

**Вольфганг
Пальц**

ТРИУМФ СОЛНЕЧНОГО ВЕКА

**Революция
возобновляемых источников**



Возобновляемая энергетика

Вольфганг Пальц

**Триумф солнечного
века. Революция
возобновляемых источников**

Журнал «Экология и жизнь»

2018

УДК 620.91
ББК 44.09.37

Пальц В.

Триумф солнечного века. Революция возобновляемых источников / В. Пальц — Журнал «Экология и жизнь», 2018 — (Возобновляемая энергетика)

ISBN 978-5-904553-09-8

Эта книга о взлете рынков солнечной энергетике, точнее – об идеях и технологиях, положенных в основу ее развития. Начиная изложение с фундаментальных основ нашего мира, автор разворачивает величественную панораму эволюции звезд, раскрывая роль Солнца в эволюции всего живого на Земле. Эволюции природы вторит картина эволюции научного знания как усилий множества людей, искавших путь к чистому развитию. Осуществление мечты породило технологический взрыв новой энергетике. Книга рассказывает о том, что с начала этого века было установлено более триллиона ватт источников солнечной и ветровой энергии, для чего были мобилизованы триллионы долларов и созданы более 10 млн рабочих мест. «Пришествие» Интернета, которого ждет не менее трех миллиардов людей, невозможно без электроэнергии, которую можно получить от возобновляемых источников, избегая «ресурсных» ловушек. Новые технологии делают возобновляемые ресурсы информации и энергии доступными для всех.

УДК 620.91
ББК 44.09.37

ISBN 978-5-904553-09-8

© Пальц В., 2018

© Журнал «Экология и жизнь», 2018

Содержание

Дань Славе Солнца	8
Предисловие автора	10
Пролог I:	11
Пролог II:	14
Часть 1	19
Глава 1	19
1.1. Человек во Вселенной	19
1.2. Богаты солнцами звездные небеса, но наше Солнце – единственное	22
1.3. Энергетический механизм Солнца	25
1.4. Солнце, Земля и мы	26
1.4.1. Дети Солнца и Земли	26
1.4.2. Рождение Земли	26
1.4.3. Астероиды и кометы	27
1.4.4. Земля, готовая к жизни	29
1.4.5. Последний ледниковый период	31
1.4.6. Гефаисты	31
1.4.7. Великий потоп	32
1.4.8. Парадокс	33
1.4.9. Колыбель цивилизации	33
1.4.10. Угрозы астрономических бедствий	34
Глава 2	35
2.1. Что же такое хорошая энергия?	35
2.2. Хороший, Плохой и Страшный	36
2.2.1. Что такое хорошо	36
2.2.2. Что такое плохо	39
2.2.3. Что значит страшно	39
2.3. Загрязнения и изменение климата	41
2.3.1. Загрязнение	41
2.3.2. Изменение климата	42
2.4. Как солнечные маргиналы становились энергетической индустрией	45
2.4.1. Традиционные возобновляемые источники энергии	45
2.4.2. Победное шествие угля	46
2.4.3. Ядерная энергетика	47
Часть 2	49
Глава 3	49
3.1. Угроза ядерной войны	50
Конец ознакомительного фрагмента.	53

Вольфганг Пальц

Триумф солнечного века. Революция возобновляемых источников

*Посвящается моему покойному другу Герману Шееру, депутату
Бундестага, Лауреату альтернативной Нобелевской премии (The Right
Livelihood 1999)*

Герою Зеленого века по версии журнала Тайм, 2002.

© Wolfgang Palz, 2018

© Pan Stanford Publishing, 2018 (english version)

© Составление, перевод: Самсонов А.Л., 2018

© Оформление: АНО «Журнал «Экология и жизнь», 2018



Перевод этой книги на русский язык посвящается также памяти замечательного физика Жореса Алферова (1930–2019), вице-президента Российской Академии Наук. В 1972 году Алферов был награжден Ленинской премией за те открытия, которые лишь в 2000-ом году были признаны как достижение, достойное Нобелевской премии. Почти тридцать лет понадобилось миру для осознания важности того, что устройства, созданные Алферовым на гетеропереходах полупроводников, дают возможность не только управления электронами в сверхбыстрых транзисторах, но и квантами света! Благодаря этому прорыву стали возможны миниатюрные твердотельные квантовые генераторы, фотоприемники и источники света. Алферову удалось создать первые полупроводниковые лазеры, проложить путь в космос новому поколению солнечных элементов и дать "путевку в жизнь" светодиодам, т. е. фактически всему тому, без чего просто немислим современный мир. Зная о готовящемся издании этой книги, посвященной энергии Солнца, он хотел поддержать ее публикацию и написать предисловие, но не успел...



Дань Славе Солнца Музыкальное введение

Рихард Штраус, «Восход» («**Sonnenaufgang**»), симфония «Так говорил Заратустра». Рекомендуем слушать в исполнении Герберта фон Караяна и Берлинского филармонического оркестра, 1984, Берлин.

«Так говорил Заратустра» – симфоническая поэма Рихарда Штрауса, написанная в 1896 году и вдохновленная философским романом Фридриха Ницше с тем же названием. Первая часть произведения называется «Введение, или Восход». Музыка из поэмы использовалась в саундтреке популярного фантастического фильма Стэнли Кубрика «Космическая одиссея 2001 года».

Игорь Стравинский, «Жар-птица». Слушать в исполнении Пьера Булеза (Pierre Boulez) и парижского оркестра (Orchester de Paris), 2009, Париж.

«Жар-птица» – одноактный балет, написанный по заказу Сергея Дягилева для его антрепризы. Первое представление прошло 25 июня 1910 года в рамках знаменитых «Русских сезонов» в Париже. Постановка и хореография были выполнены Михаилом Фокиным по сценарию Александра Бенуа на основе сюжетов русских сказок о Жар-птице.

Людвиг ван Бетховен, соната № 21. Слушать в исполнении Эмиля Гилельса, фортепиано, 1971, Оссиах.

Фортепианная соната Бетховена № 21 до мажор посвящена другу композитора Вальдштейну, откуда ее первое название «Вальдштейновская соната» («Waldstein»). Второе название на итальянском звучит как «L'Aurora» («Заря»), а третье, на английском – «The Dawn» («Рассвет»). Звучание начальных аккордов третьей части сонаты вызывает в воображении различные образы рассвета – от предрассветных сумерек и первой зари до полного восхода Солнца.

Никколо Паганини, «Ла Кампанелла». Слушать в исполнении Клары Джуми Кан, скрипка, 2015, Санкт-Петербург.

Концерт для скрипки № 2 си-бемоль минор, опус 7, сочиненный Никколо Паганини в Италии в 1826 году. В нем Паганини сдерживает демонстрацию виртуозности в пользу большей индивидуальности в мелодическом стиле. Концерт обязан своим названием «Ла Кампанелла» и прозвищем «La Clochette» колокольчикам, которым Паганини предписал отбивку повторов в музыкальной форме рондо (звучание колокольчиков легко услышать в оркестре, сопровождающем исполнение Сальватора Альвареса, но можно заставить и скрипку рассыпаться колокольчиками, звенящими в исполнении Леонида Когана).

Вольфганг Амадей Моцарт, концерт для фортепиано с оркестром № 23. Рекомендуем слушать в исполнении Армена Манасяна, фортепиано, 2013, Москва.

Концерт № 23 ля мажор закончен Моцартом, согласно составленному им самим каталогу, 2 марта 1786 года, за два месяца до премьеры его оперы «Женитьба Фигаро».

Это был один из трех подписных концертов, которые были даны той весной и, вероятно, сам Моцарт играл в одном из них.

Иоганн Брамс. Фортепианный квинтет, опус. 34. Рекомендуется слушать в исполнении квартета Симон и Лонел Стреба, 2014, Париж. Квинтет в фа-миноре был завершен Брамсом летом 1864 года и опубликован в 1865 году. Посвящен принцессе Анне Гессенской. Это произведение Брамса часто называют короной его камерной музыки.

Выбор музыки для этой книги любезно предоставлен Арменом Манасяном, представляющим международную ассоциацию



Примечание: существует электронная версия книги, в которой предусмотрена возможность прослушивать музыкальные произведения. Она снабжена также множеством интернет-ссылок, позволяющих разъяснить сложные вопросы и получить дополнительную информацию. Эта версия издания книги распространяется через редакцию журнала "Экология и жизнь". Для тех, кто уже купил книгу в интернет-магазинах, редакция вышлет полную версию бесплатно при предъявлении чека о покупке книги.

Для заказа и получения полной версии издания пишите в редакцию по эл. почте ecolife21@gmail.com

Предисловие автора

После смены веков в 2000 году, мир покатился назад, судя по целой череде событий, ведущих в прошлое, навстречу старым ошибкам – к глобальным загрязнениям и страданиям, которые они влекут за собой, когда климат выходит из-под контроля, а угроза ядерной войны сохраняется – все это в результате безудержного и неустойчивого использования ископаемых и атомных ресурсов. Не все, возможно, осознали это, но с начала XXI века, мы – те, кто видел этот неправильный поворот мира, решительно занялись возвращением на пути к жизни в гармонии с природой, с Солнцем. Эта книга не об экологических мечтах и желании задуматься о лучшем мире. Это просто отчет о том, что произошло, в фактах и цифрах. Идя определенно сейчас по пути Солнца и зная о его преимуществах, в выигрыше остается каждый из нас, а не только климат. Благодаря инновациям и массовому производству, энергия, получаемая от Солнца, теперь превосходит все традиционные источники собственными силами: так работает социальная экономика. В нашем новом, сегодняшнем мире солнечная энергия уже стала дешевле обычных, традиционных источников. Появилась новая экономика, быстро развивающаяся и устойчивая, которая создает миллионы новых рабочих мест для всех.

Книга начинается с основ и обсуждает ключевую роль Солнца для природы и нашей жизни. В ней рассказано, как фундамент более чистого мира был заложен в начале нового века, и подробно описываются усилия людей, которые внесли вклад в эти изменения, а также круг идей, в котором эти усилия прилагались, и ключевые инновации, достигшие успеха.

Книга посвящена ключевой фигуре, которая возглавила эти перемены, направленные на изменение мира, его улучшение и движение по солнечному пути: покойному Герману Шееру.

Автор, Вольфганг Пальц, является независимым экспертом по вопросам энергетики и экономики. В книге содержится краткое изложение его взглядов на глобальную солнечную революцию, в которой есть и его вклад – он был непосредственным участником описываемых событий. С огромным удовлетворением автор повествует в книге о том, что в конечном итоге стремления и труд множества пионеров солнечной идеи увенчались успехом.

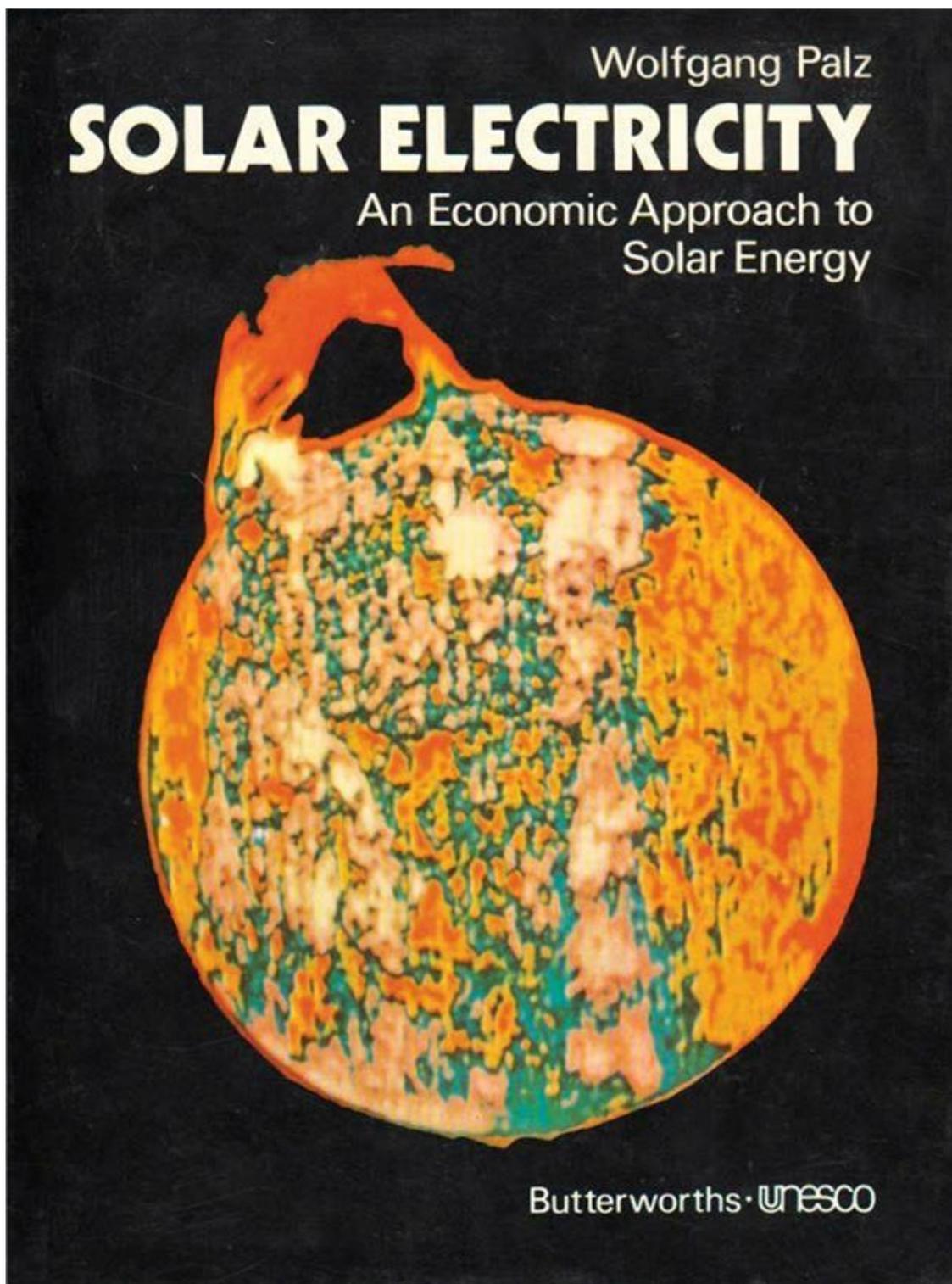
Пролог I: Прозрение будущего из 1970-х

Уголь и ядерная энергетика, достигли расцвета во второй половине прошлого века, став традиционными источниками энергии. После шокового роста нефтяных цен в 1973 году промышленно развитые страны начали ориентироваться на обеспечение энергетической независимости. В результате сотни атомных электростанций были созданы за рекордное время.

Однако солнечное электричество и энергия ветра имели своих приверженцев, опирающихся на давние европейские традиции получения энергии из возобновляемых источников.

Первичный интерес был проявлен администрацией Соединенных Штатов. Президент Картер сделал тогда все от него зависящее, чтобы поддержать новые солнечные технологии, но тщетно. В то время как сотни гигаватт новой атомной энергии были установлены по всему миру, солнечная фотоэлектрическая энергия в лучшем случае сводилась к нескольким мегаваттам. Нам объясняли, что это «слишком дорого».

В 1977–1978 годах я опубликовал при поддержке бюро ЮНЕСКО в Париже книгу «Солнечное электричество: экономический подход к солнечной энергии». Этот труд был направлен на то, чтобы обобщить понимание и сформировать рабочий настрой экспертов по солнечной энергии в Европе и США. Администрация США провела к тому времени множество исследований. Например, силами MIT Energy Lab в 1975 году был подготовлен отчет по проекту «Независимость»: обозрение энергетических потребностей США до 1985 года («Project Independence report: a review of US energy needs up to 1985»), где были подробно рассмотрены перспективы возобновляемых источников энергии для обеспечения энергетической независимости США. Но доклад был для узкого круга и не стал достоянием широкой общественности. Поэтому та книга, которую я опубликовал при поддержке ЮНЕСКО на английском и ряде других языков, стали для многих первой встречей с солнечной энергией.



Обложка книги Вольфганга Пальца «Солнечное электричество: экономический подход к солнечной энергии. Видение будущего», 1977.

Прочитую ряд идей, опубликованных уже в той книге, которые вполне подтвердились в будущем в ходе реализации практических проектов.

«Существует только один способ уменьшить различные типы загрязнений, связанные с крупномасштабным потреблением энергии человечеством, – это прямое преобразование энергии, которая формирует климат Земли. Солнечное излучение можно преобразовать в полезную энергию без термических потерь и химических загрязнений».

«При рассмотрении всех возможных способов преобразования излучения Солнца в полезную энергию в центре внимания оказались методы прямого преобразования света в электричество с помощью солнечных элементов».

«Каждая страна имеет потенциал возобновляемой энергии Солнца намного больший, чем ей когда-либо может понадобиться. Солнечная энергия для любой страны является внутренним ресурсом, способным стать стратегическим резервом».

«Развитие приложений солнечной энергетики не означает начало нового экономического мира. Напротив, новые энергетические системы должны сначала завоевать свое место на общем энергетическом рынке, они должны быть конкурентоспособными с нефтью, углем или ядерной энергией, по причине ли истощения обычных ресурсов, термического или химического загрязнения природы и окружающей среды, желания большей независимости от иностранных поставщиков или просто для снижения стоимости».

«Технические и экономические проблемы, связанные с полномасштабным использованием солнечной энергии, решены, фундамент развития заложен».

«Оценка крупномасштабного потенциала солнечной энергии в будущем говорит о том, что высокая стоимость солнечных элементов отнюдь не неизбежна – необходимого масштабного сокращения производственных издержек до уровня рентабельности центральных электростанций можно ожидать в ближайшие 10–15 лет за счет эффектов «экономии от масштаба», а также «прогресса за счет индустриализации».

«В 1975 году существовали только космические применения фотоэлектрических преобразователей, тогда как весь объем рынка наземных применений составлял не более 100 кВт; при этом годовая скорость установки традиционных мощностей достигала сотен мегаватт. Однако крупномасштабный проект производства солнечных преобразователей в объеме 10 ГВт позволит прийти к стоимости «солнечного» ватта в интервале 0,20–0,50 долл. Совокупный эффект, достигаемый на росте объемов производства, опирается на так называемую «кривую опыта».

«Интеграция солнечной энергетики в сетевую энергосистему сопровождается теми же проблемами, которые не дают покоя обычным электростанциям, не умеющим работать иначе, как в режиме генерации энергии. Преодоления этого коренного недостатка связано с введением в энергосистему недостающего звена – устройства накопления энергии».

«Эффективность преобразования энергии для устройств прямой генерации, использующих дешевые солнечные элементы, не зависит от уровня конечной мощности батареи – они могут исправно производить как ватты, так и киловатты. Таким образом, можно создавать генераторы для частных домов и деревенских общин, торговых центров и промышленных предприятий, для целей сельскохозяйственной переработки и фермерских хозяйств; все они обладают таким же КПД, что и крупные солнечные электростанции».

«Солнечные генераторы, установленные рядом с потребителями, обладают рядом привлекательных черт, позволяющих избегать сетевых затрат на передачу энергии по проводам, а при установке на крышах или других расположенных поблизости несущих поверхностях жилой застройки исключают затраты на приобретение земли, подготовку и обслуживание участка».

«Массив солнечных панелей площадью 45 м² поместился бы на крыше большинства семейных домов в США. Если для накопления энергии используется свинцово-кислотная батарея мощностью около 200 кВт·ч, то накопитель займет всего лишь камеру объемом 4 м³ (1×2×2). Однако подобная система придаст полную автономию любому дому».

Пролог II: От триумфа железа к триумфу Солнца

Триумф железа

Всемирная выставка, проходившая в Париже в 1889 году, представила миру стальные конструкции Эйфелевой башни («временно» возведенной как вход на эту выставку), железобетонные и цельнометаллические здания-ангары, а также корпуса только появившихся тогда автомобилей как триумф новых конструкционных материалов на основе железа. Фактически именно тогда началось то повсеместное использование сплавов железа, которое мы продолжаем наблюдать до сих пор. Но первые автомобили того времени только еще выезжали на дороги Германии, в то время как несколькими годами раньше уже заработали первые электростанции в Англии и США, запущенные Томасом Эдисоном. Кстати, благодаря участию Эдисона в той Всемирной выставке Париж был объявлен городом света. Можно ли представить себе современный мир без электричества и без автомобилей? Переломным моментом на пути к этому и стал 1889 год, оказавшийся преддверием энергетически ненасытного XX века.

Начавшийся взрывной рост электроснабжения предопределил огромный рост потребности в угле, необходимого для питания сотен новых электростанций, но вместе с тем давшего начало масштабному загрязнению окружающей среды. Деграция продолжилась во время энергетического кризиса 1970-х годов, когда атомные электростанции получили прямые льготы от политиков, которые продвигали тогда атомную энергетику, обещая, что это будет «неограниченная энергия и почти бесплатно». В результате всего за 30 лет 400 атомных станций (АЭС) были построены до конца века. Когда оглядываешься назад, это представляется всеобщим наваждением.



Эйфелева башня в Париже (фото автора).

Журнал «Forbes» в 1985 году писал: «Экономический провал американской ядерной энергетической программы является крупнейшей управленческой катастрофой в истории бизнеса. Индустрия коммунальных услуг уже инвестировала в нее 125 млрд долл. США, но до конца десятилетия требуется еще 140 млрд. Теперь только слепые или предвзятые люди могут думать, что эти деньги не потрачены впустую».

XX век стал свидетелем еще нескольких ошибок, имевших подобный фундаментальный размах и последствия. Это были две мировые войны с миллионами невинных смертей, две

диктатуры, приносящие страдания и смерть миллионам людей, мировой экономический кризис с катастрофическими последствиями и демографический рост, проложивший путь к глобальной нестабильности. При этом загрязнение окружающей природной среды, воздуха, земли и морей достигло невиданных масштабов и изменение климата стало лишь одним из множества последствий. Миллионы тонн пластиковых отходов загрязнили океаны, а выхлопные газы сделали воздух во многих городах мира малопригодным для дыхания. Можем ли мы представить себе иным лицо эпохи антропоцена XX века?

Начало XXI века сопровождалось радикальными изменениями. Ушли в прошлое сомнения и «научная» дискредитация энергии Солнца и других возобновляемых источников. Предел безудержному развитию ядерной энергетики положили взрывы двух АЭС – на Украине и в Японии. Закономерно поставить вопрос, не было ли преступлением безоглядно запускать все эти атомные станции, в то время как никто не имел ни малейшего понятия, куда утилизировать опасные ядерные отходы? Взрывы АЭС стали началом конца ядерной эры. Что касается угля, то и в XXI столетии объемы рынка его использования росли. Однако, в конечном итоге загрязнения, которые влечет за собой его использование, и риски изменения климата, которое в наибольшей мере провоцируется его добычей и сжиганием, в последнее время застопорили и применение угля.

С 2000 года мировое производство электроэнергии от атомных станций стало снижаться. В Европе в этом столетии не было введено в эксплуатацию ни одной новой АЭС. Таким же путем шла энергетика США, более того, в Интернете сообщалось, что в 2016 году несколько старых АЭС были отключены от сети. Индия и Китай запустили в эксплуатацию несколько новых АЭС, но ожидаемого оживления оборота ядерного оружия, отчаянно ожидаемого его сторонниками, просто не состоялось. Мировая ядерная промышленность, представленная компаниями «Areva», «Westinghouse», «Toshiba», стала фактически банкротом.

Потребление угля в мире при входе в новый век было на подъеме – оно удвоилось с 1990 года. Однако с 2013 года потребление угля замедлилось, произошла его стабилизация. С этого же года перестало расти и потребление угля на американских электростанциях. К 2016 году потребление угля опустилось до уровня, который последний раз наблюдался в 1970-х годах. В Англии добыча угля снизилась на 82 % в период между 2013 и 2017 годами. Китай, который является мировым лидером в области потребления угля и имеет в три раза больше мощностей, работающих на угле, чем США, продемонстрировал наименьшее потребление угля за предыдущие 3 года в 2016 году. Обозначая конец угольной эры, агентство «Bloomberg», один из лидеров финансовой информации, сообщает: «Добыча угля находится в свободном падении».

Прекращение роста сжигания угля привело к значимому результату: стабилизации выбросов углекислого газа (CO₂), которые прекратили свой рост в течение последних нескольких лет к восторгу климатологов.

К 2018 году едва ли наш новый век достиг совершеннолетия, но он успел распахнуть двери для новой промышленной революции – солнечного века. И действительно сначала этого века мы наблюдали триумф энергетики Солнца.

Триумф Солнца

Начиналось это в Германии, крупнейшей экономике Европы. Почему и как это произошло, мы еще подробно рассмотрим в этой книге. А пока заметим, что в 2000 году солнечная фотоэлектрическая энергия вместе с ветроэнергетикой и несколькими другими видами возобновляемой энергии с захватывающей дух скоростью начала победное шествие по Германии. В результате к 2017 году производство электроэнергии из возобновляемых источников возросло

в стране в 10 раз и достигло 38 % общего объема потребления. Ветер и Солнце производят сегодня в Германии больше электроэнергии, чем угольные станции и АЭС.

В Европейском Союзе с 2000 года было установлено больше возобновляемых мощностей, чем мощность ядерной и традиционной энергетики вместе взятых, а в 2016 году 86 % устанавливаемой добавочной мощности относились к возобновляемым источникам. При этом и в США с 2008 года возобновляемая мощность превысила половину всей вновь установленной генерации, а к 2016 году только фотоэлектричество и ветряки составляли уже 60 % всех новых энергетических мощностей. Солнечная энергетика США и сегодня номер один по вводу новых мощностей, опережая ветроэнергетику и природный газ.

С 2013 года Китай возглавил мировой рейтинг лидерства в области возобновляемых источников энергии, что коснулось гидроэнергетики, новой ветроэнергетики и получения солнечной энергии от фотоэлектрических и тепловых преобразователей. При этом, однако, солнечное фотоэлектричество в Китае все же вырвалось вперед, хотя не в абсолютном «зачете», а по скорости ввода новых мощностей.

В целом уже в 2016 году возобновляемые мощности составляли 55 % всех новых мощностей в мире. В этом процессе активно принимают участие почти все страны. Например, в 2016 году каждая из девяти стран в Северной и Южной Америке, Азии и Европе имели ветроэнергетические установки мощностью не менее 10 ГВт, благодаря чему уже в 2015 году глобальная мощность ветровой энергетики впервые превзошла суммарные мощности ядерной энергетики. Согласно данным Международного энергетического агентства в Париже (IEA), мощность возобновляемой энергетики впервые сравнялась в глобальном масштабе с производством энергии из угля в том же 2015 году, когда была достигнута отметка по возобновляемой мощности 1985 ГВт, что составило 31 % общемирового объема производства электроэнергии, тогда как мощность угольной генерации составила 1951 ГВт.

«И родился целый новый мир»

С начала века возобновляемые источники энергии привлекли 3 трлн долл. частных инвестиций. Поскольку и Солнце и ветер были новичками на рынках, определенная политическая поддержка им была ожидаемым фактором. Однако важно осознать, что традиционные виды энергетики сегодня продолжают не только работать, но и выигрывать, благодаря гораздо более существенной господдержке, а также налаженным сборам с населения. Только в Германии отрасль эксплуатации и разработки угольных месторождений получила 200 млрд. евро в виде субсидий начиная с 1957 года. Не так давно главы государств «Большой двадцатки» решили отменить все энергетические субсидии к 2025 году. Жаль, конечно, что такие декларации не имеют юридической силы, ведь инвестировать в возобновляемые источники энергии в этом случае окажется выгоднее, чем в обычные станции на ископаемом или ядерном топливе. Объясняется это тем, что возобновляемые источники просто-напросто дешевле, но ведь именно этим они и обязаны успеху, достигнутому на мировых рынках.

Кроме того, многочисленные виды деятельности, связанные с маркетингом, производством, установкой, эксплуатацией и обслуживанием возобновляемых источников энергии, оказываются весьма выгодны и в социальном плане, обладая мощным потенциалом источника новых рабочих мест. С начала XXI века во всем мире создано более 10 миллионов рабочих мест, связанных с возобновляемой энергией. В США в настоящее время 260 тыс. человек заняты в сфере производства солнечного фотоэлектричества; сравните это с численностью работников угольного бизнеса, не превышающей 50 тыс. человек. Заметим, что и для здоровья несомненно лучше работать в чистоте, связанной с солнечными батареями, чем в шахтах, добывая уголь.

Массовое внедрение солнечной энергетики и возобновляемых источников энергии открывает новые перспективы экономики частной жизни. В Европе, США, Японии и Австралии более 6 миллионов семей получили возможности автономного энергоснабжения после установки на их дома фотоэлектрических модулей. Это означает наилучшую стратегию защиты против произвола централизованного поставщика, решения которого по подаче и распределению энергии они не в состоянии оспорить. Возобновляемые источники энергии обеспечивают большую прозрачность и свободу выбора. Добавим к этому чувство удовлетворения от подключения к чистой энергии вместо обычной – опасной и загрязняющей.

Солнечные фотоэлектрические преобразователи делают нас частью мира современных полупроводников, который рождается в «кремниевых долинах», создающих смартфоны и Интернет-коммуникацию. Этот мир несет нам новые возможности, выходящие за пределы GPS-навигации, связи и контроля, которые он уже обеспечил. Он обеспечивает предсказуемость затрат и удобство проживания в более комфортабельных и «умных» домах, вписанных в более устойчивые городские структуры, соединяющие воедино работу и отдых в пределах городского квартала.

Мир биоэнергетики, который будет рассмотрен чуть ниже, обладает рядом крайне важных аспектов. Здесь не только открываются новые перспективы производства биомассы в сельском хозяйстве, объединенные с технологиями устойчивого обращения с биологическими отходами. Возможно, что он раскроет для нас совершенно новые аспекты борьбы с бедностью в странах «третьего мира», возникающие благодаря преобразованию солнечной энергии, которая раскрывает здесь во всей мощи истинное значение своего имени.

То, о чем мы хотим рассказать в этой книге, позволяет всем читателям, а не только приверженцам и адептам солнечной энергетики, прояснить свои отношения с природой, с нашим Солнцем, со всей Вселенной.

Часть 1

Солнце и мы

Глава 1

Солнечное наследство

В этой главе мы обратимся к тому, что, очевидно, имеет большое отношение к солнечной энергии, к нам как адептам солнечной энергетики, к самому существу природы и ее законов, определяющих бытие нашего Солнца и всей Вселенной.

1.1. Человек во Вселенной

Вселенная – это место. Но мы, люди, не очень ценим свое место в ней. Наша роль в лучшем случае – роль наблюдателя.

Не так уж и давно было принято считать, что человек и Земля являются центром Вселенной. Вспомним Николая Коперника, Иоганна Кеплера и Галилео Галилея, которые первыми показали всю ошибочность «очевидности» того, что Солнце и все звезды вращаются вокруг нас – вращается только сама Земля. Однако лишь недавно, в 1992 году, т. е. почти «вчера», Галилей был реабилитирован Ватиканом «за неустанную тягу к истине».

Наша Земля действительно не является центром Солнечной системы, так же как и Солнце со своими планетами не находится в центре нашей галактики. Если что и можно найти в центре галактики, то лишь черную дыру, способную поглощать звезды. Солнце принадлежит боковой ветви нашей галактики, которая сформировалась 8,8 млрд лет назад. Солнечная система образовалась всего 4,6 млрд лет назад, тогда как возраст Вселенной оценивается величиной 13,8 млрд лет. Так что нет никаких оснований полагать, что наша галактика играла какую-то особую роль во Вселенной.

Наше Солнце – звезда среднего размера. Такие звезды имеют продолжительность жизни около 10 млрд лет и на завершающей стадии развития превращаются в «красные гиганты». «Жизненный путь» различных звезд хорошо изучен – последовательные трансформации звезд в современной астрономии называют звездной эволюцией, но основная мысль проста: чем больше звезда, тем короче ее жизнь. Например, так называемые массивные звезды, масса которых более чем в 100 раз превосходит массу нашего Солнца, живут всего лишь несколько миллионов лет. В пламени взрыва сверхновой они превращаются в супергигантов, а блеск такой «сверхновой» превосходит светимость Солнца в 500 тысяч раз – быстрая вспышка заменяет свет, который другие звезды испускают миллионами лет (некоторые типы сверхновых служат эталонной «свечой» для измерения расстояний). После взрыва, побыв некоторое время «сверхновой», звезда, следуя по главной последовательности, может, приходя к финалу, трансформироваться в «белого карлика», нейтронную звезду или стать черной дырой, имеющей массу в миллиард раз больше нашего Солнца.

Но поразительны не столько огромные массы и энергии, сколько расстояния во Вселенной. Километры и мили здесь бесполезны, а в качестве универсальной меры используется световой год – расстояние, на которое свет способен распространиться за год. Свет – главный носитель информации во Вселенной. Он не ослабевает, распространяясь в пустом пространстве. Эта его неизменность даже по прошествии 10 млрд световых лет представляет собой совершенно замечательный факт, делающий возможной точнейшую «хронологию» событий во Вселенной. Однако в этом же и его недостаток: скорость света огромна, но не бесконечна,

поэтому, наблюдая прошлое Вселенной, мы не в состоянии видеть ее «сегодняшний день». Мы видим только тот свет, который покинул наблюдаемые нами объекты миллионы или миллиарды лет назад.

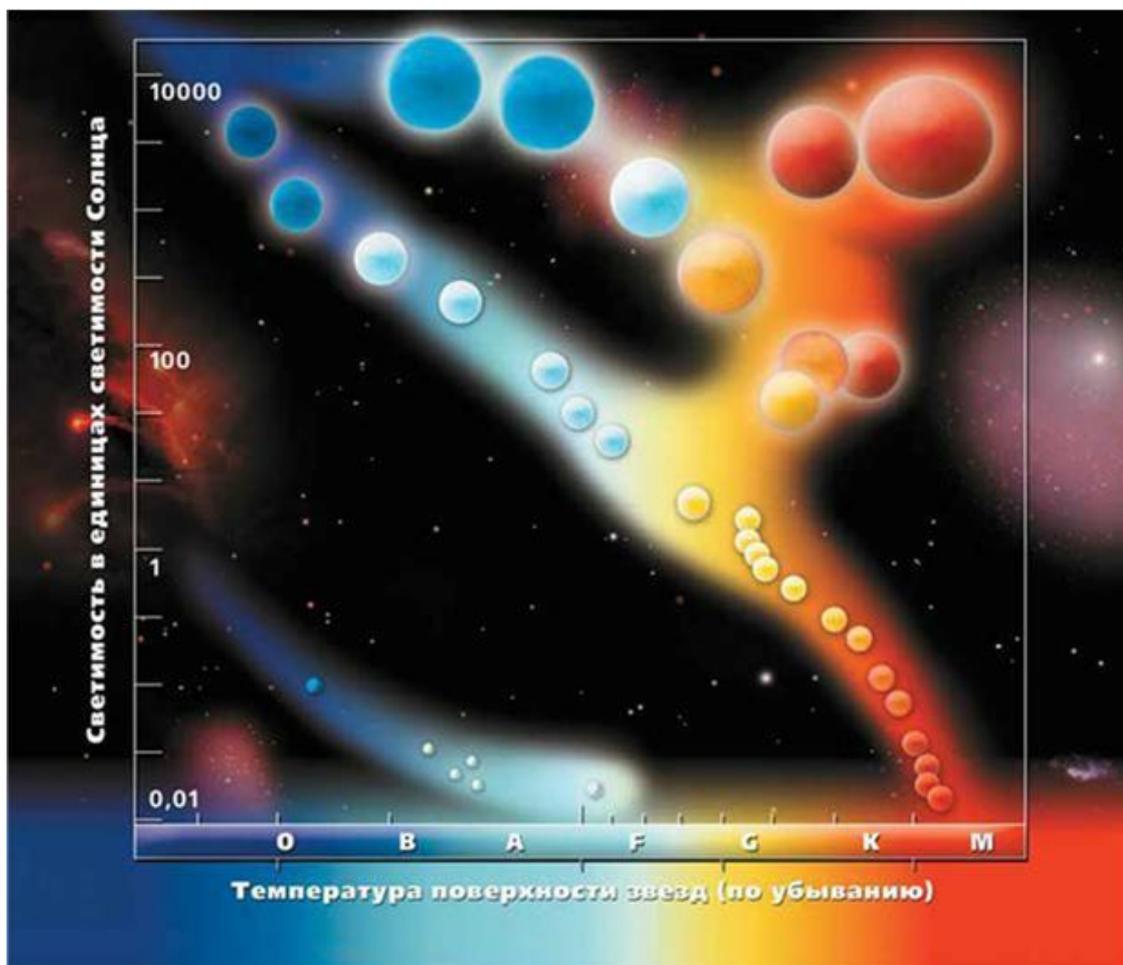


Рис. 1.1. «Жизненный путь» звезд – по мере старения звезда обнаруживается в различных точках изображенной на рисунке диаграммы Гершпунга – Рассела, чаще всего движение идет по «главной последовательности» – линии точек, идущей из верхнего левого угла диаграммы в нижний правый.

Но, пожалуй, самое замечательное что Вселенная находится в непрерывном движении, подчиняясь законам физики. Не требуется никакого дополнительного творца, кроме проявления самих законов.

Тем не менее, в описании Вселенной остается множество тайн, и самая главная из них – тайна ее возникновения, «Большой Взрыв». Как могло случиться так, что огромная Вселенная однажды начала развиваться из «шарика», не большего, чем шляпка гвоздя?

В 1927–1929 гг. бельгийский священник Жорж Леметр был первым, кто четко заявил, что объекты, распределение и скорости движения которых и должны быть предметом космологии – это не звезды, а гигантские звездные системы, галактики, населяющие расширяющуюся Вселенную. На основе собственного теоретического предсказания расширения Вселенной он сделал первую правильную оценку постоянной в линейной зависимости скорости «убегания» галактик от расстояния, называющуюся теперь законом Хаббла.

Краткая справка по истории открытия «Большого Взрыва» В 1916 году была опубликована релятивистская теория гравитации Эйнштейна,

содержащая уравнения связи кривизны пространства с тензором массы-энергии. Вопрос о стационарности решений этого уравнения возник практически сразу, поэтому в 1917 году Эйнштейн опубликовал первую космологическую модель стационарной Вселенной с постоянной кривизной пространства – времени, для устойчивости которой ему пришлось ввести в уравнения космологическую постоянную Λ , отвечающую отталкиванию; в стандартной космологической интерпретации это и есть темная энергия. Введение постоянной в уравнение потребовали соображения устойчивости решений, но в 1922 году устойчивые решения уравнений Эйнштейна нашел математик из Санкт-Петербурга Александр Фридман. В журнале «*Zeitschrift für Physik*» вышли две его публикации в 1922 и 1924 годах, где рассмотрены космологические модели Вселенных с положительной и отрицательной кривизной. Независимо от Фридмана, описываемую модель разрабатывали Леметр (1927), Робертсон и Уокер (1935), поэтому решение полевых уравнений Эйнштейна, описывающее однородную изотропную Вселенную с постоянной кривизной, называют моделью Фридмана – Леметра – Робертсона – Уокера.

В 1932 году английский астроном Эдуард Милн выступил с утверждением, что Вселенная кинематически расширялась из некоторого крайне малого объема (модель «холодного» Большого Взрыва), но эта идея была жестко раскритикована Максом Борном и рядом других известных физиков. Однако в 1948 году эмигрант из России физик Георгий (Джордж) Гамов, совместно с астрономами Ральфом Альфером и Робертом Германом опубликовали теорию «горячего» Большого взрыва. Идея состояла в том, что в горячем и плотном веществе ранней Вселенной происходили ядерные реакции, и в этом ядерном котле за несколько минут были синтезированы легкие химические элементы. Самым эффективным результатом этой теории стало предсказание космического фона излучения с температурой 3К (Гамов) или 5К (Альфер). Это СВЧ-излучение наблюдалось не раз как шум, но датой открытия космического фона считается 1964 год, когда американцы А. Пензиас и Р. Вилсон идентифицировали этот шум неизвестной природы как реликтовое излучение с температурой около 3К, предсказанной Гамовым.

У Вселенной много загадок, к которым относится, например, существование «темной материи» в галактиках, но наиболее таинственной представляется субстанция, обладающая антигравитацией – «темная энергия». Добавим, что гигантское темное пятно порождается самим наблюдением Вселенной – с помощью наших приборов мы фиксируем излучение не более 5 % общего объема Вселенной, а все остальное скрыто во тьме. Суть допущения о существовании темной энергии во Вселенной заключена в том, что тем самым «гарантирована» непрерывность ее расширения, ведь в противном случае гравитационная энергия обычного вещества когда-нибудь должна будет обратить любое расширение вспять, что неизбежно приведет к перезагрузке – обратному сжатию в исходную точку Большого Взрыва. В отличие от этой чисто умозрительной посылки обоснование того, что во Вселенной содержится 27 % невидимого (темного) вещества, опирается все же на наблюдения, обнаруживающие, что во вращающихся спиральных галактиках, подобных нашей, все звезды вращаются вокруг галактического ядра с одинаковой скоростью, хотя следовало бы ожидать замедления скорости от центра к краям. Необходимость предположения о дополнительной темной материи, рассеянной вокруг, связана с тем, что без него звезды на концах спирали должны были бы намного медленнее обращаться вокруг галактического центра.

Говоря о тайнах, стоит упомянуть и о том, что мы не представляем, какова может быть природа сил связи, которые держат протоны столь близко друг к другу в ядрах всех атомов мира. Протон упаковывается этими силами в ядро любого атома, за исключением водорода, где он сам является ядром. Но ведь все протоны имеют один и тот же положительный электрический заряд, и без скрытой силы, которая удерживала бы их вместе внутри ядра, атомы не могли бы быть стабильными и были бы обязаны взрываться. Силы гравитации внутри ядра бесконечно меньше, чем силы отталкивания электрических зарядов – они не в состоянии выполнить роль этой скрытой силы. Но на практике атомы удивительно стабильны, и лишь когда уран или плутоний активно бомбардируются нейтронами, сравнительно небольшая доля энергии связи в ядре атома высвобождается, хотя, как мы знаем, этого достаточно для того, чтобы последствия могли стать ужасными.

И, наконец, загадка точной настройки Вселенной: почему физические константы, определяющие ее облик, невероятно точны и неизменны? Все они на самом деле очень похожи на случайные числа – кто их выбрал? Возьмите три универсальные константы: c – скорость света; h – постоянная Планка, также связанная со светом; и G – гравитационная постоянная. Почему скорость света равна величине 299 792 км/с? Почему не ровно 300 тысяч? Почему гравитационная постоянная, введенная Ньютоном в закон всемирного тяготения, составляет точно $6,674 \cdot 10^{-11}$ Нм/кг², иначе говоря, почему то легендарное яблоко, что упало на голову Ньютона в момент открытия закона тяготения, не падало быстрее или медленнее?

В дополнение к трем универсальным константам существует еще ряд физических констант, измеренных с высочайшей точностью – таких как кулон для электрического заряда – и для всех них этот же вопрос остается в силе. Будь одна из них немного иной, была бы Вселенная другой? Сегодня понятно, что эти константы являются вечными эталонами, символами постоянства в меняющемся мире. Многие исследователи предполагали и пытались найти хоть малейшую эволюцию этих констант во времени, но ни одна попытка не увенчалась успехом.

Отмечу в заключение этого раздела, что все эволюционные процессы во Вселенной подчиняются законам физики. То же самое, как мы увидим ниже, справедливо и для биосферы. Нет никаких следов какого-либо творения, кроме тех тайн, которые содержат сами законы физики, тогда как загадки типа «что было до Большого Взрыва» мы не в силах пока объяснить рационально.

1.2. Богаты солнцами звездные небеса, но наше Солнце – единственное

Все звезды, которые вы видите на ночном небе, – это все солнца, за исключением нескольких планет Солнечной системы, в которой есть даже планеты, схожие с нашей (такие как Венера – вечерняя «голубая звезда», появляющаяся первой после заката солнца). Все «настоящие» звезды, которые мы можем видеть на небе, принадлежат к нашей галактике – Млечному Пути. Сегодня известно, что Млечный Путь состоит примерно из 100 миллиардов звезд – представьте, это 100 тысяч миллионов солнц! А ведь это всего лишь одна галактика, тогда как общее число звезд во Вселенной неизмеримо больше.

Современные сверхсложные телескопы, изучающие космос, позволяют увидеть и оценить «начинку» области космоса, вмещающей порядка триллиона (т. е. 1000 миллиардов!) галактик. И поскольку каждая галактика имеет примерно такое же количество звезд, как наш Млечный Путь, то хорошее приближение для полного числа звезд в них есть бесконечность! В то же время огромные массы вещества галактик разделены столь гигантскими расстояниями, что пространство, которое их содержит, может считаться практически пустым. Парадокс? А дело в том, что объем пространства растет как куб расстояния между галактиками и быстро делает

объем галактик и вмещающей их пустоты несопоставимыми, позволяя нам тем самым наблюдать эти пространства практически прозрачными и пустыми.

По сей день до конца не ясны причины того, почему большинство звезд не имеет собственных планетарных систем, но все же число планет, подобных Земле, крайне важно для нас – ведь только там может зародиться жизнь и появиться разум! Гигантские расстояния практически исключают какую-либо надежду на коммуникацию: нас разделяют сотни и тысячи световых лет – столько длится путешествие квантов света от далеких звездных систем к Земле, но проект поиска братьев по разуму (проект SETI) все же существует.

Но космос – отнюдь не застывшая в вечности световых лет реальность, а наоборот – динамичная, эволюционирующая система, составляющие его галактики, а тем более звезды, не только находится в движении, но и активно обмениваются веществом. Например, в 2017 году, в ходе крупномасштабного моделирования процессов обмена веществом между галактиками, американские астрономы выяснили, что до 50 % материала в нашем Млечном Пути на самом деле – захваченное вещество других галактик! Это позволяет нарисовать картину галактических слияний длительностью в миллиарды лет, известную как модель «галактического каннибализма».

Наша Солнечная система обязана своим существованием взрыву одной или нескольких сверхновых, создавших для этого исходное вещество. Как упоминалось выше, сверхновые звезды теряют устойчивость и взрываются, рассеивая вокруг тяжелые элементы, которые иначе не смогли бы появиться во Вселенной – они обязаны своим существованием термоядерным реакциям, идущим только в недрах звезд. Термоядерный синтез – основной источник энергии, питающий свечение звезд и создающий как энергию света, так и все элементы вещества, которые тяжелее водорода и гелия. Наша Земля, ее биосфера и мы сами сделаны из материала, созданного взрывами сверхновых, за исключением легких элементов, таких как водород. Вся земная вода, в частности, содержит водород, родившийся непосредственно из Большого Взрыва.

С 1987 года, уже около 30 лет, астрономы наблюдают коллапсирующую сверхновую звезду, которая находится на расстоянии 163 000 световых лет от нас в соседней галактике. Это ближайшая к нам сверхновая на пике взрыва давала излучение, как 100 миллионов Солнц. Большая часть ее светимости была вызвана распадом радиоактивного кобальта, возникшего при синтезе, обусловленном гравитационным коллапсом, в ходе которого сверхновая катастрофически сжалась, но вскоре восстановила свой размер за счет вновь зажегшегося термоядерного синтеза.

Исследователи эволюции звезд полагают, что и наше Солнце могло образоваться из остатков таких сверхновых.

Общая теория происхождения Солнца говорит о том, что все началось с гигантского облака молекулярного газа около 65 световых лет в поперечнике, похожего на те, которые существуют до сих пор в нашей галактике. Такие молекулярные облака могут быть, как и все во Вселенной, огромными – их масса более чем в 300 000 раз больше массы Солнца. Облака могут образовываться и распадаться очень быстро по космическим масштабам – менее чем за 10 миллионов лет. Считается, что Солнце сформировалось из «протопланетного диска» менее чем за 50 миллионов лет, что тоже представляет собой относительно короткий по масштабам Вселенной период. При этом важно, что Солнце не было сформировано в одиночку – оно возникло в кластере других звезд, содержавшем от 1000 до 10 000 его звезд-ровесниц.

Недавно была высказана идея, что все обстоит еще сложнее, чем думали раньше, и это вдвойне интересно для нас, ведь разговор в этой книге идет о Солнце. В 2012 году профессор Маттье Гунелле (Matthieu Gounelle), куратор уникальной коллекции образцов «небесных камней» Национального музея естественной истории в Париже, провел моделирование формирования звезд для объяснения высоких содержаний магния-26 и никеля-60 в астероидах.

Его модель опирается на представление о том, что исходно однородная большая туманность начала сжатие под действием собственного тяготения около 4,6 миллиарда лет назад, в результате чего возникло начальное поколение звезд – те звезды, которых никто не видел, так как они давно взорвались.

Их число, видимо, было очень невелико – порядка 5000, и они составили первичное «звездное население», которое теперь принято называть поколение III (Population or POP III), так как оно было открыто в последнюю очередь. Это население составили безуглеродные звезды, достигающие огромных масс – сотен или даже тысяч масс Солнца. Зажигаясь, эти гигантские звезды создают такое давление излучения вокруг себя, что разгоняют окружающее их вещество и в результате не могут подпитываться материей, захватываемой их полем тяготения. В результате, спустя примерно 5 миллионов лет, исходное топливо подходит к концу, звезда теряет устойчивость и происходит катастрофический взрыв; большинство звезд начального населения взорвались как сверхновые, освободив тем самым тяжелые элементы. Еще через 2 миллиона лет оставшаяся часть туманности окончательно сжалась, что привело к образованию второго поколения звезд (Population or POP II). Некоторые из этих звезд имели массу порядка 30 масс нашего Солнца (это неустойчивые красные гиганты, склонные к распаду).

В конце концов одна из этих тяжелых звезд примерно 100 000 лет спустя выбросила тот самый материал, из которого родилось современное звездное поколение (Population I), к которому относится наше Солнце и тысячи других звезд.

Это произошло 4,5682 миллиарда лет назад – такой возраст Солнца получается на основе астероидной методики датировки, созданной Матье Гунелле. Звездные сестры Солнца скрылись в глубинах галактик, а спустя несколько миллионов лет огромная звезда, которая выбросила материал для образования Солнца и его сестер, сама превратилась в очередную сверхновую. Ацтеки называли ее Коатлике – матерью Солнца и матерью богов.

И еще: Солнце со своими планетами сегодня немного меньше в диаметре, чем 4,6 миллиарда лет назад, но светит ярче. Оно еще не прошло половины своего жизненного цикла, поскольку в его составе все еще 74 % «топливного» водорода и только 24 % гелия. Ожидается, что Солнце достигнет «совершеннолетия» в возрасте 10,5 миллиардов лет. В результате небольшого уплотнения ядра солнечная радиация увеличивается на 7 % каждый миллиард лет; сегодня оно излучает почти на 30 % энергии больше, чем при рождении. Термоядерный синтез происходит в центральной «плотной» зоне ядра Солнца при температуре около 15 миллионов градусов Цельсия. Однако при таких температурах вещество Солнца непрозрачно, поэтому прохождение тепла от ядра к излучающей поверхности возможно только вследствие теплопроводности, на что требуется в среднем около 100 000 лет; при этом поверхность Солнца охлаждается уносящим тепло излучением и имеет температуру, к счастью, «всего» 5778 К. К счастью, поскольку излучение солнечного ядра с температурой в миллионы градусов, выйдя оно на поверхность, несомненно, выжгло бы на Земле все, включая Мировой океан.

Спектральный максимум излучения поверхностного слоя (фотосферы) Солнца находится в области видимых зелено-голубых волн, для которых атмосфера Земли почти прозрачна, тогда как другие длины волн, в том числе губительного жесткого и коротковолнового ультрафиолетового излучения, атмосфера в основном не пропускает. Мощность потока излучения, поступающего на внешнюю поверхность атмосферы Земли, составляет 1,367 кВт/м². После прохождения атмосферы часть света рассеивается и интенсивность потока снижается до 1 кВт/м² на поверхности Земли на уровне моря.

Интересные результаты дало проведенное недавно сравнение усредненной солнечной радиации над Европой в течение двух временных отрезков: с 1965 по 1988 год и с 1989 по 2012 год – оно точно выявило вклад загрязнения воздуха. Оптимистичность этого результата состоит в том, что в последние годы поток излучения возрос на 2–3 Вт/м². Это совсем не много, но прелесть результата в том, что фактически измерен эффект от снижения загрязнений. Это

проявилось, например, в исчезновении кислотных дождей: они были бичом Европы XX столетия, а в нашем веке повсеместно исчезли.

В целом же энергия, излучаемая Солнцем, умопомрачительно велика. Каждую секунду 627 млн т водорода превращается в ядре Солнца в гелий – применительно к звездам и нашему Солнцу этот элемент справедливо носит свое греческое имя (Гелиос – Солнце). Невероятное количество энергии Солнце излучает во всех направлениях, а энергия, которую получает Земля, составляет всего миллиардную часть общей светимости Солнца, которую оно обеспечивает 4,6 млрд лет. В 2017 году исследователи обнаружили сюрприз, связанный с ускоренным вращением солнечного ядра. Выяснилось на основе данных, собранных спутником SOHO, исследующего Солнце, что не только поверхность Солнца, но и его объем подвержены дифференциальному вращению: на поверхности скорость вращения максимальна на экваторе (25 дней/оборот) и уменьшается до 35 дней на полюсах, при этом скорость вращения увеличивается и с глубиной, становясь в области ядра в 3–4 раза выше, чем на поверхности, т. е. ядру требуется всего неделя на один оборот.

Последние несколько десятков лет усилия ученых-ядерщиков в Европе направлены на то, чтобы имитировать термоядерный механизм, лежащий в основе работы Солнца, и сопровождаются обещаниями добыть дешевую энергию с помощью термоядерного синтеза. За это время бюджет исследований по термоядерному синтезу достиг 30 млрд евро, которые исправно поступают из грантов международных научных фондов, правда, как правило, без широкой огласки. Однако все больше людей начинают считать, что эти миллиарды тратятся впустую и необходимо оставить попытки имитации происходящего в солнечном ядре.

1.3. Энергетический механизм Солнца

Солнце генерирует энергию за счет процесса, происходящего при колоссальной температуре и огромном давлении, в ходе которого 4 протона ядер атомов водорода сливаются, чтобы образовать ядра гелия. Полное описание процесса состоит в том, что два протона преобразуются в нейтроны, при этом рождаются два позитрона и два нейтрино. Поток неуловимого нейтрино с большим трудом удалось поймать на Земле, и это блестяще подтвердило теорию.

Однако если описание синтеза воспринимается легко и просто, то при практической реализации проекта всегда возникает головоломка, связанная с созданием огромных давлений, так как положительный электрический заряд протонов создает огромную силу отталкивания между ними. Эта сила, препятствующая слиянию, делает невозможным прямой контакт протонов даже при высокой скорости, обусловленной гигантской температурой солнечного ядра.

Надо сказать, что вопрос о том, как Солнце производит свою энергию, всегда вызывал большой интерес у ученых. В XIX столетии Гельмгольц и лорд Кельвин предложили механизм гравитационного сжатия Солнца. Однако вскоре выяснилось, что гравитационной энергии было бы недостаточно, чтобы объяснить длительное существование Солнца. Вскоре после открытия радиоактивности в начале XX века, английский ученый Артур Эддингтон предложил в 1920 году механизм слияния ядер водорода, превращающихся в гелий. Он использовал формулу эквивалентности массы и энергии, найденную Эйнштейном, для подсчета дефекта массы, возникающего как разницы веса ядра гелия (атомный вес гелия 4,0026) и четырех ядер водорода (атомный вес водорода 1,008).

Эддингтон прозревал далеко идущие последствия ядерного синтеза, уже в те годы поднимая вопрос о «контроле над этой силой для предохранения человеческой расы от самоубийства». В целом Эддингтон был абсолютно прав, но «проклятый» вопрос о кулоновском отталкивании протонов долгое время оставался нерешенным. Прорыв произошел лишь в 1928 году, когда русский (впоследствии – американский) физик Георгий (Джорж) Гамов, поступив в аспирантуру к Макс Борну, сумел с помощью квантовой механики обосновать ненулевую

вероятность того, что две одинаково заряженные частицы смогут преодолеть взаимное электростатическое отталкивание в ядре атома. Механизм происходящего он объяснил, используя представление о механизме туннельного эффекта, что породило длительную дискуссию между ведущими физиками того времени – Теллером, Бете, Вайцзеккером и многими другими.

В 1937 году Карл Фридрих фон Вайцзеккер предложил механизм реакции, позже получивший название CNO цикла Бете – Вейцзеккера. Цикл описывает каталитические свойства углерода, азота и кислорода (обозначения которых и составляют аббревиатуру, ставшую названием цикла), которые содержатся в звездах лишь в небольших количествах, но при этом существенно облегчают условия процесса превращения четырех протонов в гелий (прежде всего позволяет звездам иметь намного меньшую массу, чем это характерно для звезд поколения III, где этих элементов нет). Немецкий ученый Ганс Бете, сыгравший впоследствии большую роль в Лос-Аламосе, участвовал в дискуссии на конференции в 1939 году, где предложил цикл CNO для объяснения механизма выработки энергии Солнцем. Однако на этой же конференции, происходившей в Вашингтоне, была предложена альтернатива – прямая реакция между протонами путем туннелирования, которая отстаивалась Гамовым и Критчфилдом. Тогда они сумели доказать свою правоту, а Бете признал, что ошибся. Однако на самом деле в звездах возможны оба механизма, и вопрос в том, какой из них преобладает: если для нашего Солнца преобладающее значение имеет прямой туннельный синтез, то в более тяжелых и горячих звездах (и в звездах поколения II) работает каталитический цикл CNO. В определенном смысле нам повезло, что прямое слияние протонов столь сильно затруднено огромными силами отталкивания между ними и делает скорость слияния минимальной, ведь не будь квантовых ограничений, все протоны могли бы объединиться сразу, а Солнце просто немедленно бы взорвалось.

1.4. Солнце, Земля и мы

1.4.1. Дети Солнца и Земли

Разумно называть Землю нашей матерью, а Солнце нашим отцом. Действительно, на языках с латинскими корнями, таких как французский или испанский, Земля женского рода, а Солнце – мужского. Но в других языках иначе: на немецком языке Земля и Солнце – женского рода, а Луна – мужского. Очевидно, однако, что и такая параллель ошибочна, так как упускает из виду, что наше повседневное существование полностью регулируется лишь парным поведением Солнца и Земли.

Возьмем, например, сон. Он рожден регулярной сменой дня и ночи при движении Земли в лучах Солнца. Или возьмем разницу во времени: Солнце диктует местное время, поэтому происходят временные сдвиги при путешествиях на большие расстояния, когда приходится переводить часы.

1.4.2. Рождение Земли

Вероятно, Земля и все планеты произошли из той же плоской туманности молекулярного водорода, которая породила и наше Солнце. Рождение планет должно было произойти вскоре после образования нашей звезды, «всего лишь» от 10 до 100 миллионов лет спустя. Мнение об общности происхождения основано на том, что орбиты всех планет лежат в той же плоскости, что отвечает собственному вращению Солнца. Первым, кто предположил, что планеты образовались конденсацией из вращающейся туманности-небулы, был Иммануил Кант, а чуть позднее идею развил Пьер-Симон Лаплас. В 1943 году Карл фон Вайцзеккер, который, как мы упоминали, работал над проблемой энергетики Солнца и CNO-катализом ядерной реакции, выдвинул еще одну столь же далеко идущую гипотезу о том, как могла бы образоваться наша

Земля и все планеты, объяснившую с помощью орбитальных резонансов давно мучившую астрономов загадку, известную как правило связи средних радиусов планетарных орбит (правило Титуса – Боде).

Вайцзеккер также предполагал, что планеты должны были первоначально иметь состав элементов, идентичный Солнцу, т. е. содержать более 98 % водорода и гелия плюс небольшой процент тяжелых элементов. На планетах, расположенных ближе к Солнцу, таких как Земля, легкие элементы выбрасывались, как из пращи, из-за их быстрого вращения, что привело за миллиарды лет к обогащению планет более тяжелыми элементами. Внешние планеты, расположенные дальше от Солнца, были более холодными, наличие льда помогало им в удержании водорода, поэтому современная пропорция содержания водорода в Юпитере и его содержание в составе Солнца практически совпадают.

В настоящее время точный химический состав Земли и Солнца нам известен. Земля содержит в основном 4 элемента: кислород, железо, кремний и магний. Все остальные составляют не более 0,3 % общей массы Земли и, как уже упоминалось, все эти элементы ранее были сформированы в массивных звездах при температурах, более чем в 100 раз превосходящих жар ядра Солнца.

После истощения водорода звезды продолжают синтез, используя в качестве топлива гелий, но из-за нехватки энергии сжимаются, а температура продолжает расти. В последующей череде ядерных синтезов сначала образуются углерод и кислород, затем магний и кремний, а после достижения температуры в 3 миллиарда градусов К начинается возникновение железа. Образование железа – сигнал, что звезда приближается к состоянию, близкому к взрыву сверхновой, тогда как элементы более тяжелые, чем железо, возникают уже в пламени самого взрыва.

Интересно, что Солнце содержит все те же тяжелые элементы, что и Земля, но в пропорции 1,76 %, тогда как остальное – водород и гелий. Доли тяжелых элементов на Солнце не совсем те же, что на Земле, но их пропорции между собой очень близки – это относится не только к кислороду, имеющему на Земле самую высокую концентрацию, но справедливо и для пропорции железа, кремния и магния на Солнце.

На сегодня предложен целый ряд моделей формирования планет. Можно полагать, что это одна из тем, в которой окончательного решения никогда не будет, во всяком случае до тех пор, пока последний физик не скажет свое последнее слово. В настоящее время можно считать преобладающей так называемую SNDM-модель (Solar Nebular Disk Model – модель солнечного небулярного диска), которая описывает рождение протопланет. Модель, содержащая соответствующие уравнения, впервые появилась в книге российского ученого Виктора Сафронова, вышедшей на русском языке в 1969 году, а в 1972 году – на английском. Но в целом она не так уж сильно отличается от модели Вайцзеккера.

1.4.3. Астероиды и кометы

Существенным процессом формирования основной массы нашей Земли было накопление космической пыли в виде плоского орбитального диска. За этим последовал выброс большей части водорода и началась массивированная бомбардировка астероидами и кометами. Полезно напомнить, что одним из таких столкновений, пережитых примитивной Землей, была «ударная» встреча с небольшой протопланетой, что и привело к рождению Луны.

Астероиды, чьи ледяные уколы столь часто достигают Земли, происходят из «пояса Койпера» – области, лежащей за пределами планеты Нептун. Это «отходы» образования Юпитера и, следовательно, они столь же стары, как и сама Солнечная система. Вращаясь вокруг Солнца, они, как правило, имеют возможность иногда пересекать орбиту Земли.

Считается, что кометы отличаются от астероидов тем, что приходят извне Солнечной системы. Число комет исчисляется миллиардами, но лишь 184 из них идентифицированы как

обладающие периодом возвращения к Солнцу. Состоят кометы в основном из ледяного ядра, пыли и газов. Под солнечными лучами лед испаряется и кометы распускают пышные хвосты на расстояние до 10 миллионов километров. Совершив приблизительно 500 оборотов вокруг Солнца, кометы становятся простыми скалами, точно такими же, как астероиды.

Замечательным прорывом современной астронавтики стал визит искусственного модуля-лаборатории «Rosetta» на комету «Чурюмова – Герасименко» («Tchouri») в 2016 году. Несмотря на то что модуль разбился при посадке, он сумел измерить и передать изотопный состав ксенона в атмосфере кометы, а это в свою очередь позволило путем сопоставления с образцами на Земле и солнечными спектрами прийти к выводу, что вода в составе кометы не принадлежит Солнечной системе.

По-видимому, в ходе формирования нашей Земли порядка 1 % воды должно было принадлежать кометам, что составляет 1/100 000 массы океанов. Остальная часть нашей земной воды, видимо, происходит от астероидов и пород первоначального диска, образующего первичную Землю. Считается, однако, что именно кометы занесли на Землю первые органические молекулы – аминокислоты, такие как глицин, т. е. жизнь обязана своим происхождением панспермии.

Формирование нашей Земли должно было завершиться довольно быстро, включая образование Луны. Мировой океан Земли 4,4 миллиарда лет назад уже существовал. Выставка, открывшаяся в 2018 году в Национальном музее естественной истории в Париже под названием «Метеориты между небесами и землей», продемонстрировала образцы многих различных типов астероидов, в том числе астероиды, «выжившие» со времен образования Солнца. На рис. 1.1 показано поперечное сечение такого образца. На снимке видны яркие зерна, заключенные в коричневую матрицу. Эти зерна образовались при очень высоких температурах в окрестности рождающего их Солнца. С помощью этих образцов можно гораздо точнее узнать возраст нашего Солнца, как отмечалось ранее. Матрица, куда углублены вкрапления, образовалась из той же пыли, из которой первоначально сформировалось Солнце и его планеты, т. е. она намного старше Солнечной системы.



Рис. 1.1. Шлиф поперечного разреза астероида – ровесника нашей Солнечной системы, содержащего материал, из которого она была сформирована. (Фото автора)

Напомним, что современное представление состоит в том, что Солнечная система сформировалась из огромного облака, содержащего более 98 % водорода и 1,7 % пыли, о которой идет речь. Спеченная пыль в образцах астероидов находится в состоянии минералов, называемых хондритами. Из той же пыли образовалась и наша Земля. Другие типы метеоритов богаты углеродом и органическим материалом – основными элементами живого, хотя не имеют следов жизни как таковых.

Интересно, что большинство астероидов, собранных на Земле, состоит из чистого железа. До того как человек научился производить железо из железной руды (до начала «железной эры»), люди не имели доступа к другим источникам твердых металлов, кроме метеоритного железа. Говорят, что даже кинжал из гробницы Тутанхамона был сделан из железа астероидного происхождения.

Кроме того, «метеоритное» железо, извлеченное из астероидов, родственно железу в ядре нашей Земли. Многие астероиды сами имеют, подобно нашей планете, расплавленное железное ядро, мантию и твердую минеральную кору. Целое семейство подобных астероидов, порой лишь в виде частей и обломков, объединены под именем Весты, имеющей 576 км в поперечнике. У астероидов такого размера обнаруживается даже спонтанный вулканизм.

1.4.4. Земля, готовая к жизни

Расположение Земли в Солнечной системе создает ей большие преимущества для развития жизни. Например, от астероидов нас «затеняет» гравитационное поле Юпитера, которое не позволяет основной массе орбит астероидов пересекаться с орбитой Земли.

Жизнь на Земле могла возникнуть на основе тех ингредиентов, которые были принесены в момент формирования планеты астероидами: углерода, который является основой всех био-

химических процессов, и воды. Собранные вместе обозначения элементов жизни приводят к акрониму CHONPS – из буквенных обозначений химических элементов С – углерод, Н – водород, О – кислород, N – азот, P – фосфор и S – сера.

Кроме химического родства, существует и иная связь Земли с Солнцем. Расплавленные сплавы железа во внешнем конвективном контуре жидкого ядра Земли находятся в постоянном движении и создают эффект динамо. Без магнетизма, созданного этим током, протоны, составляющие основную массу солнечного ветра, не отклонялись бы по силовым линиям, а легко снесли бы наружную часть атмосферы Земли (чем, несомненно, очень сильно повредили бы ее пригодности для жизни).

Для сохранности чередования времен года на Земле важно, чтобы ось угла наклона планеты к плоскости орбиты вокруг Солнца (плоскости эклиптики) оставалась неизменной. Эта стабильность достигается благодаря наличию массивного спутника – Луны, имеющего высокую плотность и значительный размер – диаметр около 3,5 тыс. км. Марс, к примеру, обладает двумя весьма легковесными спутниками – это Фобос и Деймос, диаметром 22 и 12 км соответственно, хотя, скорее всего, это захваченные его тяготением астероиды. Вследствие отсутствия мощного противовеса-стабилизатора, аналогичного Луне, наклон оси вращения Марса подвержен влиянию других планет и хаотически менялся за миллионы лет – от 10 до 60 градусов и более.

Комфортность температуры на Земле действительно замечательна, если учесть, что на самом деле Земля является весьма опасным местом: температура в космическом пространстве не выше 20 К, а земная поверхность, на которой мы живем, заключена между ядром Земли, температура в котором около 7000 К, и поверхностью Солнца, излучающей при 5778 К. Теплота внутри Земли поддерживается со времен ее образования за счет распада урана-238 с периодом полураспада 4,5 миллиарда лет. Это тепло наглядно проявляет себя вулканизмом, однако не столь значимым для температуры поверхности Земли, где доминирует излучение Солнца. При этом более 31 % излучения Солнца отражается обратно в космос (и благодаря тому, что отражение носит объемный характер, рассеяние излучения в атмосфере придает Земле красивый густой синий цвет, наблюдаемый из космоса). Поглощаемая часть солнечного излучения в конечном итоге превращается в тепло – это относится не только к той солнечной энергии, которая преобразуется фотомодулями в электричество, но и к энергии круговорота воды, которая позволяет вырабатывать энергию гидроэлектростанций – вся эта энергия в конечном итоге превращается в работу, эквивалентом которой, по закону Джоуля, является тепло. В результате Земля поглощает излучение Солнца с максимумом, отвечающим температуре солнечной фотосферы (около 5800 К), расположенном в видимом спектре на длине волны около 0,5 микрон, а излучает – точно такое же количество энергии, но уже как тепло в инфракрасном диапазоне с максимумом на длине волны около 10 микрон, отвечающей температуре поверхности, находящейся при 300 К.

Эффективная планетарная температура Земли без учета атмосферы, но с учетом реального отражения (величина альбедо 33 %), составляет 254 К, или $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$. Однако в атмосфере работает парниковый эффект, создаваемый парами воды и другими так называемыми парниковыми газами, которые добавляют к этому ледяному холоду недостающие 35 градусов и превращают планету в комфортное место со средней температурой $15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Окидывая взглядом извилистую дорогу, пройденную развитием жизни на Земле, можно отметить, что периоды относительного благополучия сменялись катастрофами, уничтожившими огромное число видов, созданных эволюцией; данные палеобиологии свидетельствуют о пяти исторических периодах глобальных массовых вымираний. Если организмы и выжили, то только благодаря их чрезвычайной жизнеспособности. Одним из таких драматических моментов в развитии живого стал рост концентрации свободного кислорода в воздухе более

двух миллиардов лет назад, что было губительно для анаэробных прокариотов, царство которых продолжалось также без малого два миллиарда лет.

1.4.5. Последний ледниковый период

Только «недавно», примерно 9–10 тысяч лет назад, закончился последний ледниковый период. Это был глобальный катаклизм, но его окончание вызвало наводнение, которое стало еще более страшной катастрофой.

Ледниковый период длился 100 тысяч лет. Если принять во внимание то многое, что может произойти всего за тысячу лет (ведь даже открытие Америки произошло всего 500 лет назад), то трудно представить, какой колоссальной продолжительности отвечают эти 100 тысяч лет для человеческих популяций различных видов, живших в те времена. А ведь на самом деле это были наши прямые предки.

Открытия последних лет говорят о том, что возраст *Homo sapiens* на всех известных территориях составляет не менее 300 тысяч лет. Доказательства найдены не только в Восточной Африке, где климат благоприятен для сохранения останков человека, но также в Марокко, на Балканах и на территории современной Германии были найдены следы первых людей нашего вида. Период в 100 тысяч лет для ледникового периода вмещает приблизительно 3000 поколений наших предков. У них было достаточно времени для расселения по Земле.

Во время последнего ледникового периода (а до того было еще нескольких других), около 32 % суши были покрыты льдом высотой до 3 км. Крутые ледяные мосты охватывали и соединяли все северные части Европы, Азии и Америки, а также самые южные районы Южного полушария. Горы, такие как Альпы или Тибет, были покрыты льдом. Воздушные включения в полярных ледяных кернах служат доказательством того, что в те времена содержание парниковых газов в воздухе уменьшилось почти наполовину. Эффект охлаждения, видимо, был дополнительно усилен некоторыми крупными вулканическими взрывами. Например, вулкан Тоба, извергавшийся 74 000 лет назад, мог быть одним из многих, кто засорял воздух аэрозолями, а их попадание в стратосферу приводило к мощному отражению солнечного излучения.

Условия жизни, должно быть, были столь ужасными, что мало кому удавалось выжить. Возможно, жизнь сохранялась в пещерах, таких как в Южной Франции и Испании (где нам предки оставили прекрасные рисунки того периода) или в пещерах Германии, где недавно были обнаружены впечатляющие артефакты. Немногие оставшиеся в живых стали прародителями целого древа языков, а индоевропейская языковая ветвь – всего лишь одним из ответвлений на нем. Английский, немецкий, французский, испанский, русский или индийский языки являются его частью, хотя в него, в частности, не входят африканские языки.

Расхождение между африканским и европейским населением должно было произойти очень рано. Несмотря на стресс, от которого страдал *Homo sapiens* в течение столь долгой ледниковой эры, он сумел проявить свой интеллект не только в искусстве, но и в создании наших оригинальных языков. То, как мы говорим сегодня, – это всего лишь последовавшие диалекты изобретенных теми людьми языков.

1.4.6. Гефаисты

Шло время и температура повышалась, а лед постепенно таял. Спустя примерно 9000 лет, к 7000 году до н. э., растаяло 2/3 льда и закончился продолжительный ледниковый период. Пока еще не совсем ясно, какие явления привели к прогрессивному потеплению. Сначала была предпринята попытка объяснить это естественным изменением потока излучения Солнца в ходе так называемых циклов Миланковича. Земная орбита вокруг Солнца не только слегка эллиптическая, но и претерпевает прецессию, обусловленную гравитационным влиянием Юпитера и Сатурна, вследствие чего наклон оси Земли колеблется между 22,1° и 24,5° в течение

цикла в 41 тысячу лет. Однако поток солнечного излучения, приходящего на Землю, мало меняется из-за эволюций орбиты Земли: 10,7 тыс. лет назад наклон оси был максимальным, а в настоящее время он равен $23,44^\circ$, т. е. проявляется небольшая тенденция к охлаждению. Известны и другие циклы движения Земли вокруг Солнца. Еще со времен Платона знали, что каждые 2150 лет Земля проходит через новый знак из 12 знаков Зодиака. В настоящее время мы находимся в знаке Водолея.

Считается, что изменение климата, связанное с ледниковым периодом, было слишком экстремальным, чтобы объяснять его теми вариациями солнечного излучения и температурой, которые дает прецессия оси вращения. Поэтому вместо этих механизмов были предложены более радикальные воздействия – столкновения (импакты) с астероидами или кометами.

Например, некоторые исследователи считают, что комета, названная Гефестисом, должна была сыграть определенную роль в древних катаклизмах. Эта комета – один из 400 идентифицированных представителей семейства астероидов, во многом схожих с кометами, за эту двойственность названных кентаврами. Кентавры имеют размер от 50 до 100 км, что существенно больше, чем у большинства других комет. Гефестис, должно быть, был разрушен гравитацией при приближении к одной из внутренних планет Солнечной системы около 100 тысяч лет назад. Он разлетелся миллионами осколков, многие из которых достигли Земли. Несколько значимых импакт-событий зафиксированы ближе к концу последнего ледникового периода. Первое из них датируется 29 000 лет назад, еще одно – около 17 000 лет назад, они известны по следам, оставшимся во льдах Антарктиды. В 1972 году съемка со спутника «Landsat» заставила предположить, что круглое озеро Sithylemenkat lake в центральной Аляске, расположенное во впадине диаметром 12,4 км, имеет метеоритное происхождение с возрастом более 12 тысяч лет. Это положило начало исследованию нового импакт-события – воздушного взрыва кометы диаметром около 100 км над Аляской и Сибирью, произошедшего в верхнем дриасе – так называемый YDB-impact (Younger Dryas boundary cosmic-impact). В Австрийских Альпах (Кефельс) около 8500 лет назад произошел гигантский оползень, предположительно вызванный ударом метеорита примерно 250 м в диаметре. Это событие тоже могло стать прототипом мифов о «рухнувших небесах».

Египетская Книга мертвых, написанная около 6000 лет назад, сообщает о целой череде космических катастроф. Может быть, плодородная до того Сахара стала жертвой одного из космических импактов, спровоцировавшего локальное изменение климата около 7000 лет назад? Более трех тысяч лет назад египтяне описали комету, которая летела от Индии до Северного моря в виде огненного шара, после чего последовали землетрясение и цунами. Описанные в египетской истории события – начиная с «нашествия народов моря», связанным с катастрофой бронзового века (XIII в. до н. э.), а также ветхозаветная притча о десяти казнях (бедствиях) Египта, вполне могли иметь под собой реальную основу и быть историческим свидетельством последствий крупных импактов. Об этом же, возможно, повествуют сохранившиеся китайские легенды про дракона Конг-Конга, который разрушил один из столпов неба с драматическими последствиями. Они отсылают нас к последствиям астрономических событий, произошедших 4350 лет назад.¹

1.4.7. Великий потоп

Результатом «большого таяния» после оледенения стали апокалиптические потоки воды и продолжавшиеся несколько тысяч лет проливные дожди и гигантские волны цунами. Считается, что большинство наших предков тогда погибло – вместе с миллионами видов животных.

¹ Недавно была высказана версия об астероиде, который вращался в атмосфере Земли около 7 тыс. лет назад, о чем в древних китайских летописях упоминается как о времени десяти солнц. Падение такого астероида на Землю могло дать импульс движению континентов и породить множество последствий, включая «потоп». – *Прим. ред.*

Уровень моря поднялся на 130 м. Для сравнения: то изменение климата, которое стало следствием современной индустриализации, привело к изменению уровня моря всего на несколько сантиметров. Подъем более чем на 100 м привел к перемещению береговых линий вглубь континентов. Англия снова стала островом, а наземный мост между Аляской и Сибирью ушел под воду. Средиземноморский бассейн наполнился и воссоединился с Атлантическим океаном. Океанские рыбы были вынуждены адаптироваться к пресной воде, разлившейся по поверхности океана после таяния льдов.

Большой потоп сохранился в памяти наших предков. Впервые упоминание о нем находят в древнейших шумерских текстах. В Библии также есть легенда, связанная с Великим потопом, в которой Ной выступает спасителем биоразнообразия.

1.4.8. Парадокс

Еще одна ветхозаветная легенда – история рая, существовавшего «в начале всех времен». В последнее время исследователи предполагают, что нашли его. Считается, что он должен быть там, где в настоящее время целый флот танкеров загружает большую часть мировой нефти – в Персидском заливе. Сегодня глубина залива достигает 90 м, но среднее значение – 50 м. В ледниковый период, до «потопа», это была территория с тремя реками, обеспечивающими пресную воду. Предполагается, что здесь у человека была легкая жизнь, и местный климат позволял обеспечить пищу и комфортную жизнь без особых усилий.

Но дело в том, что близлежащая Сахара, расположенная на той же широте, прежде чем стать безжизненной пустыней, была заселена к концу ледникового периода различными кочевыми племенами и крупными животными, такими как слоны и львы. Частью Сахары был и Египет. Предполагается, что важные предшественники египетской цивилизации появились в тех краях еще до эпохи фараонов, когда климат не был еще столь засушлив. Многочисленные споры не обходят вниманием и загадку сфинкса в Гизе. Известно, что он был построен как лев, но затем его голова была превращена в голову фараона. Голова непропорциональна по размеру, что свидетельствует об изменении первоначального замысла. Все тело льва покрывают следы потоков воды – намек на то, что он был построен, возможно, 7000 лет назад, перед большим потопом.

1.4.9. Колыбель цивилизации

Предположения, что рай был затоплен позже, чтобы стать Персидским заливом, получают дополнительную поддержку тем фактом, что первая в мире цивилизация началась чуть-чуть севернее – в Месопотамии (современный Ирак). Поселения людей там можно проследить до 7000 лет назад – таких городов древности, как Ниневия или Урук. Это было уже после того, как наводнение закончилось. Шумеры, первые, кто жил там, основали первые постоянные поселения, построили первые города и королевства, организовали сельское хозяйство, ирригацию, земледелие, администрацию и установили верховенство закона. Шумеры были первыми в изобретении колеса, керамики и письменности – за 200 лет до того, как древние египтяне начали писать. Шумеры первыми разделили круг на 360 градусов и оставили нам систему измерения углов, используемую и сегодня. Видимо, они изобрели и «капитализм», так как впервые в истории у шумеров можно было обладать личным богатством. Для библейского «творения» они придумали неделю, состоящую из семи дней. Несколько позже вавилоняне, также в Месопотамии, составили год из 12 месяцев, каждый из которых наступает через 30 дней, по 24 часа каждый. Они делили час на 60 минут, а тот – на 60 секунд, и до сего дня система измерения времени (и углов) не стала десятичной.

Сказание о Гильгамеше, герое шумерского города Урука, стало началом мировой литературы.

1.4.10. Угрозы астрономических бедствий

Человечеству сегодня угрожают три основные опасности: метеориты, изменение климата и атомная война. Два последних мы обсудим позже, а чтобы завершить разговор об астероидах и метеоритах, мы должны под конец упомянуть о Тутатисе (Toutatis) – астероиде, названным так в честь галло-кельтского бога. Он является частью семейства под названием «Аполлон», которое содержит более 8000 астероидов размером около 10 км². Все они регулярно пересекают орбиту Земли. Тутатис подходит к Земле каждые 4 года, самый близкий его подход был в 2004 году, когда он пролетал от нас на расстоянии всего лишь в 4 раза большем, чем от Земли до Луны. Его размер впечатляет – это 4,6×2,4 км. Это не намного меньше того камня диаметром 10 км, удар которого, по-видимому, привел к вымиранию динозавров 65 миллионов лет назад. Мы хорошо знакомы с Тутатисом, так как китайский космический зонд сумел пролететь над ним и фотографировать его.

А еще есть Флоренс – астероид диаметром 4,4 км, даже немного больший, чем Тутатис, лишь немного разминувшийся с Землей совсем недавно – 1 сентября 2017 года, когда он прошел в 0,04723 а. е. (7,0845 млн км) от центра Земли.

Глава 2

Энергия для жизни

2.1. Что же такое хорошая энергия?

Для нас само собой разумеется, что энергия имеет фундаментальное значение для человеческого существования. Представить себе, что все энергоснабжение внезапно исчезло, равносильно тому, чтобы поставить всю нашу жизнь «на паузу». Энергия необходима нашей экономике для отопления и охлаждения, для приведения в движение транспорта и подачи в дома электричества, энергия делает прекрасной нашу жизнь и окружающую среду. Даже в сельском хозяйстве, которое, по большому счету, механизировано, отключение энергии имело бы драматические последствия само по себе, не говоря уже об эффекте, который окажет снижение поставок продовольствия.

Общие затраты на получение энергии в мире достигают 1800 млрд долл. в год, что составляет 2,4 % мирового ВВП, а мировая энергетика создает сотни миллионов рабочих мест. При этом загрязняется атмосфера и изменяется климат, что ведет к росту неустойчивости в потреблении энергии. Порожденный индустриализацией и обгоняющий экспоненту рост народонаселения в мире придает сегодня мировому производству и потреблению энергии гигантские размеры.

Обращаясь к тому, какие виды энергии существуют сегодня, следует сделать основной акцент на электричестве, поскольку оно наиболее сложно в потреблении и не менее сложно в производстве. Используется электричество большей частью в промышленных электродвигателях, для роботизации и автоматизации индустриальных процессов, а также в производственных системах контроля качества. Электричество сегодня не только полностью обеспечивает наши потребности в освещении, но и создает саму возможность существования столь бурно растущего сегмента спроса, как информатика и бытовая электроника.

Стоит обратить внимание на присущее энергетике неотъемлемое право на инвестиции, обусловленное ее мега-важной ролью в нашем существовании. Ведущую роль в реализации этого права играет политика, что создает порой почву для появления оторванных от реальности и принципиально ошибочных проектов, в которых сотни миллиардов долларов оказывались потраченными впустую. Ярким примером этого служит провал программ создания ядерной энергетике во всем мире, которые были одобрены чрезмерно оптимистичными политиками, запустившими на политическом уровне крупные правительственные программы с финансированием из государственного бюджета. Примером из той же серии является слепое предпочтение раз за разом энергии угля, без учета возможных альтернатив.

Каковы в конце концов критерии «хорошей энергии»?

Постоянными составляющими для выбора тех или иных вариантов инвестиций в национальном или региональном масштабе, должны служить такие показатели, как:

- устойчивость поставок, включая риски и расходы ради обеспечения безопасности;
- совместимость с природной средой региона и вклад в мировое изменение климата;
- оптимальная цена производства и тарифов пользования, рентабельность инвестиций;
- демонополизация рынка поставок, вклад инвестиций в региональное развитие и местный бюджет, социальный комфорт создаваемых рабочих мест и уровень жизни, доля ручного труда и уровень индустриализации;
- сохранение мира и международное сотрудничество.

Ставка в этом выборе велика – это триллионы долларов инвестиций и столь значимые направления усилий, как борьба с неоправданным разрастанием мегаполисов, охрана ценно-

стей и интересов сельского населения, борьба с постоянно растущим разрывом между богатыми и бедными, поддержка развивающихся стран и борьба с бедностью в их сельских районах, борьба с этническими и гражданскими конфликтами и войнами, нищетой беженцев и мигрантов. Именно в решении этих задач разумная энергетическая политика может помочь найти правильные решения, как бы ни амбициозно звучало это заявление.

2.2. Хороший, Плохой и Страшный

2.2.1. Что такое хорошо

Солнечную энергию и порождаемые Солнцем возможности генерации в био- и гидроэнергетике, а также энергию ветра, в целом будем характеризовать термином «хорошая энергия». Однако между ними есть важные различия, которые заслуживают того, чтобы к ним более пристально приглядеться.

Во-первых, все эти виды энергии свободны от прямого выброса углерода в виде парниковых газов. Поэтому они получают огромную поддержку в рамках политических дискуссий об изменении климата. Прошедшая в 2015 году в Париже 21-я конференция в рамках COP 21 (Рамочная конвенция ООН об изменении климата) приняла решение об ограничении выбросов парниковых газов для сохранения климата. Но будьте осторожны: к энергиям с низким или нулевым углеродом часто присоединяют «безбилетника» – атомную энергию. На упомянутой большой политической конференции можно было заметить, что все ядерные лоббисты исправно несли свою вахту, чтобы иметь возможность протолкнуть «безбилетника» и поддержать новые возможности, которые, как они себе вообразили и пытались заставить вообразить других, представились «безуглеродной» атомной энергетике в свете проблемы изменения климата.

Давайте внесем ясность. Сегодня климат не может быть защищен энергиями, традиционно считающимися безуглеродными. Позиция автора состоит в том, что климат может быть сохранен только с помощью возобновляемой энергии (позже мы вернемся к тому, почему она не может быть ядерной).

Особой проблемой в обсуждениях является непостоянство выработки энергии возобновляемыми источниками. Вопрос закономерный, ведь как поток солнечных лучей, так и поток ветра обладают естественным свойством время от времени прерываться – поэтому для фотоэлектрических и ветровых преобразователей эта проблема несомненно существует, поскольку наиболее фундаментальным вопросом энергоснабжения является его доступность в любое время дня и в любой сезон года. Однако тепловые или электрические устройства накопления и хранения энергии почти всегда могут помочь преодолеть этот недостаток, во всяком случае, в краткосрочной перспективе. А в долгосрочной – прогнозы погоды становятся все более надежными, «урожаи» энергии Солнца и ветра становятся все более предсказуемыми, поэтому включение инструментов планирования позволяет обеспечить необходимый объем рыночных поставок. Если дело касается основных сфер применения энергии, то комбинации различных видов возобновляемой энергии Солнца позволяют найти наиболее целостное решение – как правило, они удачно дополняют друг друга.

Но по большому счету прерывность лежит в основе получения любого вида энергии, т. е. возобновляемые источники – отнюдь не исключение. Проявляется это даже в самых стандартных вопросах эксплуатации и обслуживания оборудования (Operations & Maintenance, O&M). Возьмем, например, данные, представленные Всемирным энергетическим советом (World Energy Council, WEC) за 2016 год. Среднее годовое время работы для станций на биотопливе составляло 4500 часов, для гидростанций – 3700 часов, для ветровой электроэнергии

– 2000 часов, для солнечных фотоэлементов – 1170 часов. Однако полное время эксплуатации тепловых (на угле) и атомных станций далеко не непрерывно, для них характерен показатель на уровне 4000 часов, т. е. менее полугода непрерывной работы (год = 365 дней = 8760 часов).

В солнечной энергетике есть важная градация, между фотоэлектрической генерацией (Photo Voltaic, PV), которую мы рассмотрим ниже в деталях, и механизмом концентрации солнечной энергии, так называемыми тепловыми солнечными электростанциями (CSP). Последние используют концентрацию лучей Солнца с помощью вогнутых зеркал, чтобы получить тепло, которое затем преобразуется в электроэнергию. По сравнению с фотоэлектрическим преобразованием этот механизм генерации имеет целый ряд недостатков. Во-первых, тепловой механизм генерации работает только в крупных энергоблоках – поэтому здесь этот механизм примыкает к традиционной энергетике и ее «консервативному» лобби, так как они предпочитают крупную генерацию. Однако при сопоставлении PV и CSP солнечные фотоэлементы являются сегодня победителями, имея «за спиной» более чем 400 ГВт установленных мощностей на этом типе преобразователей во всем мире, и еще порядка 80 ГВт добавляется каждый год. В то время как генерация на базе CSP суммарно достигла всего 4,7 ГВт, но главное, что новых мощностей нет даже в проекте.

Для концентраторов необходимы прямые солнечные лучи, и это является недостатком, который ограничивает использование «теплоулавливающего» механизма только в пределах «солнечных поясов» – богатых солнцем районов, часто представляющих собой безжизненную пустыню. Но главный недостаток этого направления в том, что стоимость электроэнергии, которую он производит, вдвое выше, чем у обычных фотоэлектрических преобразователей. В конце концов именно это его и «добивает», определяя рыночный провал.

Однако вплоть до сегодняшнего дня у технологии CSP есть синдикат сторонников, которых можно найти и в международном энергетическом агентстве (МЭА) в Париже. Среди них числится «Гринпис» и даже одно время «Google» записался в их ряды, хотя позже вышел из проекта CSP. Есть у них и своя ассоциация – Европейская ассоциация солнечно-теплого электричества (European Solar Thermal Electricity Association, ES TEA).

Но в отличие от проектов PV, у которых есть тысячи производителей, а мест для инсталляции существует великое множество, производителей CSP немного, так же, впрочем, как и мест в мире, подходящих для их установки. Термальная станция «Абенгоа» в Испании была мировым лидером, которого в 2010 году хвалил даже президент Обама; это неудивительно, если учесть, что гарантия на кредит в размере 2,9 млрд долл. от правительства США была получена этим проектом именно во время его президентства. До недавнего времени технология CSP занимала 25 % рынка всех солнечных электростанций по всему миру. Но из баловня энергетической индустрии она катастрофически быстро превратилась в финансового инвалида – потеря 1,3 млрд долл. в 2015 году обесценила рыночную стоимость проектов сразу в 10 раз. Сегодня деловая активность на CSP затухает.

Исторически Испания была пионером в CSP. В период с 2010 по 2013 год было установлено 30 станций мощностью от 50 до 200 МВт каждая. К 2017 году Испания должна была установить еще 2,3 ГВт CSP, но после 2013 года дело не продвинулось вперед ни на шаг. Испанские предприятия CSP выработали в 2016 году в сумме 5 ТВт·ч электроэнергии, что соответствует удельной мощности около 2,1 кВт·ч на ватт установленной мощности в год – это близко к среднегодовым показателям фотоэлектрических установок (PV) в этой стране. Тем не менее, когда Испания в 2013 году прекратила всякую поддержку солнечной энергии, как по CSP, так и по PV-технологии, для первой это оказалось фатальным, тогда как вторая продолжила самостоятельное развитие.

Следом за Испанией в инвестирование в CSP включились Марокко, ЮАР, Абу-Даби и Раджастан в Индии. Станции «Noor I», «Noor II» и «Noor III» в Марокко достаточно крупные, строительство последней завершено в 2017 году. Вместе они имеют установленную мощность

500 МВт, а их строительство обошлось в 2 млрд евро. Правительство продает электроэнергию по 19 центов за киловатт-час. Строительство финансировалось за счет государственных средств, немецкого KfW-банка, французского агентства развития AFD, банка ЕС – BEI и Африканского банка развития. Уже начато строительство «Noor IV», однако этот проект уже переключился на технологию PV.

Существуют три типа технологий для реализации CSP. Лидирующей разновидностью являются параболические концентраторы, применяемые на 90 % станций в мире, далее следуют башенные электростанции (солнечная печь на башне, окруженной зеркалами) и, наконец, линзы Френеля (их, в частности, планировалось использовать в несостоявшемся проекте Роснано в России).

Помимо Испании величайшими энтузиастами технологии CSP стали Соединенные Штаты. В настоящее время в США работает несколько станций по 250 МВт, имеющие суммарную мощность 1,74 ГВт. Например, вторая в мире по величине станция на технологии CSP – это проект IVANPAH в пустыне Мохаве в Калифорнии, состоящий из трех башен с суммарной установленной мощностью 390 МВт. Проект был реализован «Bright Source» и «Bechtel» и стоил 2,2 млрд долл. Строительство велось в кредит под правительственную гарантию в размере 1,6 млрд. Запуск состоялся в феврале 2014 года. Позднее агентство «Associated Press» сообщило, что станция произвела в том году только половину ожидаемого объема электричества.

Но надо сказать, что за кулисами событий именно Германия была великим промоутером технологии CSP. Группы в Национальном центре аэрокосмических, энергетических и транспортных исследований Германии (DLR-центр) и Юлихском ядерном исследовательском центре в сотрудничестве с Центром Солнца в Альмерии, Испания, давно вели исследовательскую работу по концентраторному направлению. Однако, поскольку в Германии не слишком подходящий климат для установки этого типа станций, родилась идея проекта по постройке крупнейшей в мире системы солнечных электростанций в Сахаре – «DESERTEC». Эта концепция предполагала установку крупных CSP-станций в Северной Африке с последующей передачей произведенной электроэнергии в Германию по линии постоянного тока. Несмотря на то, что это была абсолютно сумасшедшая идея со многих точек зрения, она, тем не менее, получила большую поддержку от некоторых солнечных энтузиастов в Германии. Бюджет проекта, составленный в 2009 году, был невероятным – 400 млрд евро. Для его реализации в Германии была создана компания «Solar Millennium AG», а 20 крупнейших компаний стали ее акционерами – среди них крупнейшая страховая компания «Munich Re» и такие гиганты, как «Siemens», «Deutsche Bank», «RWE» и даже... Римский клуб. Благодаря своим связям в Испании «Solar Millennium» принимала участие в строительстве многих станций CSP. Предполагалось, что одним из шедевров станет установка CSP мощностью 1 ГВт в местечке Блайт, штат Калифорния. Но в конце концов реальность перевесила: акции «Solar Millennium» потеряли порядка 80 % на фондовом рынке и компания объявила о банкротстве в 2011 году. Интересно, что официально декларированной причиной банкротства стало то, что технология PV дешевле. Впоследствии проект «Блайт» был модифицирован в сторону уменьшения мощности и перехода на технологии PV.

Вместе с «Solar Millennium» умер и проект «DESERTEC». Лично я не был опечален этим, так как вместе с Германом Шеером в Германии сражался за то, чтобы остановить эту глупость. Возобновляемые источники энергии должны работать там, где ожидаемой является поддержка экологов и зеленых, чтобы противостоять, например, строительству новых крупных гидроэлектростанций.

Но правильно ли осуждать ветросиловые установки за то, что они убивают птиц, ухудшают ландшафт и условия жизни в близлежащем поселении? Уместно ли сдвигать биомассу на обочину развития, если биоэнергия – источник номер один среди возобновляемых источников

во всем мире? Многие демонизируют ее, говоря, что это источник голода или неограниченного обезлесения, поэтому в Германии биомасса не имеет равного голоса среди возобновляемых источников энергии. Мы вернемся позже ко всем этим заблуждениям.

В конце концов все, что делает солнечную энергию и все возобновляемые источники энергии победителем, – это их стоимость. Возобновляемые источники энергии являются самыми дешевыми из всех «стоящих на кону» энергий.

Забавно отметить, что эксперты уже подсчитали, сколько будет стоить перевод всего глобального энергоснабжения на возобновляемые источники энергии, вместо того чтобы придерживаться традиционных и задыхаться от их выбросов. Но на самом деле это неправильный подход. Возобновляемые источники энергии не только делают этот мир более чистым и приятным для жизни, но, что важнее, они делают энергию дешевле, а значит – доступнее.

2.2.2. Что такое плохо

Уголь является доминирующим ресурсом для производства электроэнергии, поэтому мировые выбросы углекислого газа коррелируют с его потреблением. Максимум глобального использования угля был достигнут в 2013 году, когда его было сожжено около 7,7 млрд т, что стало главным вкладом в глобальную эмиссию, достигнувшую 32,5 млрд т CO₂ в год.

Реальная стоимость электроэнергии из угля должна была бы зависеть от стоимости мероприятий по компенсации выбросов CO₂ – тогда она была бы намного выше рыночной. В цену должен бы быть включен налог на CO₂, но его нет, вместо этого делаются попытки сформировать цены на выбросы CO₂ на региональных рынках торговли выбросами. Например, такой рынок в ЕС оценивает стоимость эмиссии CO₂ величиной, близкой к 6 евро за тонну. Однако в действительности цена должна составлять от 40 до 80 долл. за тонну, чтобы компенсировать нанесенный ущерб и сдерживать изменения климата, а на встрече глав государств «Большой двадцатки» в 2017 году в Гамбурге появилось даже требование, чтобы минимальная цена за тонну была на уровне 190 долл. Китай, крупнейший в мире эмитент парниковых газов, пришел в 2017 году к созданию национального рынка торговли углеродом как средству практической реализации схемы борьбы с выбросами. На сегодня это самый большой по объему рынок эмиссий в мире.

Возвращаясь к справедливой цене на угольную генерацию отметим, что мало того, что компенсация за вред не применяется, она еще и дополнительно субсидируется! Благодаря субсидиям на добычу ископаемого топлива в размере 444 млрд долл., выплачиваемых ежегодно в странах «Большой двадцатки», уголь всегда имеет весомую долю в энергоресурсах.

2.2.3. Что значит страшно

Здесь речь должна пойти о ядерной энергетике, которая вызывает серьезную озабоченность. Большинство из 441 атомных станций, подключенных к сети в глобальном масштабе, уже прошли половину своего жизненного цикла. Приближается время, когда их нужно будет демонтировать. По сути мы втягиваемся в гигантскую финансово-экологическую ипотеку «мирного атома». Стоить это будет столько же, сколько стоило построить новую АЭС, но на эти деньги надо не только разобрать станцию, но и уничтожить горы ядерных отходов. Поэтому затраты могут оказаться намного выше: демонтаж завода в Фукусиме, как ожидается, обойдется в 90 млрд евро, а на его завершение потребуется 40 лет. Кто заплатит за это? Налогоплательщики. Страхование атомных электростанций отсутствует. Повреждения непредсказуемы и могут быть гигантскими;

страховая компания не берет на себя эти риски. В октябре 2017 года «Гринпис» передал правительству Франции подробный отчет о риске террористического нападения на ядер-

ный парк страны. Вывод состоял в том, что уровень риска очень высок. Необходимо укрепить охлаждающие бассейны и повысить безопасность эксплуатируемых сейчас 58 установок. Это будет стоить от 140 до 222 млрд евро, что в 3–5 раз больше, чем запланировал оператор – компания «EDF».

Строительство новых атомных электростанций также выглядит, как ночной кошмар. В Европе в этом столетии заложены только две новых станции, но обе они прошли через более чем 10 лет строительства, отсроченного многолетними задержками. Это АЭС в Финляндии и еще одна во Франции («Фламанвиль» в Нормандии). Стоимость здания увеличилась за время стройки в три раза и составила около 10 000 евро за киловатт (10 млрд за гигаватт). Возможно, они начнут работать в 2019 году...

Но даже видя такой потрясающий «успех», Великобритания не захотела стоять в стороне и решила позволить французам построить два новых реактора по французскому проекту в своей стране в местечке Хинкли. Предполагается, что мощность 3,2 ГВт обойдется в 24 млрд евро, т. е. по 7,5 млрд за ГВт. Но подрядчиком строительства является компания «EDF», имеющая задолженности в размере 37,4 млрд евро. Это ставит под сомнение практичность проекта даже при наличии гарантий от французского правительства. Финансовый директор «EDF» предпочел уйти в отставку, но не одобрить эту сделку.



АЭС в Трикастине во Франции (фото автора).

Великобритания гарантирует «EDF» и китайскому партнеру «CGN» возвратную цену в 10,5 цента за киловатт-час в течение 35 лет. Очень впечатляюще. Тем не менее, текущая оптовая цена на электроэнергию в Великобритании составляет 3,5 цента за киловатт-час, т. е. цена киловатт-часа для ветроэнергетики, сдающей энергию по этой цене в сеть, уже составляет лишь третью часть показателя, при котором еще когда-нибудь, может быть, станет работоспособным атомный проект.

2.3. Загрязнения и изменение климата

2.3.1. Загрязнение

Международные отчеты о состоянии почв сообщают, что 19 % пахотных земель в мире загрязнено тяжелыми металлами и другими загрязнителями. Мировые запасы подземных вод более чем в 50 % случаев загрязнены веществами, опасными для здоровья человека. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) утверждает, 92 % населения мира живет в местах с плохим качеством воздуха; согласно ВОЗ, около трех миллионов смертей в год обусловлены воздействием загрязненного аэрозолями воздуха. Европейская комиссия по здоровью населения оценивает количество ранних смертей из-за загрязнения воздуха значением порядка 400 тыс. в год. В 2017 году ВОЗ установила ограничение на выбросы от электростанций на буром угле. Германия не испытывает оптимизма по поводу этого решения, так как переоснащение предприятий энергетики обойдется слишком дорого. Об этом сообщает, в частности, сайт Eurasoal европейской лоббистской группы угольной промышленности; эта организация сообщает, что к 2021 году, после окончания предоставленного для приведения в соответствие срока, четыре из пяти угольных электростанций в Европе не смогут отвечать новым стандартам эмиссии; для приведения их в соответствие потребуются миллиарды евро инвестиций, в противном случае электростанции могут быть закрыты. И в самом деле – не будучи лоббистом это сообщение можно считать отличной новостью!

В Китае и Индии пыль, дым и смог сильно снижают прозрачность воздуха, в особенности в больших городах. Потребление угля вносит основной вклад в эту катастрофу. Вот почему Китай, энергетика которого в значительной степени зависит от угля, выбрал политику активного вмешательства для изменения такого положения дел. Современное лидерство Китая в области чистой возобновляемой энергетики, которая массово разворачивается в стране, является результатом последовательного осуществления установки на плановые показатели нового сегмента энергетики.

Однако даже в Германии почти во всех крупных городах зашкаливает содержание окислов азота (NO_x) и аэрозолей в воздухе, которые почти в два раза превышают допустимые нормы.

В США «Союз обеспокоенных ученых» провел анализ загрязнений от угольных электростанций и сопутствующего смога, кислотных дождей и содержания токсичных элементов в воздухе. Большинство электростанций в США до сих пор не установили контроль за уровнем загрязнения от выбрасываемых с дымом газов. Наряду с «обеспечением» взрывного роста углекислого газа в воздухе, типичная угольная электростанция мощностью, например, 600 МВт, выделяет дополнительно тысячи тонн окислов серы и азота (SO_2 и NO_x) в год. При этом только в США насчитывается около 600 таких типично загрязняющих угольных электростанций. Они выделяют сажу и золу в виде аэрозолей, токсичный монооксид углерода CO (угарный газ), тяжелые металлы – свинец, ртуть и кадмий, вплоть до следов плутония и других радиоактивных элементов. Самый опасный из них все же ртуть, но только 9 % угольных электростанций США имеют фильтры, позволяющие задерживать выбросы ртути, тогда как типичная электростанция «обеспечивает» до 80 кг ртути в своих выбросах за год.

Нельзя не упомянуть более чем любопытный факт: несколько тонн плутония до сих пор находятся в воздухе в виде аэрозоли, образовавшейся при испытаниях атомного оружия в 1950-х и 1960-х годах.

Даже то загрязнение, которое связано с «мирным» ядерно-энергетическим бизнесом, как правило скрывают. Когда во Франции стоки америция и плутония были обнаружены вблизи

завода по переработке ядерного топлива в Ла-Гааге (La Hague), появился типичный комментарий, что это, мол, не опасно для здоровья. Только когда во Франции атомно-энергетическая компания «Aegea» была официально осуждена в суде за загрязнение, ситуация начала реально контролироваться. (Эпизод был связан с серьезными утечками урана на заводе в Трикастине в 2008 году.)

Но самое поразительное: когда ядерная промышленность не знает, что делать с отходами, которые она производит по всему миру, она, без колебаний, одобряет сброс отходов в океан! Проблема отходов возникла почти сразу – уже в 1946 году было заключено соглашение, в котором участвовали 13 стран, включая США, Германию, Англию, СССР и Японию. Более 150 000 стальных контейнеров с отходами, которые должны были быть полностью переведены в форму нерастворимых окислов, были утилизированы в морях по всему миру. Однако утечки в те времена были такими, что измерялись баррелями. Консервативный «The Wall Street Journal», который вовсе не ангажирован «Гринпис», сообщал, что загрязнение плутонием морского дна в 50 милях от Сан-Франциско в 1000 раз выше нормы. Лишь с 1993 года сброс радиоактивных отходов в море был официально прекращен благодаря Лондонской конвенции, хотя она вступила в силу еще в 1975 году. Однако срок конвенции ограничен 2018 годом. И Япония уже приняла позицию низкого старта, чтобы сбросить такое количество отходов, о котором никогда раньше и слышать не доводилось – радиоактивные отходы «Фукусимы» в количестве 920 000 т предназначены для отправки в море! Как вам, все еще нравится рыба после этого? Ну что ж, наслаждайтесь – до тех пор, пока сможете!

Выбросы и утечки с АЭС, ответственны за лейкемию и рак щитовидной железы. Ядерная промышленность и ее сторонники держат общественное мнение в страхе: «Проходите, не задерживайтесь, здесь нечего смотреть». Многие исследования медиков говорят о том, что беспокойство имеет основания – безрисковой дозы облучения не существует. Маленькие дети и беременные женщины являются первыми, кто подвергается риску лейкемии. Надо понимать, что риск этот, как правило, невелик, но это реальный риск.

2.3.2. Изменение климата

Осознание опасностей изменения климата началось в 1987 году, в частности, с известного доклада Гру Харлем Брундтланд «Наше общее будущее. От единой Земли к единому миру. Призыв к действию» (эта харизматичная женщина несколько раз становилась премьер-министром Норвегии, а затем долгое время возглавляла комиссию при ООН, которую часто именовали «комиссией Брундтланд»). Доклад был опубликован Международной комиссией по окружающей среде от имени Генеральной Ассамблеи ООН.

В 1992 году в Рио-де-Жанейро состоялась Конференция ООН по окружающей среде и развитию (UNCED), известная также как саммит Земли, или глобальный саммит, где были представлены правительства 172 стран. Конференция согласилась с Конвенцией об изменении климата (РКИК ООН), в рамках которой впоследствии был принят документ, получивший известность как Киотский протокол, декларировавший, в частности, необходимость замены источников энергии – альтернативные источники вместо ископаемых. Киотский протокол был подписан в 1997 году и содержал обязательные целевые показатели по выбросам парниковых газов, но международного механизма контроля реализации не было, так как страны-участницы делали это сами. Кроме того, после Рио была создана постоянно действующая Конференция сторон (Conference of the Parties, COP) стран – членов конвенции, на базе ООН. В 1995 году в Бонне прошла COP 1, и с тех пор конференция проводится каждый год. COP 21 состоялась в Париже в декабре 2015 года, а COP 23 – в ноябре 2017 года в Бонне. Парижская встреча отмечалась мобилизацией глобального масштаба – в ней приняли участие главы почти всех государств мира. Соглашение было согласовано и подписано странами-участницами. Даже США

подписали его, прежде чем «взять курс на выход», как выразился президент Трамп. С тех пор большинство государств все же ратифицировали его. Парижский договор воздерживается от негативных эпитетов типа «плохая энергия» или «убийца климата» в отношении энергии угля. Но в той же мере он не упоминает о солнечной энергии и возобновляемых источниках – все делается для того, чтобы удержать «в одной лодке» всех участников процесса – как известных приверженностью к новой энергетике, так и сторонников традиционных ископаемых видов топлива.

В 2017 году 13 федеральных агентств США, возглавляемые Национальной академией наук, выступили с докладом, в значительной степени подтверждающим выводы об изменении климата. Главный вывод – «резкий рост температуры в США с 1880 года», – основанный на тысячах работ с участием десяти тысяч ученых по всему миру, которые пришли к одному и тому же выводу: средняя температура поверхности Земли с 1880 года возросла на 0,9 °С. В период с 1951 по 2010 год повышение температуры, обусловленное антропогенным вкладом, составляет 0,65 °С. Предсказание агентств по «оптимистическому» сценарию с самыми низкими выбросами парниковых газов обещает к концу столетия рост температуры в США на 2,8 °С, тогда как «пессимистический» сценарий с высокими выбросами дает рост до 4,8 °С. Доклад стал четвертой по счету национальной оценкой изменения климата.

Летом 2017 года, когда доклад еще не был санкционирован Белым домом, информация просочилась в прессу. Но в противовес решению Президента США о выходе из Парижского соглашения, Белый дом все же одобрил публикацию доклада без корректив. Это мобилизовало заинтересованные стороны. С одной стороны, появляется набор требований к энергетике, которая способна ограничить повышение температуры уровнем менее 2 °С, а с другой – ряд экспертов продолжают считать, что это слишком амбициозная цель. Пока ни та ни другая точка зрения еще не стала общепринятой. Тем не менее борьба с изменением климата уже стала массовым движением, получившим опору в Парижском соглашении. Когда Вашингтон вышел из соглашения, посчитав его несправедливым, Калифорния приняла на себя ношу Соединенных Штатов. Крупнейшие компании США и мира подписали декларации о поддержке: альянс «Мы – это бизнес» ставит перед собой цель заменить все ископаемые источники возобновляемыми к 2050 году. Этот альянс объединяет 490 предприятий с капитализацией в 8,1 трлн долл. и 183 инвестиционных фонда «стоимостью» 20 трлн долл. Крупные города мира также заявили о своей поддержке. Коалиция для удержания потепления в пределах 2° («Under2 MOU»), созданная изначально в 2015 году штатом Калифорния (США) и землей Баден-Вюртемберг (Германия), сегодня объединяет 165 регионов в 33 странах с населением 1,2 млрд человек и составляющих 39 % мировой экономики.

Процесс, инициированный ООН, опирается на научную поддержку Международной группы экспертов по изменению климата (IPCC), выполняющей оценки связи выбросов и повышения температуры. Эта группа была создана в 1988 году по совместному решению UNEP (Программы ООН по окружающей среде) и ВМО (Всемирной метеорологической организации) под эгидой Генеральной Ассамблеи ООН. С момента своего появления группа IPCC стала активным ньюсмейкером в средствах массовой информации, хотя новости поступают все реже и реже.

Наконец, на каком-то этапе солнечная энергия и возобновляемые источники энергии привлекли то пристальное внимание, которое соответствует их значению в дебатах об изменении климата. Это совпало с Всемирным саммитом по устойчивому развитию в Йоханнесбурге, ЮАР, в 2002 году (его называют также «РИО + 10», как продолжение UNCED). На этой встрече тогдашний канцлер Германии Герхард Шредер впервые выступил с речью, посвященной специальной конференции по солнечной энергетике, к участию в которой были приглашены все заинтересованные страны мира – это был точный и своевременный шаг, тем более, что текст его речи написал его товарищ по партии Герман Шеер. Конференция по солнечной энергетике

состоялась в 2004 году в Бонне, тогдашней столице Германии, и была первой всемирной конференцией по возобновляемой энергетике (WIREC). В конференции приняли участие 3000 делегатов из 154 стран мира, а в ее Декларации говорилось, что возобновляемые источники энергии должны играть главную роль в экономике XXI века – именно так было записано в документе. И самое главное, что это было реально сделано! Именно об этом и идет речь в книге, которую вы, уважаемый читатель, в данный момент читаете.

Последовали другие встречи WIREC. Конференция 2005 года состоялась в Пекине в Большом зале народов. В 2008 году в Вашингтоне состоялась большая конференция WIREC. Она проходила по приглашению Государственного департамента США и большинство других отделов администрации Белого дома тоже были представлены на ней. Президент США произнес речь. Девизом конференции стала энергетическая независимость за счет использования возобновляемых источников энергии. Генеральным организатором был Американский совет по возобновляемым источникам энергии (ACORE) под председательством его президента и моего друга Майкла Экхарта (Michael Eckhart).

Теперь, «когда пыль немного улеглась», давайте еще разок пройдемся по наиболее фундаментальным, основополагающим принципам. Прежде всего: насколько опасно изменение климата? Это факт, что мировая погода становится все более непредсказуемой, с ливневыми дождями, необычайно сильными волнами тепла и большими засухами. Но нигде в мире уровень воды в морях еще не увеличился более чем на 20 см с начала индустриализации. Еще приблизительно 3 мм добавилось в 2016 году, когда разделили «вклады» в потепление – до 50 % повышения уровня происходит просто из-за нагрева морской воды и лишь другая половина действительно становится следствием таяния льдов Гренландии и Антарктиды. Пока это никого особенно не тревожит.

В фильме «Послезавтра», вышедшем в 2004 году, был обыгран сценарий, согласно которому Гольфстрим, так хорошо прогревающий Европу, может вдруг остановиться из-за изменения климата. Это действительно могло бы стать большой катастрофой, но все климатические модели говорят о том, что океанские течения останутся стабильными.

Другим аспектом беспокойства являются положительные обратные связи, обладающие эффектом ускорения – в частности, речь идет о судьбе тундры в Сибири и вечной мерзлоты в целом по миру. Фактически почти четверть суши к северу от экватора постоянно находится в состоянии вечной мерзлоты. В настоящее время температура здесь уже возросла на 2–3 градуса; ожидается, что к 2080 году зона мерзлоты сократится на треть. Вследствие этого могут высвободятся большие объемы парниковых газов – CO₂ и метана, что еще больше усилит изменение климата, поэтому таяние продолжится и будет происходить далее с ускорением. Но до сих пор этот сценарий существует только «в принципе» и никак себя не проявляет на практике.

Кроме того, есть и хорошие новости. Принятые в 2016 году поправки к Монреальскому протоколу служат защите стратосферного озонового слоя путем постепенного прекращения использования гидрофторуглеродов (ГФУ) в промышленности, что также помогает стабилизации климата. Действующий парниковый эффект от этих ГФУ в 14 000 раз сильнее, чем от CO₂.

Отметим, что изменение климата может также давать некоторые преимущества. В частности, моделирование показало, что тропический пояс засушливых саванн зоны Сахеля, который покрывает огромную территорию в Африке, обычно враждебный для жизни из-за повсеместной засухи, теперь сможет извлечь выгоду от осадков, которые могут удвоиться или даже утроиться. И реальность в данном случае соответствует моделированию: летом 2017 года Нигер, одна из самых засушливых стран Африки и всего мира, была вынуждена бороться с проливными дождями.

Еще один важный эффект представляют собой ошибки аппроксимации тенденций, установленных для изменения климата: за 15 лет, с 1998 по 2012 год, эмиссия газов, влияющих на изменение климата, увеличилась на треть, но при этом выросло и усвоение углерода экосисте-

мами Земли, так что концентрация парниковых газов в атмосфере выросла настолько незначительно, что глобальное потепление фактически этого не почувствовало. Так что в реальности все намного лучше, чем в расчетах.

Но даже независимо от моделирования выбросы парниковых газов могут просто перестать увеличиваться вообще, потому что энергетическая политика, отдающая приоритет энергиям, которые мы получаем от Солнца, становится эффективной намного раньше, чем этого ожидает ученое сообщество. Ведь именно благодаря частичному отказу Китая от угольной энергетики мировые выбросы CO₂ перестали расти уже с 2013 года.

2.4. Как солнечные маргиналы становились энергетической индустрией

2.4.1. Традиционные возобновляемые источники энергии

До начала индустриализации в XIX веке мир почти исключительно полагался на преобразованную солнечную энергию. Это была энергия сжигаемых дров и «лошадиная сила» – сила мышц. До Первой мировой войны большие города, такие как Париж, были переполнены лошадьми и страдали от огромного загрязнения, которое это влекло за собой. Для подачи воды и помола зерна использовались ветряные и водяные мельницы. Они были популярны во всей Европе, США и Китае. Шесть миллионов водяных насосов, работающих от ветряного привода, использовались в Соединенных Штатах в 1880-х годах, тогда как тысячи и тысячи ветряных мельниц мололи зерно и качали воду в Дании. Ветер занимал лидирующие позиции в области морского транспорта, так как большинство судов ходили под парусами.

Первые паровые двигатели топились дровами, а для первых двигателей внутреннего сгорания приходилось покупать спирт в аптеке. Но это длилось недолго. Первый массовый прорыв в глобальные энергетические рынки совершил уголь.

Интересно, что все формы солнечной энергии, которые мы используем сегодня, были уже хорошо известны в то время, хотя и оставались в стороне – технология их массового производства для тех времен была слишком сложна. Например, солнечный фотоэффект был получен в лабораторной практике – изобретатель Чарльз Фриш создал первые работающие селеновые элементы в 1883 году. Он покрывал селен настолько тонким слоем золота, что тот становился прозрачным для света и получил эффективность преобразования энергии между 1 и 2 %. Вернер фон Сименс, один из отцов индустриализации в Германии, хорошо понимал потенциал этого изобретения, так как воспроизвел опыты Фриша. Поскольку уголь уже тогда считался загрязнителем, распространяющимся вместе с развертыванием промышленной революции, Августин Мушо (Augustin Mouchot) с 1860-х годов применял концентраторы солнечной энергии с целью замены угля. Его можно считать отцом технологии CSP, которую мы обсуждали выше. Уже в 1866 году он сумел продемонстрировать императору Наполеону III механический паровой двигатель, в котором использовал зеркала для производства пара. На Всемирной выставке 1878 года в Париже его печатная машина и холодильник, работающие на паровом приводе, запитанном от солнечного концентратора, получили золотую медаль и колоссальный успех у публики.

Электричество начало входить в практику с 1882 года, но первые электрогенерирующие ветровые турбины были изобретены в Соединенных Штатах и Дании в самом конце XIX века и им потребовалось много времени для развития. Мы вернемся к теме ветра несколько позже.

2.4.2. Победное шествие угля

Уголь для производства чугуна и стали, генерация пара для получения механической энергии в новых отраслях промышленности, запрос на локомотивы от быстро развивающихся железных дорог способствовали все большему ускорению роста использования угля. К концу XIX века мировое потребление угля увеличилось практически с нуля до 500 млн т в год. Уголь стал первым кандидатом на исчерпание из ископаемых видов топлива. В новом бизнесе, производстве электроэнергии, который появился к концу XIX века, нашлось дополнительное место для использования угля – во всех новых электростанциях.

Потребовалось еще 40 лет для увеличения использования угля вдвое – до 1 млрд т в год к 1940 году. А еще сорок лет спустя, в 1980 году, потребление угля выросло еще втрое и достигло 3,7 млрд т в год. В конце концов к 2000 году эта величина составила 5,4 млрд т, т. е. возросла более чем в 10 раз от количества, использованного в 1900 году.

Но тем временем нефть и природный газ массово завоевывали мировые рынки, так что уголь использовался уже для получения не более чем трети общего количества энергии, производимой из ископаемых источников в 2000 году. Любопытно, что тогда солнечные фотопреобразователи PV и ветроэнергетика генерировали всего 0,3 тысячных (0,03 %) всей энергии, потребленной в том же году в мире.

Прослеживая хронологию мирового потребления угля после 2000 года, мы увидим, что на сегодня оно вновь возросло более чем на 50 %. Важное уточнение: все это увеличение произошло за счет роста потребления в Китае. Китай наверстывал упущенное ранее, становясь великой экономической державой. В результате с 2000 по 2013 год Китай почти утроил потребление угля.

В остальном мире потребление угля было стабильным или даже снижалось.

Тем не менее уголь обеспечивал около 40 % мировой выработки электроэнергии даже в 2016 году, хотя после 2000 года потребление угля снизилось на 10 % в Европе и на 20 % в Соединенных Штатах.

Только в Германии использование угля несколько возросло – естественно, что и выбросы углекислого газа в Германии также не уменьшились. В 2017 году Германия сохранила в структуре своей электроэнергетики 40 % импортного каменного и собственного бурого угля, добываемого открытым способом, вследствие чего в стране ежегодно «вбрасывается» 900 млн т CO₂ в атмосферу.

Потребление угля в Индии росло в течение последнего десятилетия на 6 % в год, поэтому его потребление в этой стране удвоилось с 2000 по 2013 год. Но это потребление не достигло такого размаха, как у Китая, который потребляет в 10 раз больше. В 2013 году половина мирового потребления угля относилась к Китаю, на Европу приходилось чуть более 10 % мирового потребления, из которых 20 % сразу забирала Германия и всего 10 % – США. Потребление угля в Индии в настоящее время достигло уровня США и Европы.

Но бум потребления угля подошел к концу, даже в Китае и Индии. В отчете «Бум и крах» от 2017 года «Сьерра Клуб» и «Гринпис» сообщили о сокращении на 50 % всей запланированной новой угольной энергетики в мире и 62 %-ном снижении нового строительства (см. «горячую линию» угля Coalswarm). Правительство Китая законсервировало 300 ГВт запланированных новых угольных электростанций, в том числе 55 ГВт уже на стадии строительства. В 2016 году Китай получил электроэнергии от угля на 11 % меньше, чем в 2010 году. Кроме того, с 2010 года время работы китайских угольных электростанций сократилось на 20 %. В целом потребление угля в Китае в 2016 году сократилось на 4,7 % по сравнению с предыдущим годом. Как упоминалось ранее, выбросы CO₂ в Китае стабилизировались с 2013 года.

В 2016 году Соединенные Штаты произвели 30 % своей электроэнергии из угля. В 1988 году на него приходилось 57 %. Эмиссия США по углероду сократилась в 2016 году почти вдвое по сравнению с максимумом в 2008 году. Две крупные угольные компании в стране – «Peabody» и «Arch Coal» – обанкротились, акции остальных потеряли большую часть их стоимости. Треть мощностей угольной энергетики США приходится на старые, грязные и недогруженные станции. Они созрели для «выхода на пенсию» и более не конкурентоспособны в соревновании с солнечной энергетикой.

В Индии крупнейшая угледобывающая компания планирует вывод из эксплуатации части своих угольных шахт, полагая, что они более не конкурентоспособны. В мае 2017 года Индия отказалась от строительства 14 ГВт мощностей запланированных ранее угольных электростанций – солнечная энергия оказалась дешевле, чем угольная. В результате в Индии в 2016/2017 году ввод новых мощностей солнечной энергетики более чем в 2 раза опережал ввод угольных: 14,1 ГВт возобновляемых против 6,9 ГВт угольных.

В Европе мощная коммунальная ассоциация «Евро-электрик» (Eurelectric) в марте 2017 года решила внести вклад в Парижское соглашение COP 21 и объявила об отказе от строительства новых угольных электростанций в Европе. Но Германия, которая по-прежнему эксплуатирует 145 угольных электростанций в стране, подписалась под этим решением весьма неохотно.

2.4.3. Ядерная энергетика

Век ядерной энергетики начался в 1960 году, когда были получены ее первые гигаватты. Спустя 30 лет было установлено уже 300 ГВт атомных станций, хотя с 1970 года многие АЭС уже начали останавливать. За исключением нескольких станций в Китае, в XXI веке новые атомные станции уже не подключались к сети.

По сути ядерный век подошел к концу. Гвозди в его гроб заколачивали аварии на «Три-Майл-Айленд» в 1979 году, в Чернобыле в 1986 году и на «Фукусиме» в 2011 году. К 2016 году многие реакторы (441) все еще были работоспособны, но уже находились на грани и к тому времени уже были остановлены – некоторые на время, другие навсегда.

В Японии за «ядерный век» было запущено в общей сложности 54 атомных реактора, но к 2018 году только 5 из них продолжали работать, а 14 были точно закрыты по соображениям безопасности и чрезмерной эксплуатационной стоимости.

Год 1993-й был лучшим годом для «мирного атома» – тогда он произвел 17 % мировой электроэнергии, но с тех пор его доля лишь уменьшалась. Начиная с 2015 года ядерная промышленность мира оказалась на скамье подсудимых. «Westinghouse Electric Company» в Соединенных Штатах, которая строит и эксплуатирует приблизительно половину атомных электростанций в мире, глубоко увязла в проблемах и заявила о банкротстве. Японская компания «Toshiba», ее мажоритарный акционер с 2006 года, купила в 2015 году еще одну ядерную компанию в США, «Stone & Webster», и это уже был явный перебор. Перерасход средств и остановки станций в Джорджии и Северной Каролине привели «Toshiba» на край бездны. В конце очередного финансового года – в марте 2017-го – компании пришлось объявить об убытках в ее ядерном бизнесе в размере 7,5 млрд долл. Чтобы остаться на плаву на фондовом рынке, «Toshiba» вынуждена была продать свой ключевой бизнес по производству чипов памяти – настоящее сокровище, поскольку ее важнейшим клиентом был «Apple». Сегодня «Toshiba» пересматривает свои ядерные активы.

Ситуация у компании «Areva» во Франции не лучше. К 2016 году у этой компании, объединяющей бизнесы строительства атомных станций и горнодобычи, накопился финансовый дефицит в 10 млрд евро. В конце концов французское правительство вынуждено было спасти «Areva» от банкротства.

В этих условиях недавно было одобрена властями ЕС в Брюсселе инициатива «EDF» – французской энергетической компании, которая взяла на себя управление «Areva» с двумя японскими инвесторами в качестве миноритарных акционеров. Предполагалось и участие китайской ядерной компании, но это намерение до сих пор не материализовалось. Поскольку правительство Франции имеет контрольный пакет акций «EDF» (83 %), атомный бизнес в стране в настоящее время целиком находится в руках государства. Однако даже наличие государственных гарантий не придало сделке рыночной привлекательности – акции «EDF» потеряли за один день 10 % своей стоимости, при том что сегодня они стоят лишь десятую часть того, что было 10 лет назад.

По сути эти факты обнажают глубокое структурное неблагополучие: ожидалось, что новый ядерный флагман Франции, АЭС «Фламанвиль», начнет работу в 2018 году. Но есть забавное условие, наложенное французским атомным надзором. Проверки, которые были начаты в марте 2018 года, выявили недостатки в сварных швах, которые не были обнаружены во время предыдущих инспекций на завершающих стадиях сборки, выполняемых субподрядчиками. В результате станция должна быть остановлена всего через несколько лет, чтобы заменить рискованные детали новыми.

Стоит ли напоминать, что множество рисков и опасностей несут с собой аварии на АЭС. Возьмем, например, плутоний, который является наиболее токсичным элементом. Плутоний не существует в природе, это «рукотворный» элемент. Все действующие реакторы вырабатывают вместе с электричеством и 116 т плутония каждый год. Этого количества достаточно, чтобы производить ежегодно 23 200 атомных бомб! (Только не рассказывайте об этом террористам.)

В таких странах, как Франция, которые в значительной степени опираются на атомную энергетику для своего энергоснабжения, общественное мнение разделено. Есть те, кто рассматривают АЭС как надежный и постоянный источник энергии (до тех пор пока ни одна станция не взорвалась в их стране). А есть и другие, которые знают все недостатки АЭС наизусть, но не знают, как избавиться от всех этих станций. Ну что же, будущее их рассудит.

Успех солнечной энергетики в настоящее время не вызывает сомнений. Колесо истории снова повернулось, и теперь то, что в прошлом традиционная энергетика извлекала из Земли, должно быть возвращено из энергии, приходящей к Земле от Солнца.

Часть 2

Новый век – век Солнца

Глава 3

Введение: Солнечная революция 2000-го года

С тех самых пор, как поставки энергии превратились в развитый рынок, причин для использования солнечной энергии было множество. Одной из первых среди них выступало беспокойство о том, что ископаемые ресурсы скоро закончатся. Однако после серии предсказаний, что исчерпание ископаемых запасов наступит в ближайшие 20 лет, появился точный прогноз, который говорит о том, что месторождений каменного и бурого угля будет достаточно еще для использования в течение нескольких веков. Прогнозы окончания запасов нефти, которая вызывала намного большую ресурсную озабоченность, как выяснилось, не принимали во внимание огромные возможности извлечения запасов сланцевой нефти, которые неожиданно и в массовом порядке были вброшены на мировые рынки из Северной Америки. Ресурсные ограничения природного газа долгое время считались еще более жесткими, но и эта проблема сегодня испарилась, благодаря разведанным запасам газа в России. Даже цены на уран сильно упали – теперь он доступен по весьма низкой цене. Неоправданная ставка на повышение цены урана оказалась фатальной для французской энергетической компании «Арева» (компания подверглась реструктуризации много раз, балансируя на грани банкротства, последние преобразования происходили в начале 2018 года).

Важно отметить, что наивысшим государственным политическим приоритетом всегда была национальная энергетическая независимость. Именно поэтому столь глубокий след в памяти и политике оставили нефтяные кризисы 70-х и 80-х годов XX века, связанные с ближневосточными конфликтами и спорами. Политические выводы, сделанные в те годы по следам кризисов, оказались решающим аргументом для масштабных инвестиций в атомную энергетику и уголь.

Проблема изменения климата всегда была предметом столь же серьезного беспокойства, ставящего ее в один ряд с нехваткой энергетических ресурсов, но в прошлом она не имела того приоритетного статуса, которым обладает сегодня. Актуализация связана с большой протяженностью прибрежной зоны Западной Европы и особенно Нидерландов, где суша почти сравнялась по высоте с уровнем моря, что делает угрозу затопления из-за повышения уровня моря при потеплении климата приоритетом внимания широкой общественности.

В то же время заманчивые перспективы использования даровой солнечной энергии всегда были важным стимулом разработок фотоэлектрических преобразователей (PV). Уже с 1960-х годов научные исследования позволяли предполагать, что технология PV может в конечном итоге победить ядерную энергетику с точки зрения стоимости, которая выступала тогда главным тестовым показателем.

Но реальный бэкграунд мировых энергетических стратегий формировался все же не стоимостью энергии, а насущной угрозой ядерного конфликта, особенно в разгар «холодной войны», что и придало значительный импульс альтернативной стратегии, которая привела к солнечной революции, грянувшей на рубеже веков.

3.1. Угроза ядерной войны

В настоящее время девять стран обладают в общей сложности арсеналом около 15 000 единиц ядерного оружия, каждая из этих единиц во много раз мощнее, чем те, которые были сброшены на Японию в 1945 году. В России насчитывается около 7000 ядерных боеголовок и примерно столько же – у американских военных. В Китае всего 270 единиц, поэтому он намного отстает от двух ядерных сверхдержав, впрочем, как и остальные ядерные страны.

У Германии нет своих ядерных боеприпасов, но в наличии имеются 60 тактических ядерных бомб, принадлежащих США, но хранящихся в Рамштайне.

На горячем этапе «холодной войны» в 1970-х и 1980-х годах – вплоть до 1990 года, общий ядерный арсенал составлял около 70 000 боеголовок, что почти впятеро превышает сегодняшний уровень.

В настоящее время тенденция снова идет к увеличению арсенала, судя по заявлениям, которые делает новый президент США. По оценкам Соединенных Штатов, к 2026 году для модернизации своего ядерного арсенала им потребуется 399 млрд долл. Россия говорит о 330 млрд долл., необходимых для поддержания ядерного вооружения в течение последующих 20 лет.

Начиная с 1970-х годов две сверхдержавы сделали ряд шагов, направленных на то, чтобы договориться о некоторых сделках по разоружению. В частности переговоры по ограничению стратегических вооружений привели к ограничению количества бомб, разрешенных с обеих сторон, количества ядерных подводных лодок, бомбардировщиков и межконтинентальных баллистических ракет. Был подписан и договор о противоракетной обороне (ПРО), хотя в 2001 году Соединенные Штаты вышли из него. В 1991 году состоялось подписание Договора о сокращении стратегических наступательных вооружений (СНВ I), а после его окончания в 2010 году подписан СНВ III в редакции, обязывающий обе стороны за 10 лет сократить количество зарядов ядерного оружия до 1550 единиц.

Кроме того, в 2000 году было подписано соглашение о преобразовании 34 т оружейного плутония в МОКС-топливо для атомных электростанций. Соглашение было возобновлено в 2010 году, однако спустя шесть лет Барак Обама остановил строительство завода, который был предназначен для необратимой переработки плутония в топливо, предложив использовать альтернативную обратимую смесь (т. е. не в виде химически связанных, а механически смешанных) компонентов топлива. Вскоре после этого, в октябре 2016 года, Владимир Путин официально отказался от участия в соглашении.

Отношения между Соединенными Штатами и Россией значительно ухудшились и продолжают ухудшаться. Наблюдатели отмечают, что в результате этого сегодня угроза ядерной войны между сверхдержавами стала даже больше, чем во времена «холодной войны». На Всемирном экономическом форуме в Давосе в 2017 году руководители международных компаний заявили, что возможная угроза применения оружия массового уничтожения вносит самый большой вклад в неуверенность и страхи нашего времени.

В 1987 Роберт Макнамара опубликовал книгу «Blundering into Disaster: The First Century of the Nuclear Age» («Ошибка, ведущая к катастрофе. Первый век атомной эры»). В свою бытность министром обороны США он поучаствовал в трех мировых кризисах: Берлин (1961), Куба (1962), война на Ближнем Востоке (1967). Каждый из этих эпизодов содержал значительный потенциал применения ядерного оружия, писал он впоследствии. Ни одна из сверхдержав не хотела военного конфликта, но «отсутствие информации, дезинформация и недоразумения привели к конфронтации». Кубинский ракетный кризис был ближе всего к ядерной войне. У русских было ядерное оружие на Кубе, и дело шло к тому, чтобы дать разрешение на его использование против американского вторжения, продолжает он. В какой-то момент россий-

ская подводная лодка была атакована обнаружившими ее американскими военными, которые, однако не знали, что на подводной лодке находились ядерные торпеды. Капитан подлодки имел право и желание применить ядерное оружие, но он был лишь одним из трех офицеров на борту, которые должны были подтвердить запуск, и один из них, к счастью, отказался. В результате торпеда не была выпущена: «таким образом, была предотвращена угроза ядерного нападения на американский флот», заключает Макнамара.

При этом уже в 2007 году другой бывший министр обороны США, Уильям Перри (он занимал пост министра в 1994–1997 гг.), оценил шансы ядерного нападения в течение ближайшего десятилетия как 50 на 50.

Можно сказать, что до сих пор только баланс ядерных вооружений между сверхдержавами сохранял мир от ядерного Армагеддона. И потому совершенно нежелательно, чтобы осталась всего одна сверхдержава, ибо тогда риск ядерного удара, искушение нанести который практически всегда существует, становится совершенно реальным. За примерами далеко ходить не надо: в 1952 году генерал Макартур советовал президенту Эйзенхауэру использовать атомные бомбы для прекращения корейской войны, а Джон фон Нейман, пионер информатики и активный участник создания атомной бомбы, хотел уничтожить Советский Союз ядерной бомбардировкой. Президент Никсон, объявивший войну наркотикам, сам страдал от психоза, проявлявшегося в виде паранойи и путаницы (вызванного, предположительно, приемом мощных транквилизаторов на основе амфетамина), активно выступая при этом за использование ядерного оружия.

Давайте подумаем и о том, что ядерные боеголовки все время находятся вокруг нас. Они постоянно циркулируют на подводных лодках и находятся в воздухе над нами, перемещаются в стратегических бомбардировщиках или ждут своего часа в многочисленных ракетных пусковых установках. Хорошо известны несчастные случаи, приводившие к утере ядерных зарядов. В 1950 году военный самолет разбился в канадской провинции Британская Колумбия – на его борту находился ядерный заряд, который так и не вернулся на базу. 17 января 1966 года произошло столкновение бомбардировщика В-52 с топливозаправщиком в небе над Паломаресом (Испания). На его борту было четыре термоядерные бомбы. Две из них были разрушены, а находившиеся в них три килограмма плутония рассеялись на много километров вокруг. Третья бомба упала в море, где 28 военно-морских судов искали ее в течение 80 дней. Нашли лишь чудом – бомба оказалась на большой глубине и сорвалась при попытке подъема, вторично она была найдена лишь месяц спустя на глубине 870 м, откуда «под фанфары» была, наконец, извлечена. Почти 50 лет спустя, в 2015 году, Соединенные Штаты подписали соглашение с Испанией о рекультивации почв в пострадавшем от загрязнения плутонием районе – для этого им пришлось около 1700 т зараженного грунта отправить морем в Северную Каролину. Но история, положившая конец непрерывному барражированию ядерных бомбардировщиков над Европой, произошла два года спустя на авиабазе Туле (Гренландия, 1968 год). Вновь, как и в Паломаресе, четыре ядерные бомбы были выброшены взрывом из разбившегося самолета. Для очистки места падения потребовалось 9 месяцев. За это время были собраны тысячи кубических метров загрязненной породы, перемешанной со льдом, но все же одна из бомб так и не была найдена.

В конечном итоге на конференции ООН в июле 2017 года был принят международный документ «Договор о запрещении ядерного оружия» («TREATY ON THE PROHIBITION OF NUCLEAR WEAPONS»), открытый для подписания в сентябре того же года, однако несмотря на то что присутствовавшие на конференции представители 141 государства мира согласились одобрить текст договора, все 9 «ядерных держав» проголосовали против него.

Мир без оружия? Сегодня борьба за запрещенные ядерные вооружения практически лишена шансов на победу, поскольку ежегодно по всему миру в поддержку сектора военных

расходов вновь и вновь выделяется огромная сумма, величина которой составляет около 1,7 трлн долл. – это 1 700 000 миллионов долларов!

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

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

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