтропия и неупорядоченность // Природа. 1970. № 2. С. 71–74.
248. Пирогов Н. Н. Основания термодинамики. СПб.: Физ.-хим. общество при Императорском С.-Петербургском ун-те, 1888. 48 с.
249. Планк М. Термодинамика. М.: Госиздат, 1925а. 311 с.
250. Планк М. Единство физической картины мира // Планк М. Физические очерки. М.: Госиздат, 1925б. С. 5–33.
251. Планк М. Об основании второго закона термодинамики // Ваальс И. Д., Констамм Ф. Курс термостатики. Ч. 1. Общая термостатика. М.: ОНТИ, 1936. С. 438–452.

252. Планк М. О принципе возрастания энтропии // Планк М. Избр. тр. М.: Наука, 1975. С. 9–101.
253. Подолинский С. А. Труд человека и его отношение к распределению энергии. М.: Ноосфера, 1991. 83 с.
254. Полежаев Ю. В. Россия во мгле? Перспективы развития нашей энергетики в первой четверти XXI века // ЭСКО. Электронный журн. энергосервисной компании «Экологические системы». 2003. № 7. <http://www.esco-ecosys.narod.ru/2003_7/art07.htm>.
255. Подторак О. М. Термодинамика в физической химии. М.: Высш. школа, 1991. 319 с.
256. Понятовский С. А. Как заставить работать тепловую энергию океана? // Энергетика и промышленность России. 25.12.2004. <<http://www.eprussia.ru/tech/articles/12.htm>>.
257. Попель О. С., Туманов В. Л. Возобновляемые источники энергии: состояние и перспективы развития // Альтернативная энергетика и экология. 2007. № 2. С. 135–148. <http://isjaee.hydrogen.ru/pdf/02_07_Popel.pdf>.
258. Поплавский Р. П. Термодинамика информационных процессов. М.: Наука, 1981. 255 с.
259. Попов В. П. Инварианты нелинейного мира. 2006. <<http://holism.narod.ru/Invariants/0.htm>>.
260. Поршнев Б. Ф. О начале человеческой истории (проблемы палеопсихологии). М.: Мысль, 1974. 487 с.
261. Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. М.: ИЛ., 1960. 127 с.
262. Пригожин И. От существующего к возникающему. М.: Наука, 1985. 328 с.; 3-е изд. М.: КомКнига/URSS, 2006.
263. Пригожин И. Конец определенности. Время, хаос и новые законы природы. Ижевск: Ижевская респуб. тип., 1999. 216 с.
264. Пригожин И., Дефэй Р. Химическая термодинамика. Новосибирск: Наука, 1966. 509 с.
265. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986. 432 с.; 6-е изд. М.: Издательство ЛКИ/URSS, 2008. 296 с.
266. Прогноз мировой энергетики 2004. Краткий обзор и выводы. Русский перевод // Международное энергетическое агентство. 2004. [www/iea.org](http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2004/russian_sum_04.pdf). <http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2004/russian_sum_04.pdf>.
267. Прогноз мировой энергетики 2006. Краткий обзор и выводы. Русский перевод // Международное энергетическое агентство. 2006. [www/iea.org](http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2006/russian_sum_06.pdf). <http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2006/russian_sum_06.pdf>.

268. *Путилов К. А.* Лекции по термодинамике. Второе начало. Вып. 2. Лекции 4–6. М.: Всесоюзное хим. общество им. Д. И. Менделеева, 1939. 66 с.
269. *Путилов К. А.* Курс физики. Т. I. М.: Физматгиз, 1962. 560 с.
270. *Равен Х.* Оогенез. Накопление морфологической информации. М.: Мир, 1964. 306 с.
271. *Радушикевич Л. В.* Курс термодинамики. М.: Просвещение, 1971. 288 с.
272. *Ребане К. К.* Энергия, энтропия, среда обитания. Таллин: Валгус, 1984. 160 с.
273. *Резанов И. А.* Физические и химические условия возникновения жизни // Международный конгресс-2000 «Фундаментальные проблемы естествознания и техники». Т. I, № 1. СПб., 2000. С. 197–201.
274. *Резанов И. А.* Условия возникновения жизни в Солнечной системе // Вестн. РАН. 2001. Т. 71, № 4. С. 356–363.
275. *Резанов И. А.* Жизнь и космические катастрофы. М.: Агар, 2003. 240 с.
276. *Рейф Ф.* Статистическая физика. М.: Наука, 1986. 336 с.
277. *Ровинский Р. Е.* Самоорганизация как фактор направленного развития // Вопросы философии. 2002. № 5. С. 67–77.
278. *Родин С. Н.* Идея коэволюции. Новосибирск: Наука, 1991. 271 с.
279. *Рамановский Ю. М., Степанова Н. В., Чернавский Д. С.* Математическая биофизика. М.: Наука, 1984. 304 с.
280. *Руденко А. П.* Теория саморазвития открытых каталитических систем. М.: Изд-во МГУ, 1969. 276 с.
281. *Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш.* Термодинамика, статистическая физика и кинетика. М.: Наука, 1972. 400 с.
282. *Савельев И. В.* Курс общей физики. Т. I. Механика. Молекулярная физика. М.: Наука, 1986. 432 с.
283. *Савин А., Чеченов Х., Кузнецов В., Назаров А.* «Зеленая» ядерная технология. Тяжелоядерная релятивистская энергетика может в перспективе решить энергетические проблемы человечества // Независимая газета. 12.12.2006. <http://www.ng.ru/energy/2006-12-12/12_greentech.html>.
284. *Салака Х.* Тепловой насос помогает сэкономить // ЭСКО. Электронный журн. энергосервисной компании «Экологические системы». 2006. № 2. <<http://esco-ecosys.narod.ru/journal/journal50.htm>>:
285. Самоорганизация в природе и обществе. Философско-методологические очерки. СПб.: Наука, 1994. 129 с.
286. *Северцов А. Н.* Главные направления эволюционного процесса. Морфобиологическая теория эволюции. М.: Думнов, 1925. 84 с. / М.; Л.: Биомедгиз, 1934. 150 с. / М.; Л.: Изд-во МГУ, 1967. 202 с.

287. *Седов А. Е.* Концепции Любищева и некоторые современные проблемы систематики и эволюции // Любишевские чтения. Ульяновск: Ульяновский гос. пед. ун-т, 1999. С. 98–102.
288. *Седов Е. А.* Эволюция и информация. М.: Наука, 1976. 232 с.
289. *Седов Е. А.* Вселенная как самоорганизующаяся кибернетическая система // ЖВХО. 1980. Т. 25, № 4. С. 440–443.
290. *Седов Е. А.* Одна формула на весь мир. Книга об энтропии. М.: Знание, 1982. 175 с.
291. *Седов Е. А.* Информационные критерии упорядоченности и сложности организации // Системная концепция информационных процессов. Вып. 3. М.: ВНИИ систем. исслед., 1988. 82 с.
292. *Седов Е. А.* Информационно-энтропийные свойства социальных систем // Обществ. науки и современность. 1993. № 5. С. 92–100.
293. *Седов Л. И.* Механика сплошной среды. М.: Наука, 1994. Т. 2. 560 с.
294. *Селезнев А.* Вторая водородная бомба // ЭСКО. Электронный журн. энергосервисной компании «Экологические системы». 2006. № 6. <<http://esco-ecosys.papod.ru/journal/journal54.htm>>.
295. *Серов М. К.* Разнообразие и сложность (Информация и энтропия в системных исследованиях). 1972. 217 с.
296. *Сивухин Д. В.* Общий курс физики. Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика. М.: Наука, 1979. 551 с.
297. *Сидоров М. А.* Спасительный круговорот энсргии // Земля и Вселенная. 2000. № 5. С. 84–90.
298. *Сидоров М. А.* О механизме генерации электротока живой клеткой. Теоретическое обоснование и практическое использование. М.: Компания Спутник*, 2002. 28 с.
299. *Силк Дж.* Большой взрыв. Рождение и эволюция Вселенной. М.: Мир, 1982. 391 с.
300. *Скорняков Г. В.* Новый принцип преобразования тепла в работу // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15, № 22. С. 12–14.
301. *Скорняков Г. В.* Преобразование тепла в работу с помощью термически неоднородных систем // Письма в ЖТФ. 1995а. Т. 21, № 23. С. 1–4.
302. *Скорняков Г. В.* Самоорганизация и преобразование тепла в работу // ЖТФ. 1995б. Т. 65, № 1. С. 35–45.
303. *Скорняков Г. В.* О неинтегрируемых термодинамических системах // ЖТФ. 1996. Т. 66, № 1. С. 3–14.
304. *Соболь Э.* Наш агрегат в потоке воздуха // Независимая газета. 17.11.1999.

305. Соколов Е. Я., Бродянский В. М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. М.: Энергоиздат, 1981. 320 с.
306. Солнечные тепловые электростанции // 2007. <<http://www.1kz.biz/battery/artiklsste.htm>>.
307. Солнечный зонт остановит глобальное потепление // CNews.ru. 11.07.06. <<http://www.cnews.ru/news/line/index.shtml?2006/07/11/205676>>.
308. Сорохтин О. Г. Эволюция и прогноз изменений глобального климата Земли. М.: ИКИ, 2006. 88 с.
309. Спасский Б. И. История физики. М.: Изд-во МГУ. Ч. 1. 1963. 330 с.; Ч. 2. 1964. 300 с.
310. Спенсер Г. Основные начала // Спенсер Г. Собр. соч. СПб.: Тиблен, 1867. Т. 5. XVI + 309 с. / Спенсер Г. Основные начала. СПб.: Пантелеев, 1897. IV + 467 с. / Пг.: Миньков (год не указан). 337 с.
311. Стишов С. М. Энтропия, беспорядок, плавление // УФН. 1988. Т. 154. С. 93–122.
312. Суворов С. Г. К 50-летию со дня смерти Мариана Смолуховского // УФН. 1967. Т. 93, № 4. С. 719–723.
313. Сухонос С. И. Россия в XXI веке. М.: Агар, 1997. 187 с.
314. Сырников Ю. П. О применимости второго закона термодинамики к живой материи // Биофизика. 1965. Т. 10. С. 1102–1103.
315. Тарнижевский Б. В. Состояние и перспективы использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии в электроэнергетике // ЭСКО. Электронный журн. энергосервисной компании «Экологические системы». 2007. № 7. <<http://esco-ecosys.narod.ru/journal/journal67.htm>>.
316. Тейяр де Шарден П. Феномен человека. М.: Наука, 1987. 240 с.
317. О возможности применения термодинамики ко Вселенной // Вселенная, астрономия, философия. М.: Изд-во МГУ, 1988. С. 141–142.
318. Техническая термодинамика. Под ред. В. И. Крутова. М.: Высш. школа, 1991. 276 с.
319. Техническая термодинамика. Под ред. А. С. Телегина. М.: Metallургия, 1992. 238 с.
320. Тоффлер А. Футурошок. СПб.: Лань, 1997. 461 с.
321. Тринчер К. С. Биология и информация. Элементы биологической термодинамики. М.: Наука, 1965. 119 с.
322. Трифонов Е. В. Психофизиология человека. Толковый русско-английский словарь. Изд. 12-е. СПб., 1997–2000. <<http://www.tryphonov.ru/tryphonov2/terms2/nernst.htm>>].

323. Уленбек Дж., Форд Дж. Лекции по статистической механике. М.: Мир, 1965. 307 с.
324. Улов Н. А. Физико-химическая модель живой материи // Улов Н. А. Собр. соч. М.: Кушнарев, 1916. Т. 3. С. 184–200.
325. Универсальная история: Междисциплинарные подходы. Сыктывкар: АГРК, СГУ, 2001. 211 с.
326. Урманцев Ю. А. Эволюционика или общая теория развития систем природы, общества и мышления. Пушино-на-Оке: НЦБИ АН СССР, 1988. 78 с.
327. Ученые обвинили человека в глобальном потеплении. Процесс уже необратим // NEWSru.com. 02.02.2007. <<http://newsru.com/world/02feb2007/warming.html>>.
328. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. 1, 2. М.: Мир, 1977а. 439 с.; 5-е изд. М.: Издательство ЛКИ/URSS, 2008.
329. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. 3, 4. М.: Мир, 1977б. 496 с.; 5-е изд. М.: Издательство ЛКИ/URSS, 2008.
330. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. 7. М.: Мир, 1977в. 288 с.; 3-е изд. М.: URSS, 2004.
331. Фен Дж. Машины, энергия и энтропия. М.: Мир, 1986. 336 с.
332. Ферми Э. Термодинамика. Харьков: Изд-во Харьковского ун-та, 1973. 136.
333. Физика. Большой энциклопедический словарь. М.: БРЭ, 1999. 944 с.
334. Фокс Р. Энергия и эволюция жизни на Земле. М.: Мир, 1992. 216 с.
335. Фокс Х. Холодный ядерный синтез. Последние достижения и перспективы развития. М.: Изд-во ВЕНТ, 1993. 270 с.
336. Франк-Каменецкий Д. А. Что такое беспорядок и какова его связь с энтропией // Природа. 1970. № 2. С. 75–78.
337. Фролов А. В. Свободная энергия // SIAC — альтернативная физика и энергетика. 16.09.2007. <http://siac.com.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=694&Itemid=44>.
338. Фукуяма Ф. Конец истории? // Вопросы философии. 1990. № 3. С. 134–155 / Философия истории. Антология. М.: Аспект Пресс, 1994. С. 290–310.
339. Хазен А. М. Происхождение и эволюция жизни и разума с точки зрения синтеза информации // Биофизика. 1992. Т. 37, № 1. С. 105–122.
340. Хазен А. М. Принцип максимума производства энтропии и движущая сила прогрессивной биологической эволюции // Там же. 1993. Т. 38, № 3. С. 531–551.
341. Хазен А. М. Законы природы и «справедливое общество». М.: URSS, 1998а. 112 с.
342. Хазен А. М. Введение меры информации в аксиоматическую базу механики. М.: РАУБ, 1998б. 168 с.

343. *Хазен А. М.* Разум природы и разум человека. М., 2000. 606 с.
344. *Хайтун С. Д.* К вопросу о понятии энтропии // Проблемы истории и методологии научного познания. М.: Наука, 1974. С. 282–294.
345. *Хайтун С. Д.* Наукометрия: Состояние и перспективы. М.: Наука, 1983. 344 с.
346. *Хайтун С. Д.* История парадокса Гиббса. М.: Наука, 1986. 168 с.; 2-е изд. М.: КомКнига/URSS, 2005.
347. *Хайтун С. Д.* Проблемы количественного анализа науки. М.: Наука, 1989. 280 с. / 2-е изд. Количественный анализ социальных явлений: Проблемы и перспективы. М.: КомКнига/URSS, 2005. 280 с.
348. *Хайтун С. Д.* Развитие естественнонаучных взглядов о соотношении закона возрастания энтропии и эволюции // Концепция самоорганизации в исторической ретроспективе. М.: Наука, 1994. С. 158–189.
349. *Хайтун С. Д.* Механика и необратимость. М.: Янус, 1996. 448 с.
350. *Хайтун С. Д.* Мои идеи. М.: Агар, 1998. 240 с.
351. *Хайтун С. Д.* Место синергетики в структуре физического знания // Исследования по истории физики и механики. 1995–1997. М.: Наука, 1999. С. 236–267.
352. *Хайтун С. Д.* Эволюция и энтропия: фундаментальная сущность эволюции // Техничко-экономическая динамика России: Техника, экономика, промышленная политика. М.: ГЕО-Планета, 2000а. С. 30–48.
353. *Хайтун С. Д.* Социальная эволюция, энтропия и рынок // Обществ. науки и современность. 2000б. № 6. С. 94–109.
354. *Хайтун С. Д.* От Дарвина до Пригожина и Черносвитова: эволюция за счет среды // Ин-т истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова. Годич. научн. конф., 2000. М.: ИИЕТ РАН, 2000в. С. 122–124.
355. *Хайтун С. Д.* Фундаментальная сущность эволюции // Вопросы философии. 2001а. № 2. С. 152–166.
356. *Хайтун С. Д.* Дихотомия система/среда в феномене эволюции // Системные исследования: Ежегодник 1999. М.: URSS, 2001б. С. 358–381.
357. *Хайтун С. Д.* О возможности системного решения проблемы тепловой смерти // Системные исследования: Ежегодник 2001. М.: URSS, 2003. С. 143–167.
358. *Хайтун С. Д.* Феномен человека на фоне универсальной эволюции. М.: КомКнига/URSS, 2005а. 533 с.
359. *Хайтун С. Д.* Человечество на фоне универсальной эволюции: сценарии энергетического будущего // Вопросы философии. 2005б. № 11. С. 90–105.
360. *Хайтун С. Д.* Социум против человека: Законы социальной эволюции. М.: КомКнига/URSS, 2006. 336 с.

361. *Хайтун С. Д.* От эргодической гипотезы к фрактальной картине мира: Рождение и осмысление новой парадигмы. М.: КомКнига/URSS, 2007а. 256 с.
362. *Хайтун С. Д.* Эволюционизм vs. дарвинизм // Независимая газета. НГ-Наука. 28.03.2007б.
363. *Харитонов А. С.* Гармония хаоса в круговороте энергии. Холистическая парадигма триединства природы, человека и общества. М.: Российское философское общество, РАН, 2004. 147 с.
364. *Хартли Р. В. Л.* Передача информации // Теория информации и ее приложения. М.: Физматгиз, 1959. С. 5–35.
365. *Хвольсон О. Д.* Курс физики. Т. 3. Учение о теплоте. Берлин: Гос. изд-во РСФСР, 1923. 752 с.
366. *Хвостиков В. П., Хвостикова О. А. и др.* Термофотоэлектрические преобразователи теплового и концентрированного солнечного излучения // Физика и техника полупроводников. 2004. Т. 38, № 8. С. 988–993. <<http://www.ioffe.rssi.ru/journals/ftp/2004/08/p988-993.pdf>>.
367. *Царев Е. П.* Влияние эндогенной энергии на возникновение и развитие биосферы // Совр. проблемы изучения и сохранения биосферы. Т. 1. Свойства биосферы и ее внешние связи. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. С. 102–111.
368. *Цветков А. В.* О Живом веществе. Екатеринбург: Изд-во УГУ, 2002. 88 с.
369. *Циолковский К. Э.* Продолжительность лучеиспускания Солнца // Научн. обозрение. 1897. № 7. С. 46–61.
370. *Циолковский К. Э.* Второе начало термодинамики. Калуга: Тип. С. А. Семёнова, 1914. 24 с.
371. *Цицин Ф. А.* К физическим основам динамики звездных систем // Тр. астрофизического ин-та АН Каз. ССР. 1969. Т. 12. С. 3–16.
372. *Цицин Ф. А.* Термодинамика, Вселенная и флуктуации // Вселенная, астрономия, философия. М.: Изд-во МГУ, 1988. С. 142–156.
373. *Чайковский Ю. В.* Элементы эволюционной диатропики. М.: Наука, 1990. 271 с.
374. *Чайковский Ю. В.* Эволюция. М.: Центр систем. исслед., ИИЕТ РАН, 2003. 472 с.
375. *Чайковский Ю. В.* Наука о развитии жизни. Опыт теории эволюции. М.: КМК, 2006. 712 с.
376. *Черникова И. В.* Глобальный эволюционизм (Философско-методологический анализ). Томск: Изд-во ТГУ, 1987. 182 с.
377. *Черникова И. В.* Всеохватывающий феномен эволюции и человечество. Томск: Изд-во ТГУ, 1994. 103 с.
378. *Чернин А. Д.* Космический вакуум // УФН. 2001. Т. 171. С. 1153–1175.

379. *Чернов Ю. И.* Проблема эволюции на биоэкологическом уровне // Развитие эволюционной теории в СССР (1917–1970-е годы). Л.: Наука, 1983. С. 464–479.
380. *Черносвитов П. Ю.* Куда движется мир? // Химия и жизнь. 1998. № 5.
381. *Чо С., Уленбек Дж.* Кинетическая теория явлений в плотных газах // *Уленбек Дж., Форд Дж.* Лекции по статистической механике. М.: Мир, 1965. С. 189–280.
382. *Шабельников В. К.* Роль самоорганизации биосферы в возникновении и развитии жизни // Совр. проблемы изучения и сохранения биосферы. Т. 1. Свойства биосферы и ее внешние связи. СПб.: Гидрометеоздат, 1992. С. 111–121.
383. *Шамбадал П.* Развитие и приложения понятия энтропии. М.: Наука, 1967. 278 с.
384. *Шаповалов В. И.* Энтропийный мир. Волгоград: Перемена, 1994. 90 с.
385. *Шаповалов В. И.* Структура и энтропия // Химия и жизнь. 1996. № 3. С. 19–22.
386. *Шварц С. С.* Принцип оптимального фенотипа (к теории стабилизирующего отбора) // Журн. общ. биологии. 1968. Т. 29, № 1. С. 12–24.
387. *Шварц С. С.* Эволюция и биосфера // Проблемы биоэкологии. М.: Наука, 1973. С. 213–228.
388. *Шварц С. С.* Экологические закономерности эволюции. М.: Наука, 1980. 278 с.
389. *Шелепин Л. А.* Вдали от равновесия. М.: Знание, 1987. 64 с.
390. *Шкловский И. С.* Вселенная, жизнь, разум. М.: Наука, 1987. 320 с.
391. *Шмальгаузен И. И.* Факторы прогрессивной (ароморфной) эволюции = снижения энтропии // Закономерности прогрессивной эволюции. Л.: ИИЕТ АН СССР, 1972. С. 5–24.
392. *Шмидт-Нильсен К.* Размеры животных: Почему они так важны? М.: Мир, 1987. 159 с.
393. *Штильрайн Э. Э., Семенов А. М.* Паразнергетика, или как не надо искать энергию // Энергия. Экономика. Техника. Экология. 1984. № 4. С. 38–47.
394. *Штеренберг М. И.* Энтропия в теории и в реальности // Вопросы философии. 2003. № 3. С. 103–113.
395. *Щеголев И. Ф.* Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики. М.: Янус, 1996. 248 с.
396. *Эйген М., Винклер Р.* Игра жизни. М.: Наука, 1979. 93 с.
397. *Эйген М., Шустер П.* Гиперцикл. Принципы самоорганизации макромолекул. М.: Мир, 1982. 270 с.
398. *Эйнштейн А.* Замечания к статьям // *Эйнштейн А.* Собр. научн. тр. Т. 4. М.: Наука, 1967. С. 295–315.
399. Энтропия информации и сущность жизни. М.: Радиоэлектроника, 1995. 192 с.

400. Эрлих П., Холм Р. Процесс эволюции. М. Мир, 1966. 330 с.
401. Югай Г. А. Общая теория жизни (Диалектика формирования). М.: Мысль, 1985. 256 с.
402. Яковлев В. Ф. О стационарных градиентах температур в газах, распределенных в потенциальных полях // Применение ультразвуки к исслед. вещества. Вып. 25. М., 1971. С. 60–69.
403. Яковлев В. Ф. Теплота и молекулярная физика. М.: Просвещение, 1976. 320 с.
404. Яковлев В. Ф. Экспериментальное обнаружение стационарных градиентов температур во вращающихся газах // Журн. русской физич. мысли (ЖРФМ). 1993. № 1–6. С. 42–45.
405. Ackerson R. J. When order is disordered // Nature. 1993. Vol. 365. P. 11–12.
406. Atkins P. W. The Second Law. Scientific American Library. New York: Freeman, 1984. 230 p.
407. Barrow J. D., Tipler F.J. Eternity is unstable // Nature. 1978. Vol. 276. P. 453–459.
408. Beier W. Biophysik. Leipzig: VEB Georg Thieme, 1962. XIV + 521 S.
409. Black S. On the thermodynamics of evolution // Perspect. Biol. Med. 1978. Vol. 21. P. 348–356.
410. Blatt J. M. An alternative approach to the ergodic problem // Progr. Theor. Phys. 1959. Vol. 22. P. 745–756.
411. Blum H. F. Time's Arrow and Evolution. Princeton (N. J.): Princeton Univ. Press, 1951. IX + 222 p.
412. Boltzmann L. Über die mechanische Bedeutung der zweiten Hauptsatzes der Wärmetheorie // Sitzber. Akad. Wiss. Wien. 1866. Bd. 53. S. 195–220 / Рус. пер.: Больцман Л. Избр. тр. М.: Наука, 1984. С. 9–29.
413. Boltzmann L. Weitere Studien über das Wärmegleichgewicht unter Gasmolekülen // Ibid. 1872. Bd. 66. S. 275–376 / Рус. пер.: Там же. С. 125–189.
414. Boltzmann L. Bemerkungen über einige Proberme der mechanischen Wärmetheorie // Ibid. 1877a. Bd. 75. S. 62–100.
415. Boltzmann L. Über die Beziehung zwischen des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie und der Wahrscheinlichkeitsrechnung, respektive den Sätzen über das Wärmegleichgewicht // Ibid. 1877b. Bd. 76. S. 373–435 / Рус. пер.: Больцман Л. Избр. тр. М.: Наука, 1984. С. 190–235.
416. Boltzmann L. Weitere Bemerkungen ber einige Problene der mechanischen Wärmetheorie // Ibid. 1879. Bd. 78. S. 7–46 / Рус. пер.: Там же. С. 241–268.
417. Boltzmann L. Der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie // Wien. Almanach. 1886. Bd. 36. S. 225–259 / Boltzmann L. Populäre Schriften. Leipzig: Barth, 1905. S. 25–50 / Рус. пер.: Больцман Л. Статьи и речи. М.: Наука, 1970. С. 3–28.

418. Boltzmann L. Vorlesungen über Gastheorie. Leipzig: Barth, 1895–1898. Bd. 1–2 / Рус пер.: Больцман Л. Лекции по теории газов. М.: Гостехтеориздат, 1956. 555 с.
419. Boltzmann L. Entgegnung auf die wärmetheoretischen Betrachtungen des Hrn. Zermelo // Ann. Phys. Folge 3. 1896. Bd. 57. S. 773–784 / Рус. пер.: Больцман Л. Избр. тр. М.: Наука, 1984. С. 444–452.
420. Boltzmann L. Zu Hrn. Zermelo's Abhandlung «Über die mechanische Erklärung irreversibler Vorgänge» // Ibid. 1897. Bd. 60. S. 392–398 / Рус. пер.: Там же. С. 458–463.
421. Bookstein F. Comment on a «nonequilibrium» approach to evolution // Syst. Zool. 1983. Vol. 32. P. 291–300.
422. Bronn H. G. Morphologische Studien über Gestaltungsgesetze der Naturkörper überhaupt und organischen indersondere. Leipzig, Heidelberg: Winter, 1858. IX + 481 S.
423. Brooks D. R. What's going on in evolution? A brief guide to some new ideas of evolutionary theory // Canad. J. Zool. 1983. Vol. 61, № 12. P. 2637–2645.
424. Brooks D. R., Wiley E. O. Evolution as Entropy. Toward a United Theory of Biology. Chicago, London: Univ. of Chicago Press, 1986. XIII + 335 p.
425. Brush S. G. Kinetic Theory. Oxford etc.: Pergamon. Vol. 1. 1965. XI + 181 p.; Vol. 2. 1966. XII + 243 p.; Vol. 3. 1972. X + 283 p.
426. Brush S. G. Foundations of statistical mechanics 1845–1915 // Arch. Hist. Exact. Sci. 1967. Vol. 4. P. 145–183.
427. Brush S. G. The Kind of Motion We Call Heat. A History of the Kinetic Theory of Gases in the 19th Century. Amsterdam etc.: North-Holland, 1976. Vol. 1. XXXIX + 299 p.; Vol. 2. XXXIX + 466 p.
428. Brush S. G. Statistical Physics and the Atomic Theory of Matter from Boyle and Newton to Landau and Onsager. Princeton (N. J.): Princeton Univ. Press, 1983. IX + 356 p.
429. Brush S. G. The History of Science: A Guide to the Second Scientific Revolution, 1800–1950. Ames (Iowa): Iowa State Univ. Press, 1988. XV + 544 p.
430. Büchel W. Entropy and information in the Universe // Nature. 1967. Vol. 213. P. 319–320.
431. Campbell B. Biological entropy pump // Ibid. 1967. Vol. 215. P. 1308.
432. Caratheodory C. Untersuchungen über die Grundlagen der Thermodynamyk // Mathematische Annalen. 1909. Bd. 67. S. 355–386 / Рус. пер.: Каратеодори К. Об основах термодинамики // Развитие соврем. физики. М.: Наука, 1964. С. 188–222.

433. *Carnot N. L. S.* Reflection sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres a developper cette puissance. P.: Bachelier, 1824 / Рус. пер.: *Карно С.* Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу // Второе начало термодинамики. М.; Л.: Гостехтеориздат, 1934. С. 15–81.
434. *Caves C. M.* Information and entropy // *Phys. Rev.* 1993. Vol. E47. P. 4010–4017.
435. *Chaisson E.* Cosmic Dawn. The Origins of Matter and Life. New York, London: Norton, 1989. XV + 302 p.
436. *Chaisson E.* Cosmic Evolution. The Rise of Complexity in Nature. Cambridge (Mass.): Harvard Univ. Press, 2001. XII + 274 p.
437. *Chaitin G. J.* Randomness and mathematical proof // *Sci. Amer.* 1975. Vol. 232, № 5. P. 47–52.
438. *Chaitin G. J.* Randomness in arithmetic // *Ibid.* 1988. Vol. 259, № 1. P. 80–85.
439. [*Chambers R.*] Vestiges of the Natural History of Creation. London, 1844. 390 p. / Рус. пер.: [*Чемберс Р.*] Естественная история мироздания. М.: Черпин, Ушаков, 1863. XIV + 366 с. (Анонимное издание).
440. *Chaos.* Princeton (N. J.): Princeton Univ. Press. 1986. VI + 324 p.
441. *Clark P.* Atomism versus thermodynamics // *Method and Appraisal in the Physical Sciences. The Critical Background to Modern Science, 1800–1905.* New York etc.: Cambridge Univ. Press, 1976. P. 41–105.
442. *Clausius R.* Über die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze welche daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen // *Ann. Phys. Folge 2.* 1850. Bd. 79. S. 368–397; 500–524 / *Clausius R.* Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie. Abt. 1. Braunschweig: Vieweg, 1864. S. 16–78.
443. *Clausius R.* Über eine veränderte form des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie // *Ibid.* 1854. Bd. 93. S. 481–506 / *Ibid.* S. 127–154.
444. *Clausius R.* Über die Anwendung des Satzes von der Äquivalenz der Verwandlungen auf die innere Arbeit // *Ibid.* 1862. Bd. 116. S. 78 / *Ibid.* S. 242–279.
445. *Clausius R.* Über verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie // *Ibid.* 1865. Bd. 125. S. 353–400 / *Ibid.* Abt. 2. 1867. S. 1–44.
446. *Clausius R.* Über die Zurückführung des zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie auf allgemeine mechanische Principen // *Pogg. Ann.* 1871. Bd. 142. S. 458.
447. *Clausius R.* Die mechanische Wärmetheorie. Bd. 1. Braunschweig: Vieweg, 1876. 388 S. / Рус. пер. гл. I–IV: Второе начало термодинамики. М.; Л.: Гостехтеориздат, 1934. С. 71–158.

448. Climate Change 2007, the Fourth Assessment Report (AR4) of the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) // 2007. <http://en.wikipedia.org/wiki/IPCC_Fourth_Assessment_Report>.
449. Cook A. E., Roberts P. H. The Rikitake two-disk dynamo system // Proc. Camb. Phil. Soc. 1970. Vol. 68. P. 547–569 / Рус. пер.: Странные аттракторы. М.: Мир, 1981. С. 164–192.
450. The Correspondence of Isaac Newton. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1961. Vol. 3. 445 p.
451. Covey P. V. The Second Law of thermodynamics: Entropy, irreversibility and dynamics // Nature. 1988. Vol. 333. P. 409–415.
452. Darwin E. The Temple of Nature; or, the Origin of Society. London, 1803 / Рус. пер.: Дарвин Э. Храм природы. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 239 с.
453. Davies P. G. W. The Runaway Universe. London: Dent, 1978. 205 p.
454. Denbigh K. G. Note of entropy. Disorder and disorganization // Brit. J. Phil. Sci. 1989. Vol. 40. P. 323.
455. Denbigh K. G., Denbigh J. S. Entropy in Relation to Incomplete Knowledge. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1985.
456. Dunning-Davis J. Caratheodory's principle and the Kelvin statement of the Second Law // Nature. 1965. Vol. 208. P. 576–577.
457. Dutta M. A hundred years of entropy // Phys. Today. 1968. Vol. 21. P. 71–79.
458. Ehrenfest P. Ein alter Trugschluss betreffs des Wärmegleichgewichtes eines Gases im Schwerfeld // Zs. f. Phys. 1923. D. 17. S. 421–444 // Рус. пер.: Эренфест П. Относительность. Кванты. Статистика. М.: Наука, 1972. С. 116–118.
459. Ehrenfest P., Ehrenfest T. Begriffliche der statistischen Auffassung in der Mechanik // Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften. Leipzig: Teubner, 1911. Bd. 4. Teil 2. H. 6. S. 32–131 / Англ. пер.: Ehrenfest P., Ehrenfest T. The Conceptual Foundations of the Statistical Approach in Mechanics. Ithaca: Cornell Univ. Press, 1959. XVI + 114 p.
460. Eigen M. Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules. Berlin: Springer, 1971a. VIII + 346 p. / Рус. пер.: Эйген М. Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул. М.: Мир, 1973. 216 с.
461. Eigen M. Molecular self-organization and the early stages of evolution // Q. Rev. Biophys. 1971b. Vol. 4. P. 149–212.
462. Einstein A. Über die von der molecular-kinetischen Theorie Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen // Ann. Phys. Folge 4. 1905. Bd. 17. S. 549–560 / Рус. пер.: Эйнштейн А. Собр. научн. тр. М.: Наука, 1966. Т. 3. С. 108–117.

463. *Einstein A.* Theoretische Atomistik // Die Physik. Die Kultur der Gegenwart. T. 3. Abt. 3. Bd. 1. Leipzig: Teubner, 1915. S. 251–263 / Рус. пер.: Там же. С. 336–351.
464. *Elsasser W. M.* The Physical Foundation of Biology. London: Pergamon, 1958. X + 219 p.
465. Entropy, Information and Evolution. Cambridge (Mass.), London: MIT Press 1988. X + 376 p.
466. Europe's '2020 vision' to lead climate change battle // New Scientist Environment and Reuters. 09.03.2007. <<http://environment.newscientist.com/article/dn11343-europes-2020-vision-to-lead-climate-change-battle.html>>.
467. *Fast J. D.* Entropy. London, Basingstoke: Macmillan, 1970. XII + 339 p.
468. *Forrester J. W.* World Dynamics. Cambridge (Mass.): Wright-Allen Press, 1971. XIII + 142 p. / Рус. пер.: *Форрестер Дж.* Мировая динамика. М.: Наука, 1978. 167 с.
469. *Franklin W. S.* Entropy and time // Phys. Rev. 1910. Vol. 30. P. 776.
470. *Frautschi S.* Entropy in an expanding Universe // Science. 1982. Vol. 217. P. 593–599.
471. *Frautschi S.* Entropy in an expanding Universe // Entropy, Information, and Evolution. Cambridge (Mass.): MIT Press, 1988. P. 11–22.
472. *Georgescu-Roegen N.* The Entropy Law and the Economic Process. Cambridge (Mass.): Harvard Univ. Press, 1971. XV + 457 p.
473. *Gibbs J. W.* On the equilibrium of heterogeneous substances // Trans. Connect. Acad. 1876. Vol. 3. P. 108–248; 1878. Vol. 3. P. 343–524. Рус. пер.: *Гиббс Дж. В.* Термодинамика. Статистическая механика. М.: Наука, 1982. С. 61–344.
474. *Gibbs J. W.* On the fundamental formula of statistical mechanics with application to astronomy and thermodynamics // Proc. Amer. Assoc. Adv. Sci. 1884. Vol. 33. P. 57–58.
475. *Gibbs J. W.* Elementary Principles in Statistical Mechanics, Developed with Especial Reference to the Rational Foundations of Thermodynamics. New York: Schribner, 1902. 159 p. / Рус. пер.: *Гиббс Дж. В.* Термодинамика. Статистическая механика. М.: Наука, 1982. С. 350–508.
476. *Giles J.* Methane quashes green credentials of hydropower // Nature. 2006. Vol. 444. 29 Nov. P. 524–525.
477. *Grant V.* Organismic Evolution. San Francisco: Freeman, 1977. XVI + 418 p. / Рус. пер.: *Грант В. М.* Эволюция организмов. М.: Мир, 1980. 407 с.
478. *Grünbaum A.* Time and entropy // Amer. Sci. 1955. Vol. 43. P. 550–572.
479. *Haitun S. D.* Problems of quantitative analysis of scientific activities: Non-additivity of data // Scientometrics. 1986. Vol. 10. P. 3–16; 133–155.

480. *Haitun S. D.* Entropy and disorder: The evolution of views concerning their connection // *Thermodynamics: History and Philosophy*. Singapore etc., 1991. P. 220–227.
481. *Haitun S. D.* The problem of indicator–latent relationship in metric models // *Sci-entometrics*. 1992. Vol. 23. P. 335–351; Vol. 24. P. 221–235.
482. *Haken H.* Synergetics: An Introduction. Nonequilibrium Phase Transitions and Self-Organization in Physics, Chemistry and Biology. Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 1977. XII + 325 p. / Рус. пер.: *Хакен Г.* Синергетика. М.: Мир, 1980. 404 с.
483. *Heinrich B.* *Bumbles Economics*. Cambridge (Mass.): Harvard Univ. Press, 1979. VIII + 245 p.
484. *Helmholtz H.* Über die Wechselwirkung der Naturkräfte. Ein populäre Wissenschaftlichen Vortrag gehalten an 7, Februar 1854 in Königsberg in Preussen // *Helmholtz H.* Populäre Wissenschaften Verträge. H. 2. Braunschweig: Vieweg, 1876. S. 101–136 / Рус. пер.: *Гельмгольц Г.* Соч. № 5. Взаимодействие сил природы. СПб.: Прилож. к журн. «Научн. обозрение», 1897. 25 с.
485. *Helmholtz H.* Die Thermodynamik chemischer Vorgänge // *Helmholtz H.* Wissenschaftliche Abhandlungen. Bd. 2. Leipzig: Barth, 1883. S. 958–978.
486. *Helmholtz H.* Studien zur Statik monozyklischer Systeme // *Sitzber. Akad. Wiss.* Berlin. Phys. Math. Kl. 1884a. S. 311–318; 755–759 / *Helmholtz H.* Wissenschaftliche Abhandlungen. Bd. 3. Leipzig: Barth. 1895. S. 119–141.
487. *Helmholtz H.* Prinzipien der Statik monozyklischer Systeme // *Borchardt — Crelle J.* reine u. angew. Math. 1884b. Bd. 97. S. 111–140; 317–336 / *Ibid.* S. 163–173.
488. *Helmholtz H.* Über die physikalische Bedeutung des Prinzips der kleinsten Wirkung // *Ibid.* 1887. Bd. 100. S. 137–166; 213–222 / Рус. пер.: Вариационные принципы механики. М.: Физматгиз, 1959. С. 430–459.
489. *Hemmingsen A. R.* Energy metabolism as related to body size and respiratory surface and its evolution // *Rep. Steno Mem. Hosp. Insulinlab.* 1960. Vol. 9, № 2. P. 7–110.
490. *Huxley J. S.* *Evolution — the Modern Synthesis*. London: Allen, Unwin, 1942. 646 p.
491. *Jantsch E.* *The Self-organizing Universe: Scientific and Human Implications of Emerging Paradigm of Evolution*. New York etc.: Pergamon, 1980. XVII + 343 p.
492. *Jauho P.* A central theorem of statistical mechanics // *Suomalaisen Tiedeakatemia Toimituksia (Ann. Acad. Sci. Fennicae)*. Ser. AI. 1954a. № 172. P. 1–11.
493. *Jauho P.* A remark on the definition of entropy in Bose-Einstein and Fermi-Dirac statistics // *Ibid.* 1954b. № 180. P. 3–6.
494. *Jeans H.* *The New Background of Science*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1953. VIII + 312 p.

495. *Johnson L.* The thermodynamic origin of ecosystems: A tale of broken symmetry // *Entropy, Information, and Evolution*. Cambridge (Mass.): MIT Press, 1988. P. 75–105.
496. *Joyce G. F.* RNA evolution and the origin of life // *Nature*. 1989. Vol. 338. P. 217–224.
497. *Kawamura S.* The process sub-culture propagation among Japanese macaques // *Primate Social Behaviour*. New York: Van Nostrand, 1963. P. 82–90.
498. *Klein M. J.* Maxwell, his demon, and the Second Law of thermodynamics // *Amer. Sci.* 1970. Vol. 58. P. 84–97.
499. *Koenig F. O.* On the history of science and the Second Law of thermodynamics // *Men and Moments in the History of Science*. Seattle: Univ. of Washington Press, 1959. P. 57–111.
500. *Köllicker A.* Über die Darwin'sche Schöpfungstheorie // *Zeitschr. wiss. Zool.* 1864. Bd. A14. S. 114–186 / Рус. пер.: Отечественные записки. 1864. № 10–11. С. 932–948.
501. *Köllicker A.* Morphologie und Entwicklungsgeschichte des Pennatulidenstammes, nebst allgemeinen Betrachtungen zur Deszendenlehre. Frankfurt: Winter, 1872. 86 S.
502. *Landauer R.* A simple measure of complexity // *Nature*. 1988. Vol. 336. P. 306–307.
503. *Landsberg P. T.* Can entropy and “order” increase together // *Phys. Lett.* 1984a. Vol. A102. P. 171–173.
504. *Landsberg P. T.* Is equilibrium always as entropy maximum // *J. Stat. Phys.* 1984b. Vol. 35. P. 159–169.
505. *Layzer D.* The arrow of time // *Sci. Amer.* 1975. Vol. 233, № 6. P. 56–69.
506. *Layzer D.* Growth of order in the Universe // *Entropy, Information, and Evolution*. Cambridge (Mass.): MIT Press, 1988. P. 23–39.
507. *Lehninger A. L.* Biochemistry. New York: Worth, 1975. 1104 p.
508. *Lele S., Ranachandra Rao P., Dubay K. S.* Entropy catastrophe and superheating of crystals // *Nature*. 1988. Vol. 336. P. 567–568.
509. *Lillie R. S.* Randomness and directiveness in the evolution and activity of organisms // *Amer. Natur.* 1948. Vol. 82. P. 5–25.
510. *Lloyd S., Pagels H.* Complexity as thermodynamic depth // *Ann. Phys.* 1988. Vol. 188. P. 188–213.
511. *Lorenz E. N.* Deterministic nonperiodical flow // *J. Atmosph. Sci.* 1963. Vol. 20. P. 130–141 / Рус. пер.: Странные аттракторы. М.: Мир, 1981. С. 88–116.
512. *Loschmidt J.* Über den Zustand des Wärmegleichgewichtes eines Systems von Körpern mit Rücksicht auf Schwerkraft // *Sitzber. Akad. Wiss. Wien*. 1876. Bd. 73. S. 128–142 / Рус. пер.: *Бальцман Л.* Избр. тр. М.: Наука, 1984. С. 426–429.

513. *Lotka A.* Elements of Physical Biology. Baltimore: Willaims, Wilkins, 1925. 460 p. / New York: Dover, 1956. 465 p.
514. *Lovell J.* Branson Offers US\$25 Mln Global Warning Prize // Planet Ark. 12.02.2007. <<http://www.planetark.com/dailynewsstory.cfm/newsid/40298/story.htm>>.
515. *Lovtrup S.* Victims of ambition: Comments on the Wiley and Brooks approach to evolution // Syst. Zool. 1983. Vol. 32. P. 90–96.
516. *Lwoff A.* Biological Order. Cambridge (Mass.): MIT Press, 1965. XII + 101 p.
517. *Mach E.* Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von Erhaltung der Arbeit. Prag: Mercy, 1872. 58 S. / Рус. пер.: *Мах Э.* Принцип сохранения работы. История и корень его. СПб.: Обществ. польза. 1909б. 68 с.
518. *Margulis L., Sagan D.* Origins of Sex: Three Billion Years of Genetic Recombination. New Haven (Conn.): Yale Univ. Press, 1986. XIII + 258 p.
519. *Maxwell J. C.* Theory of Heat. London: Longmans, 1871. XII + 312 p. / Рус. пер.: *Максвелл К.* Теория теплоты. Киев: Кушнарев, 1888. 292 с.
520. *Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., and Behrens W. W.* The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. New York: Univ. Books, 1972. 205 p. / Рус. пер.: *Медоуз Д. Х., Медоуз Д. Л., Рандерс Й., Беренс III В. Б.* Пределы роста. М.: Изд-во МГУ, 1991. 208 с.
521. *Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J.* Beyond The Limits: Confronting Global Collapse, Envisioning a Sustainable Future. Post Mills (VT): Chelsea Green, 1992. 300 p. // Рус. пер.: *Медоуз Д. Х., Медоуз Д. Л., Рендерс Й.* За пределами роста. М.: Прогресс, 1994. 304 с.
522. *Mesarovic M., Pestel E.* Mankind at the Turning Point. The Second Report to the Club of Rome. New York: Dutton, 1974. XIII + 210 p.
523. *Meyer O. E.* Die kinetische Theorie der Gase. Breslau: Maruschke, Berendt, 1877. XV + 338 S.
524. *Miller G. T. jr.* Energetics, Kinetics and Life. Belmont (Calif.): Wadsworth, 1971. P. 291.
525. *Miller G. T. jr.* Energy and Environment: The Four Energy Crises. Belmont (Calif.): Wadsworth, 1975. 122 p.
526. *Nottale L., Chaline J., Grou P.* Les arbres de l'évolution. Paris: Hachette, 2000. 379 p.
527. *Nyquist H.* Certain factors affecting telegraph speed // Bell Syst. Techn. J. 1924. Vol. 3. P. 324.
528. *Osborn H. F.* The Origin and Evolution of Life in the Theory of Action, Reaction and Interaction of Energy. London: Bell, 1918. XXXI + 322 p.
529. *Ostwald W.* Vorlesungen über Naturphilosophie. Leipzig: Veit, 1902. XIV + 457 S. / Рус. пер.: *Оствальд В.* Философия природы. СПб.: Брокгауз, Ефрон, 1903. VI + IV + 326 с.

530. *Page D. N., McKee M. R.* Eternity matters // *Nature*. 1981. Vol. 291. P. 44–45.
531. *Papentin F.* On order and complexity. I. General consideration // *J. Theor. Biol.* 1980. Vol. 87. P. 421–456.
532. *Peccei A.* The Human Quality. Oxford, New York: Pergamon Press, 1977. XII + 214 p. / Рус. пер.: *Печчеи А.* Человеческие качества. М.: Прогресс, 1985. 312 с.
533. *Pestel E.* Beyond the Limits to Growth: A Report to the Club of Rome. New York: Universe Books, 1989. 191 p. / Рус. пер.: *Пестель Э.* За пределами роста. М.: Прогресс, 1992. 272 с. <<http://rels.obninsk.com/Club/KRUG/tome3.htm>>.
534. *Poincare H.* La valeur de la science. P.: Flammarion, 1905. 278 p. / Рус. пер.: *Пуанкаре А.* О науке. М.: Наука, 1983. С. 153–282.
535. *Poincare H.* Reflection sur la theorie cinetique des gaz // *J. Phys. Theoret. Et Appl.* 4 ser. 1906. Vol. 5. P. 369–403 / Рус. пер.: *Пуанкаре А.* Избр. тр. М.: Наука, 1974. С. 385–412.
536. *Popper K. R.* Time's arrow and feeding on negentropy // *Nature*. 1967a. Vol. 213. P. 320.
537. *Popper K. R.* Structural information and the arrow of time // *Ibid.* 1967b. Vol. 214. P. 322.
538. *Popper K.* Unended Quest: An Intellectual Autobiography. Glasgow: Fontana Books of Collins, Sons and Co., 1976. 260 p.
539. *Ravilious K.* Giant ocean tubes proposed as global warming fix // *National Geographic News*. 26.09.2007. <<http://news.nationalgeographic.com/news/2007/09/070926-warming-solution.html>>.
540. Renewable Energy Scenario to 2040. Half of the global energy supply from renewables in 2040. 2004. <http://www.erec-renewables.org/fileadmin/erec_docs/Documents/Publications/EREC_Scenario_2040.pdf>.
541. *Rensch B.* Neucere Probleme der Abstammungslehre. Die transspezifische Evolution. Stuttgart: Enke, 1947. 407 S. / Stuttgart: Enke, 1954. 436 S. / Англ. пер.: *Evolution above the Species Level*. New York: Columbia Univ. Press, 1960. 419 p.
542. *Riedl R.* Order in Living Organisms: A System of Evolution. New York: Wiley, 1978. XX + 213 p.
543. *Rifkin J. with Howard T.* Entropy. A New World View. New York: Viking Press, 1980. XIII + 305 p.
544. *Roller D.* The Early Development of the Concepts of Temperature and Heat. Cambridge (Mass.): Harvard Univ. Press, 1950. IV + 106 p.
545. *Schindewolf O. H.* Erdgeschichte und Weltgeschichte // *Abhandl. Akad. Wiss. u. Lit. Math.-naturwiss. Kl. Mainz*. 1964. № 2. S. 53–104.

546. *Schrödinger E.* What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell. London: Cambridge Univ. Press, 1944. 91 S. / Рус. пер.: *Шрөдингер Э.* Что такое жизнь с точки зрения физики? М.: ИЛ, 1947. 147 с.
547. *Shannon C. E.* A mathematical theory of communication // *Bell. Syst. Techn. J.* 1948. Vol. 27. P. 379–424; Vol. 27. P. 623–657.
548. *Sheynin O. B.* On the history of the statistical method in physics // *Arch. Hist. Exact. Sci.* 1985. Vol. 33. P. 351–382.
549. *Shinbrot M.* Things fall apart. No one doubts the second law, but no one's proved it – yet // *Sciences.* 1987. May/June. P. 32–38.
550. *Simpson G. G.* The Meaning of Evolution. A Study of the History of Life and of its Significance for Man. New Haven (Conn.): Yale Univ. Press, 1949. 364 p.
551. *Smoluchowski M.* Sur le chemin moyen parcouru par les molécules d'un gaz et sur son rapport avec la théorie de la diffusion // *Bull. Intern. Acad. Sci. Cracovie.* 1906. P. 202–213 / Рус. пер.: Броуновское движение. М.: ОНТИ, 1936. С. 117–132.
552. *Smoluchowski M.* Experimentell nachweisbare, der üblichen Thermodynamik widersprechende Molekularphänomene // *Phys. Ztschr.* 1912. Bd. 13. S. 1069–1080 / Рус. пер.: Там же. С. 166–198.
553. *Smoluchowski M.* Gültigkeitsgrenzen des zweiten Hauptsatzes der Wärmetheorie // *Göttinger Vorträge über kinetische Theorie der Materie und Elektrizität.* Leipzig: Teubner, 1914. S. 89–121 / Рус. пер.: Там же. С. 199–204.
554. *Ter Haar D.* Foundations of statistical mechanics // *Rev. Mod. Phys.* 1955. Vol. 27. P. 289–338 / Рус. пер.: УФН. 1956. Т. 59. С. 619–671; Т. 60. С. 3–67.
555. *Thomson W. (Lord Kelvin).* On the dynamical theory of heat, with numerical results deduced from Mr. Joule's equivalent of a thermal unit, and M. Regnault's observations on steam // *Trans. Roy. Soc. Edinburgh.* 1851, March / *Thomson W. Mathematical and Physical Papers.* Vol. 1. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1882. P. 174–316 / Рус. пер.: Второе начало термодинамики. М.; Л.: Гостехтеориздат, 1934. С. 161–174.
556. *Thomson W. (Lord Kelvin)* // *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh.* 1852a. Febr. / Рус. пер.: О механическом действии лучистой теплоты или света // Там же. С. 175–179.
557. *Thomson W. (Lord Kelvin).* On a universal tendency in nature to the dissipation of mechanical energy // *Proc. Roy. Soc. Edinburgh.* 1852b. Vol. 3. P. 139–142 / *Thomson W. Mathematical and Physical Papers.* Vol. 1. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1882. P. 511–514 / Рус. пер.: Там же. С. 180–182.
558. *Vandel A.* La genèse du vivant. Paris: Masson, 1968. 279 p.
559. *Wehrl A.* General properties of entropy // *Rev. Mod. Phys.* 1978. Vol. 50. P. 221–260.

560. *Wicken J. S.* Information transformation in molecular evolution // *J. Theor. Biol.* 1978. Vol. 72. P. 191–204.
561. *Wicken J. S.* Thermodynamics, and Information: Extending the Darwin Program. Oxford etc.: Oxford Univ. Press, 1987. X + 243 p.
562. *Wicken J. S.* Thermodynamics, evolution, and emergence: Ingredients for a new synthesis // *Entropy, Information, and Evolution.* Cambridge (Mass.): MIT Press. 1988. P. 139–169.
563. *Wigley T. M. L.* A combined mitigation/geoengineering approach to climate stabilization // *Science.* 2006. Vol. 314, № 5798. 20 October. P. 452–454.
564. *Wiley E. O., Brooks D. R.* Victims of history — A nonequilibrium approach to evolution // *Syst. Zool.* 1982. Vol. 31. P. 1–24.
565. *Wilson J. A.* Increasing entropy of biological systems // *Nature.* 1968. Vol. 219. P. 534–535.
566. *Woolhouse H. W.* Negentropy, information and feeding of organisms // *Ibid.* 1967. Vol. 213. P. 952.
567. The World Energy Outlook 2006. Maps Out a Cleaner, Cleverer and More Competitive Energy Future // International Energetic Agency. 2006. <http://www.ica.org/textbase/press/pressdetail.asp?PRESS_REL_ID=187>.
568. *Wright P. G.* Entropy and disorder // *Contemp. Phys.* 1970. Vol. 11, № 6. P. 581–588.
569. *Yockey H. P.* A calculation of the probability of spontaneous biogenetics by information theory // *J. Theor. Biol.* 1977. Vol. 67. P. 377–398.
570. *Zermelo E.* Über einen Satz der Dynamik und die mechanische Wärmethorie // *Ann. Phys. Folge 3.* 1896a. Bd. 57. S. 485–494 / Рус. пер.: *Болыцман Л.* Избр. тр. М.: Наука, 1984. С. 437–444.
571. *Zermelo E.* Über die mechanische Erklärungen irreversibler Vorgänge // *Ibid.* 1896b. Bd. 59. S. 793–801 / Рус. пер.: Там же. С. 452–458.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Акерсон** Б. Дж. [Ackerson R. J.]
П. 3.1.10
- Алексеев** В. П. П. 3.1.7
- Алексеев** Г. Н. 1.2, гл. 5, 6.4.2, 9.1,
П. 3.1.5
- Аллен** Дж. [Allen J.] П. 3.1.7
- Амбарцумян** В. А. П. 3.1.1
- Андрюшин** И. А. 1.4.2.4
- Андрюшенко** А. И. 5.2, 5.3.1, 8.1, 8.4,
9.1–9.2
- Анри** В. [Henri V.] П. 3.1.7
- Ансельм** А. И. 5.2, 5.4, 7.2.2, 8.1
- Аристотель** 6.4.2
- Арманд** А. Д. 2.4.1
- Аршавский** И. А. 5.5.5, 6.4.3,
П. 3.1.3
- Аршинов** В. И. 2.3
- Аткинс** П. У. [Atkins P. W.] гл. 5
- Ауэрбах** Ф. [Auerbach F.] 7.2.3, П. 3.1.3,
П. 3.1.7
- Афанасьев** В. Г. П. 3.1.3
- Базаров** И. П. введ. 5.4, 7.5.2.2, 9.1
- Байер** У. [Beier W.] П. 3.1.3
- Балацкий** Е. 1.4.1
- Барроу** Дж. Д. [Barrow J. D.] П. 3.1.1
- Барский** В. Г. 1.4.2.4
- Бауэр** Э. С. [Bauer E.] 2.4.2.3, 5.5.5,
6.4.3, П. 3.1.3–4
- Башмаков** И. 1.4.1, 1.4.2.2
- Бентли** Р. [Bentley R.] П. 3.1.10
- Берг** Л. С. П. 3.1.7
- Бергсон** А. [Bergson H.] П. 3.1.3
- Бердяев** Н. А. П. 3.1.1
- Бернштейн** Н. А. П. 3.1.7
- Берч** Ф. 1.4.2.4
- Бессо** М. [Besso M.] П. 3.1.2
- Бир** С. [Beer St.] П. 3.1.8, П. 3.2.7
- Блат** Дж. М. [Blatt J. M.] 7.2.2
- Блум** Г. Ф. [Blum H. F.]
- Блэк** С. [Black S.] П. 3.1.7
- Блюменфельд** Л. А. П. 3.1.7
- Богданов** А. А. 2.4.2.2
- Боголюбов** Н. Н. 3.5.3, 7.2.2
- Больцман** Л. [Boltzmann L.] 3.5.3, 5.2,
5.5.1–2, 5.5.4, 5.5.6, 5.6, 7.2.1–2,
7.5.2.1–2, 8.5, П. 3.1.1–2, П. 3.1.4,
П. 3.2.5
- Бонди** Ф. [Bondi H.] 7.5.2.2

- Борн М. [Born M.] 3.5.3
 Братья Райт, Райт У. [Wright W.]
 и Райт О. [Wright O.] 3.5.3, 10.2
 Браш С. [Brush S. G.] гл. 5, П. 3.1.2
 Бриан Дж. Г. [Bryan G. H.] 7.2.2
 Бриллюэн Л. [Brillouin L.] 5.5.4
 Брода Э. [Broda E.] 2.4.2.3, П. 3.1.3
 Бродянский В. М. 5.3.1, 8.4–5
 Бронн Г. [Bronn H. G.] 2.3
 Брукс Д. Р. [Brooks D. R.] П. 3.1.8
 Брундтланд Г. Х. [Brundtland G. X.] 2.2
 Брэнсон Р. [Branson R.] 1.4.2.1
 Брюн Б. 2.4.2.1, 5.3.1
 Будыко М. И. 2.4.3.2
 Букштайн Ф. [Bookstein F.] П. 3.1.8
 Булюбаш Б. В. 1.4.2.3
 Бэрбери С. Г. [Burbury S. H.] 7.2.2
 Бюхель У. [Büchel W.] 5.5.5
- В**андель А. [Vandel A.] 2.3
 Ван-Хов Л. [Van Hove L.] 3.5.3
 Василькова В. В. П. 3.2.7
 Велихов Е. П. 1.4.1, 1.4.2.3
 Велькин В. 1.4.2.4
 Вернадский В. И. 2.3, 2.4.2.3, 2.4.2.5,
 2.4.4.1–2, П. 3.1.3
 Вигнер Е. [Wigner E.] П. 3.1.3
 Винер Н. [Wiener N.] П. 3.1.3
 Винклер Р. [Winkler R.] П. 3.1.6
 Виноградов А. П. 2.4.2.3, 8.6
 Вишьковецкий Я. А. П. 3.1.8
 Володько Ю. И. 6.2, 7.5.3, 10.2
 Волькенштейн М. В. П. 3.1.3–7
 Второва О. 1.4.3
 Вукалович М. П. 5.2, 9.1
 Вулхауз Г. У. [Woolhouse H. W.]
 П. 3.1.6
- Г**алиахметов Р. А. 2.4.2.2
 Галилей 6.4.2
 Галимов Э. М. П. 3.1.3, П. 3.1.5–7,
 П. 3.1.9–10
 Гарбарук В. И. 1.4.2.3
 Гельмгольц Г. [Helmholtz H.] 3.5.3,
 5.3.1, 5.4, 7.2.1–2, П. 3.1.3
 Гельфер Я. М. гл. 5
 Гельхар Ф. [Gehlhar F.] 7.2.3
 Генкин И. Л. 7.5.2.2, П. 3.1.10
 Георгеску-Роеген Н.
 [Georgescu-Roegen N.] П. 3.1.8
 Георгиевский А. Б. П. 3.1.6
 Герасимов А. 1.4.3
 Гесиод П. 3.2.1
 Гиббс Дж. В. [Gibbs J. W.] введ., 5.5.1–2,
 7.2.2, П. 3.1.2, П. 3.2.5
 Гилес Дж. [Giles J.] 1.4.2.1
 Гиндилис Л. М. 1.2–3, 1.4.2.3, 2.1,
 гл. 4
 Гинзбург В. Л. П. 3.1.1
 Гладилин К. А. П. 3.1.7
 Гладышев Г. П. П. 3.1.4
 Гленсдорф П. [Glansdorf P.] П. 2.3,
 П. 3.1.3, П. 3.1.5, П. 3.2.1
 Глинер Э. Б. 3.5.3
 Голд Т. [Gold Th.] 7.5.2.2
 Голдин А. [Goldin A.] 1.4.2.4, 5.3.1,
 10.2
 Голицын Б. Б. 7.5.3
 Голубев В. С. 2.3
 Гор А. [Gore A.] 1.4.2.1
 Горшков В. Г. 1.2–3, 1.4.2.4, 2.1
 Грамматик 6.4.2
 Грант В. М. [Grant V.] 2.4.2.3, П. 3.1.6
 Гришин А. 1.4.2.2

Грэй Р. [Gray R.] 1.4.3
 Грюнбаум А. [Grünbaum A.] П. 3.1.1
 Губин В. Б. П. 3.1.2
 Гурвич А. Г. 6.4.5
 Гурвич Л. Д. 6.4.5
 Гусев А. 1.4.1
 Гуссерль Э. [Husserl E.] 2.4.3.1
 Гухман А. А. 5.2, 5.3.1

Дайсон Ф. [Dyson F.] 1.4.2.1
 Далвиц-Вегиер П. В. [Dallwitz-
 Wegner P. V.] — 7.5.2.1
 Даль В. П. 3.2.4
 Данилов-Данильян В. И. 1.4.3, 2.1–2
 Даннинг-Дэвис Дж. [Dunning-Davis J.]
 8.1
 Дарвин Ч. [Darwin Ch.] 3.5.3
 Дарвин Э. [Darwin E.] 2.3
 Дэвис П. [Davies P.] 6.4.5, П. 3.1.1
 Декарт Р. [Descartes R.] П. 3.1.10
 Деменева В. С. 1.4.2.4
 Демокрит П. 3.2.1
 Денбиг Дж. [Denbigh J. S.] 7.2.1, П. 3.2,
 П. 3.2.7
 Денбиг К. [Denbigh K. G.] 7.2.1, П. 2.2,
 П. 3.2, П. 3.2.7
 Дефэй Р. [Defay R.] П. 2.3
 Джинс Дж. [Jeans H.] П. 3.1.3
 Джойс Дж. [Joyce G. F.] П. 3.1.6
 Джонсон Л. [Johnson L.] П. 3.1.7
 Джоуль Дж. [Joule J.] 3.5.3, 6.2
 Добронравова И. С. П. 3.1.3
 Дольник В. Р. 2.4.2.3
 Дрюк М. А. П. 3.1.1, П. 3.1.3
 Дунаевский С. Н. 7.6, 8.6, 10.2
 Дутта М. [Dutta M.] гл. 5
 Дюгем П. [Duhem P.] 7.2.2

Егоров М. 10.2
 Елисеев Э. Н. П. 3.1.6
 Еремин Е. Н. 3.3–4, 8.1
 Еськов К. Ю. 2.4.2.3, 2.4.3.1, 2.4.4.1

Жуков С. М. 7.5.3

Завадский К. М. 2.4.2.3
 Засв Н. Е. 7.5.3, 10.2
 Заличев Н. Н. 5.5.4, П. 3.1.8
 Зарафянц М. Т. 5.3.1, 8.3
 Зарипов Р. Г. 5.5.4
 Зарич Э. 1.4.2.4
 Зельдович Я. Б. 1.4.2.3, 3.5.3, П. 3.1.8
 Земцов А. Н. 1.2
 Зотин А. А. 1.2–3, 2.4.1, 2.4.2.3–5,
 2.4.3.2, гл. 4, 5.5.3, П. 3.1.7
 Зотин А. И. 1.2–3, 2.4.1, 2.4.2.3–5,
 2.4.3.2, гл. 4, 5.5.3, П. 3.1.3, П. 3.1.7
 Зубарев Д. Н. 7.2.2

Иванов В. 1.4.2.3
 Ивлев В. С. 2.4.2.3
 Иорданский Н. Н. 2.4.2.3, 2.4.3.1

Йоксей Г. П. [Yockey H. P.] П. 3.1.3

Кавамура К. [Kawamura K.] 2.5
 Кавеней П. В. [Coveney P. V.] гл. 5, 7.2.2
 Кавес К. М. [Caves C. M.] П. 3.1.10
 Казютинский В. В. П. 3.1.1
 Калатухов Н. И. 2.4.2.3
 Калверуэлл Э. П. [Culverwell E. P.] 7.2.2
 Кальвин М. [Calvin M.] П. 3.1.6

- Камшилов М. М. 2.4.2.5, 2.4.4.1
 Кант И. [Kant I.] П. 3.1.10
 Каратеодори К. [Caratheodory. C.] гл. 5
 Карно С. [Carnot S.] 3.3–4, 3.5.3, 5.1, 5.3.1, 5.4, 7.2.2, 8.1, 8.6, закл.
 Каргашов Э. М. 6.4.2, 7.2.1, 8.4
 Катыс М. 1.4.2.4
 Квасников И. А. 5.2, 5.3.1, 7.5.2.2, 8.1
 Кейлоу П. [Calow P.] 2.4.2.3
 Кемпбелл Б. [Campbell B.] П. 3.1.6
 Кёлликер А. [Köllicker A.] 2.3
 Кёниг Ф. О. [Koenig F. O.] гл. 5
 Кикоин А. К. 5.4
 Кикоин И. К. 5.4
 Ким Сен Гук 1.4.3
 Кириллин В. А. 3.4, 5.2, 5.3.1, 5.6, 8.1, 9.1
 Киркгоф Г. [Kirkhoff G.] 7.2.2
 Клайн М. Дж. [Klein M. J.] гл. 5
 Клевейрон Б. П. Э. [Clapeyron B. P. E.] 8.6
 Кларк П. [Clark P.] гл. 5
 Клаузиус Р. [Clausius R.] 3.3, 5.1–2, 5.4, 5.5.3, 5.4, 5.6, 6.6, 7.2.1–2, 7.5.2.1–2, 8.2, закл.
 Кликс Ф. [Klix F.] 2.4.2.5
 Климонтович Ю. Л.
 Князева Е. Н. 2.4.3.1, 3.5.3
 Ковалев И. Ф. П. 3.1.3
 Кокурина Е. 1.4.2.1
 Колчинский Э. И. 2.4.2.3, 2.4.2.5, 2.4.4.1–2
 Комаров В. Л. П. 3.1.7
 Константинов А. В. 2.4.2.5, 2.4.4.2
 Копылов И. П. 1.4.3
 Корогаев А. В. 2.4.2.5, 2.4.4.2
 Косинов Н. В. 1.4.2.3
 Кочерова В. С. 7.5.3
 Красилов В. А. 2.4.2.3, 2.4.3.1
 Краснов А. А. 8.6
 Кричевский И. Р. 3.3, 5.4, 5.5.6, 7.5.2.2, 8.6, 9.1
 Крылов И. Н. 2.4.4.2
 Кубо Р. [Kubo R.] 3.5.3
 Кудинов В. А. 6.4.2, 7.2.1, 8.4
 Кудрин Б. И. П. 3.1.6
 Кудрявцев И. К. П. 3.1.5
 Кудрявцев П. С. гл. 5
 Кудрявцева Д. 1.1
 Кульпин Э. С. 2.1
 Куи Т. [Kuhn T.] 3.5.3
 Куни Ф. М. 9.1
 Курдюмов С. П. 3.5.3
 Кутырев В. А. 2.3

Лавелл Дж. [Lovell J.] 1.4.2.1
 Лавенда Б. [Lavenda B. H.] 5.5.2
 Лавтруп С. [Lovtrup S.] П. 3.1.8
 Лазарев М. Ф. 7.5.2.2, 7.5.3, 10.2
 Лазарев П. П. 5.5.5, П. 3.1.3
 Лакатос И. [Lakatos I.] 3.5.3
 Ландау Л. Д. 5.3.1, 5.5.2, 5.7, 6.1–2, 7.4.1, 7.5.2, 7.5.2.1–2, 9.1, П. 3.1.2, П. 3.2.5
 Ландауэр Р. [Landauer R.] 7.2.1, П. 3.1.8
 Ландсберг П. Т. [Landsberg P. T.] П. 3.1.8, П. 3.2.5
 Лапкин В. В. 2.4.2.5
 Лаплас П. [Laplace P.] П. 3.1.10
 Левич А. П. 7.5.2.1, П. 3.1.1, П. 3.1.8
 Леле С. [Lele S.] П. 3.2.6
 Лсинджер А. Л. [Lehninger A. L.] П. 3.1.7
 Лефевр В. А. 7.5.2.2

- Лилли Р. С. [Lillie R. S.] П. 3.1.3
 Лима-де-Фариа А. [Lima-de-Faria A.]
 2.3, П. 3.1.3
 Линде А. Д. 7.5.3
 Лифшиц Е. М. 5.5.2, 5.7, 6.1–2, 6.5,
 7.4.1, 7.5.2.1–2, П. 3.1.2, П. 3.2.5
 Ллойд С. [Lloyd S.] 7.2.1
 Лоренц Э. [Lorenz E.] П. 3.1.5
 Лотка А. [Lotka A.] П. 3.1.1
 Лошмидт Й. [Loschmidt J.] 7.2.2, 7.5.2.1
 Львов А. [Lwoff A.] 7.2.1
 Льюис Г. Н. [Lewis G. N.] П. 3.1.2–3
 Лэйзер Д. [Layzer D.] П. 3.1.8
- М**айер Ю. Р. [Mayer J. R.] 3.5.3
 Максвелл Дж. К. [Maxwell J. C.] 3.5.3,
 7.2.1, 7.5.2.1
 Мак-Фарленд Д. [McFarland D. J.]
 2.4.4.2, 2.5
 Мальтус Т. [Malthus Th. R.] 2.2
 Мамбетерзина Г. К. 1.4.3
 Маракушев А. А. 7.5.3
 Маргулис Л. [Margulis L.] П. 3.1.4
 Мартынов А. В. 8.5
 Матвеев М. Н. П. 3.1.10
 Мах Э. [Mach E.] 2.4.2.2
 Медоуз Д. Л. [Meadows D. L.] 2.2
 Медоуз Д. Х. [Meadows D. H.] 2.2
 Мезенцева Л. В. гл. 5, П. 3.1.8
 Мейер О. [Meyer O. E.] 5.5.2, П. 3.2.5
 Мелешко В. П. 1.1, 1.4.2.1, 1.4.3
 Месарович М. [Mesarovic M.] 2.2
 Миклин А. М. 2.4.1
 Миллер Г. Т. мл. [Miller G. T. jr.] 2.1,
 П. 3.1.7
 Митчелл Дж. [Mitchell J.] П. 3.1.10
 Мозелов А. П. П. 3.1.6
- Моисеев Н. Н. 2.1, 2.3
 Молчанов А. М. П. 3.1.6
 Мюнстер А. [Münster A.] 1.4.2.4, 5.2,
 9.1
- Н**азаретян А. П. 2.1, 2.3, 2.4.1, 2.5, 3.1,
 П. 3.1.3, П. 3.1.8
 Назаров В. И. 2.4.2.3, 2.4.3.1, 3.5.3
 Найквист Г. [Nyquist H.] 5.5.4
 Натансон Л. [Natanson L.] 3.3
 Нейман Дж. фон [Neumann J. von]
 5.5.1, П. 3.1.8
 Нельсон М. [Nelson M.] П. 3.1.7
 Немцев З. Ф. П. 3.1.7
 Николаев Б. 1.4.2.3
 Новиков В. Г. П. 3.2.6
 Новиков И. Д. 3.5.3, 7.5.3, П. 3.1.8
 Новиков И. И. 5.2, 8.4, 9.1
 Ноздрев В. Ф. 3.4, 5.2, 5.3.1, 6.4,
 7.5.2.2, 9.1
 Нотейл Л. [Nottale L.] 2.3
 Ньюком С. [Newcomb S.] 3.5.3
 Ньютон И. [Newton I.] П. 3.1.10
- О**дум Г. [Odum H.] 2.1
 Одум Ю. (Одум Э.) [Odum Eugene] 2.1,
 2.4.2.3
 Озернюк Н. Д. 2.4.2.3
 Окатов М. 5.4
 Окунь Л. Б. 6.4.5
 Онсагер Л. [Onsager L.] 3.5.3, П. 2.2
 Опарин А. И. П. 3.1.6–7
 Опарин Е. Г. 3.3, 5.1, 5.3.1, 7.5.2.1–2,
 7.5.3, 7.6, 8.1, 8.6, 9.1
 Орлов И. 7.5.3, 10.2
 Осборн Г. Ф. [Osborn H. F.] 2.4.2.2,
 П. 3.1.7

Оствальд В. [Ostwald W.] 2.4.2.2, 3.4,
3.5.2, 5.2, 5.3.1, 6.4, 9.1, 10.2

Острецов И. 1.4.2.3

Ошепков П. К. 3.3

Пагелс Г. [Pagels H.] 7.2.1

Панов А. Д. 2.3, 2.4.2.3

Пантин В. И. 2.4.2.5

Панченков А. Н. П. 3.1.8

Папентин Ф. [Parentin F.] П. 3.1.8

Певзнер Л. А. 1.4.2.4

Пенроуз О. [Penrose O.] 7.5.2.2,
П. 3.1.4, П. 3.1.10

Пестель Э. [Pestel E.] 2.2

Петров Ю. П. 7.2.1, П. 3.2, П. 3.2.7

Печчеи А. [Peccei A.] 2.2

Пирогов Н. Н. 5.2, 5.3.1

Планк М. [Planck M.] введ., 3.4, 5.2,
5.3.1, 5.4, 5.5.2, 5.5.6, 5.7, 6.1–2,
7.2.2, 7.5.2.2, 8.1, 8.3, 9.1

Подолинский С. А. П. 3.1.3

Полежаев Ю. В. 1.4.1

Полторак О. М. введ., 9.1

Понятовский С. А. 1.4.2.4, 3.3

Попель О. С. 1.2, 1.4.2.3–4, 3.3

Поплавский Р. П. 5.5.4

Попов В. П. П. 3.2.7

Поппер К. [Popper K.] 3.5.3, П. 3.1.1–2

Поршнев Б. Ф. 2.4.2.3

Пригожин И. [Prigogine I.] 2.4.2.2,
3.5.3, 5.5.2, 5.6, 7.2.2, 7.5.3, П. 2.2–3,
П. 3.1.2–6, П. 3.1.9–10, П. 3.2.1,
П. 3.2.6

Пуанкаре А. [Poincaré H.] 7.2.2

Путилов К. А. 3.4, гл. 5, 5.1–2, 5.3.1,
5.4, 5.7, 7.5.2.1–2, 8.1, 8.4, 9.1

Пфаундлер Л. [Pfaundler L.] 5.3.1

Равен Х. [Raven C. P.] П. 3.2.1

Равилаус К. [Ravilius K.] 1.4.2.1

Радушкевич Л. В. 3.4, 5.2, 5.3.1, 5.7,
6.2, 7.5.2.2

Райт П. [Wright P. G.] П. 3.1.8, П. 3.2.7

Ранк (Ранке) Ж. [Ranque G.] 7.5.3

Ребане К. К. гл. 5

Резанов И. А. 2.4.2.1, 3.3

Рейф Ф. [Reif F.] 5.5.6, 6.6, 7.5.2.2, 8.2, 8.6

Ренш Б. [Rensch B.] 2.4.3.1

Ридл Р. [Riedl R.] 7.2.1

Рифкин Дж. [Rifkin J.] 2.1, П. 3.1.7,
7.5.2.2

Ровинский Р. Е. 1.4.2.3

Родин С. Н. 2.4.2.3

Роллер Д. [Roller D.] гл. 5

Романовский Ю. М. П. 3.1.8

Рубнер М. [Rubner M.] 2.4.2.3

Руденко А. П. П. 3.1.6

Румер Ю. Б. 5.2, 5.3.1

Рывкин М. Ш. 5.2, 5.3.1

Рюэль Д. [Ruelle D.] П. 3.1.5

Савельев И. В. 3.4, 5.2, 5.3.1, 5.7, 9.1

Савин А. 1.4.2.3

Саган Д. [Sagan D.] П. 3.1.4

Салака Х. 1.4.2.4

Северцов А. Н. 2.4.2.3, 2.4.3.1

Седов А. Е. П. 3.1.6

Седов Е. А. П. 3.1.8, П. 3.1.10

Седов Л. И. 6.2

Селезнев А. 1.4.2.3

Семенов А. М. 7.5.3, 9.1

Сивухин Д. В. введ., гл. 5, 5.1–2,
7.5.2.1–2, 8.1, 9.1

Сидоров М. А. 3.3

- Силк Дж. [Silk J.] П. 3.1.1
 Симпсон Дж. [Simpson G. G.] 2.4.3.1
 Синай Я. Г. 3.5.3
 Ситько С. П. П. 3.1.3
 Скорняков Г. В. 7.5.3, 7.6, 8.5–6, 9.1, 10.2
 Смолуховский М. [Smoluchowski M.]
 3.5.3, 7.2.1–2, П. 3.1.2
 Соболь Э. 10.2
 Соколов Е. Я. 5.3.1, 8.4–5
 Сорохтин О. Г. 1.4.3
 Спасский Б. И. гл. 5
 Спенсер Г. [Spencer H.] 2.3, П. 3.1.6
 Спиридонов Ю. С. 7.5.3
 Стенгерс И. [Stengers I.] 2.4.2.2, 3.5.3,
 5.5.2, 7.5.3, П. 3.1.2, П. 3.1.5,
 П. 3.1.10
 Стишов С. М. П. 3.1.8
 Страт Дж. (Рэлей) [Strutt J. (Rayleigh)]
 7.2.2
 Суворов С. Г. П. 3.1.10
 Сухонос С. И. 2.5
 Сырников Ю. П. П. 3.1.3
- Т**
 Такенс Ф. [Takens F.] П. 3.1.5
 Тарнижевский Б. В. 1.4.2.4
 Тейяр де Шарден П. [Teilhard de Char-
 din P.] 2.4.3.1, П. 3.1.3
 Терлецкий Я. П. П. 3.1.2
 Тер Хаар Д. [Ter Haar D.] гл. 5
 Типлер Ф. Дж. [Tipler F. J.] П. 3.1.1
 Томсон В. [Thomson W.] 3.4, 5.2, 5.3.1–2,
 5.5.3, 5.7, 6.4.2, 6.4.4, 7.2.1–2,
 7.5.2.1, 7.5.5, 8.1, 8.6, 9.1, закл.
 Тоффлер О. [Toffler A.] 3.5.3, 10.2
 Тринчер К. С. П. 3.1.3, П. 3.1.7
 Трифонов Е. В. 6.2
 Туманов В. Л. 1.2, 1.4.2.3–4, 3.3
- У**
 Уиглей Т. М. Л. [Wigley T. M. L.]
 1.4.2.1
 Уикен Дж. [Wicken J. S.] П. 3.1.8, П. 3.2.5
 Уилей Е. О. [Wiley E. O.] П. 3.1.8
 Уилсон Дж. А. [Wilson J. A.] П. 3.1.6,
 П. 3.1.8
 Улеибек Дж. [Uhlenbeck G. E.] 7.2.2
 Умов Н. А. П. 3.1.3
 Урманцев Ю. А. П. 3.1.6
- Ф**
 Фейнман Р. [Feynman R. P.] 5.2, 5.3.1,
 6.2, 6.4.2, 7.5.2.1, П. 3.1.1
 Фен Дж. [Fenn J. B.] 5.3.1, 5.4, 8.1
 Ферми Э. [Fermi E.] 3.4, 5.2, 5.3.1, 5.7,
 6.2, 7.5.3, 8.3, 9.1, П. 3.1.8
 Фернсайд Ф. [Fearnside Ph.] 1.4.2.1
 Фокс Р. [Fox R.] П. 3.1.7
 Фокс Х. [Fox H. L.] 1.4.2.3
 Форд Дж. [Ford J.] 7.2.2
 Форрестер Дж. [Forrester J. W.] 2.2
 Франк-Каменецкий Д. А. 7.5.2.2, П. 3.2.7
 Франклин У. С. [Franklin W. S.] П. 3.1.1
 Фраучи С. [Frautschi S.] П. 3.1.8
 Фролов А. В. 1.4.2.3
 Фукуяма Ф. [Fukuyama F.] 2.1
- Х**
 Хазен А. М. П. 3.1.8
 Хакен Г. [Haken H.] 7.2.2
 Хаксли Дж. [Huxley J. S.] 2.4.2.3, 2.4.3.1
 Харитонов А. С. П. 3.1.8
 Хартли Р. В. Л. [Hartley R. V. L.] 5.5.4
 Хвольсон О. Д. 3.4, 5.2, 5.3.1, 5.6, 9.1
 Хейнрих Б. [Heinrich B.] 2.4.3.1
 Хемингсен А. Р. [Hemmingsen A. R.]
 2.4.2.3
 Хойл Г. [Hoyle F.] 7.5.2.2

- Холм Р. [Holm R. W.] 2.4.3.2
Хопф Э. [Hopf E.] 3.5.3
- Ц**
Царев Е. П. 2.4.2.3, 2.4.2.5, 2.4.4.2
Цветков А. В. П. 3.1.7
Цермело Э. [Zermelo E.] 7.2.2, П. 3.1.2
Циолковский К. Э. 3.3, 7.5.2.1–2, 5.2, 5.3.1
Цицин Ф. А. 5.5.6, П. 3.1.8, П. 3.1.10
- Ч**
Чайковский Ю. В. 2.4.3.2, 3.5.3
Чайтин Г. Дж. [Chaitin G. J.] П. 3.1.8
Чейсон Э. [Chaisson E.] 2.1, 2.3
Чемберс Р. [Chambers R.] 2.3
Чернавский Д. С. 5.5.4, П. 3.1.8
Черникова И. В. 2.3, П. 3.1.6
Чернов Ю. И. 2.4.4.1
Черносвитов П. Ю. П. 3.1.8
Чо С. [Choh S. T.] 7.2.2
- Ш**
Шабельников В. К. 2.4.4.2
Шамбадаль П. [Chambadal P.] 5.3.1, 5.4, 8.3, 8.5, П. 3.1.3, П. 3.1.7
Шаповалов В. И. П. 3.1.3, П. 3.1.5
Шварц С. С. 2.4.2.3, 2.4.3.2
Шейнин О. Б. Sheynin O. B. гл. 5
Шелепин Л. А. П. 3.1.5
Шеннон К. [Shannon C. E.] 5.5.4
Шинброт М. [Shinbrot M.] П. 3.1.3
Шиндевольф О. [Schindewolf O. H.] 2.3
Шкловский И. С. 1.3
- Шмальгаузен И. И. 2.4.2.3, П. 3.1.7
Шмидт-Ниельсен К. [Schmidt-Nielsen K.] 2.4.2.3
Шпильрайн Э. Э. 7.5.3, 9.1
Шрёдингер Э. [Schrödinger E.] П. 3.1.4, П. 3.2.8
Штеренберг М. И. гл. 5, П. 3.1.8, П. 3.1.0, П. 3.2.7
Шубников А. В. П. 3.1.6
Шумейкин С. А. 1.4.2.4
Шустер П. [Schuster P.] П. 3.1.6
- Щ**
Щеголев И. Ф. 3.4, 6.2, 7.5.3, 8.4
- Э**
Эйген М. [Eigen M.] П. 3.1.6
Эйнштейн А. [Einstein A.] 3.5.3, 5.5.2, 6.4.5, 7.2.2, 8.5, П. 3.1.2
Эльзассер У. М. [Elsasser W. M.] 5.5.5, П. 3.1.3
Энгельс Ф. [Engels F.] 6.4.2
Эренфест Р. [Ehrenfest P.] 7.2.2, 7.5.2.1
Эренфест Т. А. [Ehrenfest T.] 5.1, 7.2.2
Эрлих П. [Erlich P. R.] 2.4.3.2
- Ю**
Югай Г. А. 2.4.3.2, П. 3.1.7
Юнг Т. [Young Th.] 6.4.2
- Я**
Яковлев В. Ф. 5.2, 7.5.2.1
Янч Э. [Jantsch E.] 2.3, 2.4.3.1, П. 3.1.4, П. 3.1.7
Яухо П. [Jauho P.] 5.5.6

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ *

- Автопоэтические системы** 2.4.3.1,
П. 3.1.4
- Адиабатические процессы/системы**
гл. 5, 6.1–2, 8.3–6, П. 3.1.8, П. 3.2.7
- Бернулли уравнение** — 6.2, 7.5.3, 10.2
- Биоцентризм** — 2.1, 2.5
- Брюссельская школа термодинамики** — 5.6, П. 3.1.5, П. 3.1.9
- Бюраканская концепция** — П. 3.1.1,
П. 3.2.1
- Вакуум физический** — 1.4.2.3, 3.4,
3.5.3, 10.1
- Вектор эволюции** — пред., ввел., 1.4,
гл. 2, 2.4, 2.4.1–2, 2.4.2.3–4, 2.4.3.1,
2.4.4, 2.5, 3.2, гл. 4, 6.4.1, 6.4.6,
7.5.2.2, 7.5.5, гл. 10, П. 3.1.3–4,
П. 3.1.8
- Ветровые энергоустановки** — 1.4.2.4,
1.4.4, 3.2–3, 10.1, 7.5.3, 10.2
- Ветряк Орлова и др.** — 10.2
- Вечные двигатели 1-го рода** — 3.4,
3.5.2–3, 9.1–2
- — 2-го рода — пред., ввел., 1.4.4,
гл. 3, 3.3–5, 3.5.1–4, гл. 4, гл. 5,
5.1, 5.3.1, 5.7, 6.1, 7.5.1, 7.5.3–4,
7.6, 8.1, гл. 9, 9.1–2, гл. 10, 10.1–2,
закл.
- — — разные определе-
ния/формулировки запрета в
литературе 9.1–2
- Водородная энергетика** — 1.4.2.3, 1.4.4
- Возобновляемые источники энергии**
(недостатки) — 1.4.2.4, 1.4.4, 10.1
- Время vs. энтропия** — П. 3.1.1
- как фундаментальная сущ-
ность — П. 3.1.1
- Второго начала термодинамики ком-
поненты** — гл. 5, 5.1–3, 5.3.1–2, 5.4,
5.6, 6.3, 7.5.2.1, 7.5.5, 7.6, 8.6, П. 3.1,
П. 3.1.3
- — — разные формулировки в
литературе — ввел., гл. 5, 5.2,
5.3.1, 5.4, 5.6, 6.1, 8.1, 9.1

* В указателях ссылки даются на номе-
ра разделов и глав. Если в разделе или
главе имеются подразделы, а указыва-
ется, тем не менее, раздел или глава,
то имеется в виду преамбула к нему
или к ней или заголовок его или ее.

- Гальванический элемент** — 7.5.3–4
- Гамильтона уравнения** — 7.2.2
- Геотермальные энергоустановки** — 1.4.2.4, 3.2–3
- Гидрат метана как перспективное топливо** — 1.4.2.3, 1.4.4, 10.1
- Гидротермальные энергоустановки** — введ., 1.4.2.4, 1.4.4, 3.2–4, гл. 4, 9.1–2, 10.1, закл.
- Глобальное потепление как реальность** — введ., 1.1–3, 1.4.1, 1.4.2.1, 1.4.3–4, 3.2
- Закон возрастания энтропии** — введ., 3.5.2–3, 5.1, 5.5.3, 5.6, 6.1, 6.3, 6.4.4, 6.4.6, 7.2, 7.2.1–3, 7.5.2.2, 7.5.5, закл., П. 3, П. 3.1, П. 3.1.1–5, П. 3.1.7–8, П. 3.1.10, П. 3.2.1–2, П. 3.2.4, П. 3.2.6
- — — глобальная формулировка — 5.6
- — — локальная формулировка — 5.6
- Закон возрастания полной энтропии** — пред., введ., 5.1, 5.7, 6.1, 6.3–4, 6.4.6, гл. 7, 7.1–2, 7.2.3, 7.5.1, 7.5.2.1, 7.5.4–5, 7.6, 8.6, 9.2, закл., П. 3.1, П. 3.1.3
- — — — глобальная формулировка — 7.1
- — — — локальная формулировка — 7.1
- «Закон» возрастания тепловой энтропии — пред., введ., 3.3, 5.1–2, 5.3.2, 5.6–7, 6.1, 6.3, гл. 7, 7.3–4, 7.4.1–2, 7.5, 7.5.1, 7.5.2.1, 7.5.4, 7.6, 8.3, 9.2, закл., П. 3.1, П. 3.1.3
- — — — глобальная формулировка — 7.3
- — — — локальная формулировка — 7.3
- Закон сохранения энергии** — введ., 1.2, 2.4.2.1, 3.3–4, 3.5.2–3, гл. 5, 6.2, 7.2, 8.2–3
- Информация Бриллюэна** — 5.5.4, П. 3.1.8
- Шеннона — 5.5.4–5, П. 3.1.8
- Карно КПД** — пред., введ., 3.2–3, 3.5, гл. 4, 5.4, 7.5.3, 8.1, 8.4, 8.6, 9.1–2, гл. 10, 10.1–2, закл.
- формула/теорема — 8.1, 8.6
- Кольцар Лазарева** — 7.5.3, 10.2
- Комиссия Брундтланд (сформулировавшая понятие устойчивого развития)** — 2.2
- Концентрационный элемент Нернста** — 6.2, 7.5.3–4, 9.1–2, 10.2
- Латента (латентная переменная)** — П. 3.1.1, П. 3.2.3–4
- Лиувилля уравнение/теорема** — 7.2.2
- — — квантовое/квантовая — 7.2.2
- Метаболизмы (обобщение понятия за пределы биологии)** — 2.3
- Механицизм сегодня** — 2.4.2.2
- Митогенетическое излучение** — 6.4.5
- Монотермические двигатели** — 3.3, 6.2, 9.1, 10.2

- Нелинейный электроконденсатор**
(в котором тепло может превращаться в электроэнергию без тепловой компенсации) — 7.5.3, 10.2
«Нулевой рост» — 2.2
- Огрубление** — 7.2.2
- Океанические ГЭС** — 1.4.2.4
- Органический рост/органическое развитие** — 2.2
- Парадокс возвращаемости** — 7.2.2
— обратимости — 7.2.2
- Перемешивание фазовой жидкости** — 7.2.2
- Переохлажденная жидкость** — 7.5.3, П. 3.1.8, П. 3.2.6–7
- Потепление климата** — см. глобальное потепление климата
- Превращение тепла в другие формы энергии компенсированное (с тепловой компенсацией)** — пред., введ., 3.2, 5.3.1, 5.7, 7.4.2, 8.2–3
— — — — — некомпенсированное (без тепловой компенсации) — пред., введ., 3.4, 5.3.1–2, 5.7, 6.2, 7.2.1, 7.5.3–4, 8.3, 8.5–6, 9.1–2, 10.2, закл.
- Приливные электростанции** — 1.4.2.4, 1.4.4
- Проблема необратимости** — введ., 3.5.3, 7.2.2
- Расширение газа изотермическое (с полным превращением тепла в работу)** — 5.7, 6.2, 7.5.3–4, 8.3
— — в пустоту — 6.2, 7.5.3, 8.5, 10.2, закл.
- Римский клуб как генератор тревоги мирового сообщества в отношении глобального экологического кризиса** — 2.2
- Солнечные энергосистемы** — 1.4.2.4, 1.4.4, 3.2–3, 8.5
- Тенденция (не закон) к рассеянию тепла на Земле** — 1.4.4, 3.2, 3.4, гл. 4, разд. 5.3.1–2, 6.1, 7.2, 7.5.5
- Теорема Пригожина** — П. 2.3, П. 3.1.3, П. 3.1.6, П. 3.1.9
- «Тепловая смерть» Вселенной** — введ., 1.2, 5.6, 7.2, 7.2.1, 7.5.2.2, П. 3.1.1–3, П. 3.1.10, П. 3.2.8
— — на Земле — введ., гл. 1, 1.2–4, 1.4.2.1, 1.4.4, 2.1, 2.5, гл. 3, 3.2, 3.5.1, гл. 4, 6.4.2, гл. 10, 10.2, закл., П. 3.1.1
- Тепловое загрязнение среды как угроза существованию человечества** — введ., гл. 1, 1.2–4, 1.4.1, 1.4.2.3, 1.4.4, 2.4.2.4, 2.5, гл. 3, гл. 4, 10.1
- Тепловой энергии специфичность** — введ., 3.4, 5.1, 5.3.2, 6.3, 7.5.5, 7.6
- Тепловые барьеры в эволюции органического мира и человечества** — 1.2, 2.4.2.4, 2.5, 3.3, гл. 4
- Тепловые насосы** — введ., 1.4.2.4, 1.4.4, 3.2–4, гл. 4, 5.3.1, 8.6, 9.1–2, 10.1, закл.
- Термокинетический принцип** — 7.2.2

- Термоциклическая энергетика (энергетика, построенная на круговороте тепла) — пред., введ., гл. 3, 3.2–3, гл. 4, 9.2, гл. 10, 10.1, закл.
- Топливные элементы — 1.4.2.3, 1.4.4, 10.1
- У**ниверсальная/глобальная эволюция (Big History) — пред., введ., 1.4, 2.3, 2.4, 2.4.1, 2.5, гл. 3, 3.1, гл. 4, 6.4, 6.4.1, 6.4.6, П. 3.1.6–8, П. 3.2.2
- Устойчивое развитие — 2.2, гл. 3, 3.1
- «**Ф**абрики холода» — введ., 3.2–3, гл. 4, 9.2, гл. 10, 10.1–2
 — — классического типа (с КПД, ограниченным КПД Карно) — 10.1
 — — с КПД, не ограниченным КПД Карно (вечные двигатели 2-го рода) — 10.2
- «**Ф**изическая» (в сторону упрощения) эволюция vs. наблюдаемая (в сторону усложнения) эволюция — 7.2.1, прил. 3, П. 3.2.8
- Флуктуационная гипотеза — 7.2.1–2, 7.5.2.2, П. 3.1.1–2
- Фрактальность науки — 3.5.3
- Фундаментальные сущности — 5.3.3, 6.4.1, 7.2.3, П. 3.1.1
- Ш**рёдингера уравнение как частный случай квантового уравнения Лиувилля — 7.2.2
- Э**волюционное усложнение — пред., 6.4.4, 7.2.1
- Эволюционный принцип минимакса (максимина) — 2.4.3, 2.4.3.1–2, 2.4.4.1–2, 2.5
- Энергетизм (здоровая основа концепции) — 2.4.2.2
- «Энергетическое» направление в теории эволюции («энергетизм») — 2.4.2, 2.4.2.1–5, 2.4.3.2, 2.4.4, 2.4.4.1–2
- Энергия как мера количества взаимодействий — 1.2
 — полная — 6.1, 6.4, 6.5, 7.2.1, 7.2.3, 7.5.5, П. 2.1
 — структурная — 6.4.3
 — тепловая — 1.2, 3.4, 5.3.2, 6.6, 7.2.1, 7.5.5, П. 3.1.3, П. 3.2.5
- Энергосбережение — 1.4.2.2, 2.4.3.1–2, 2.5, 10.1
- Энергоустановки, использующие энергию морских волн — 1.4.2.4, 1.4.4, 10.1
- Энергоустановки на биомассе — 1.4.2.4, 1.4.4, 10.1
- «Энтропийный насос» — П. 3.1.6, П. 3.1.8
- Энтропийный/неэнтропийный принцип информации — 5.5.4, П. 3.1.8
- Энтропия Больцмана статистическая (1) — 5.5.1–2, 5.5.4, 5.5.6, 6.1, 6.5, 7.2.3
 — Больцмана статистическая (2) (принцип Больцмана) — 5.5.2, 5.5.4, 5.5.6, 6.1, 6.5, 7.2.3, П. 3.1.8
 — Гиббса статистическая — 5.5.1–2, 5.5.4, 5.5.6, 6.1, 6.5
 — информационная — 5.5.4–5, 6.1, П. 3.1.8, П. 3.2.7

- как мера беспорядка (ошибочность такой трактовки применительно к реальным системам) — пред., введ., 5.5.3–4, 6.4.4, 7.2.1, прил. 3, П. 3.1, П. 3.1.4–5, П. 3.1.7–10, П. 3.2, П. 3.2.1–8
- квантовая — 5.5.1, П. 3.2.5
- полная (как энтропия распределения плотности потока полной энергии) — пред., введ., 3.3–4, 5.1–2, 5.3.1–2, 5.5.5–6, 5.6–7, гл. 6, 6.1–3, 6.4, 6.4.6, 6.5–6, гл. 7, 7.1–2, 7.2.1, 7.2.3, 7.3, 7.5.1, 7.5.2.1, 7.5.4–5, 7.6, 8.2, 8.6, 9.2, закл., П. 3.1, П. 3.1.3, П. 3.1.8, П. 3.2.5
- структурная — 5.5.5, 6.1, П. 3.1.3, П. 3.1.8
- тепловая как энтропия распределения плотности потока тепловой энергии — 6.6, 7.2.1, 7.2.3, 7.3, 7.4.1, 7.5.3–5, 7.6, П. 3.2.5
- тепловая Клаузиуса — введ., 3.2, 5.5.3, 5.4, 5.5.6, 6.1, 6.6, 7.2.3, 7.4.2, 7.5.3, 8.2