

УДК 620.9

DOI: 10.24160/1993-6982-2018-6-43-50

Вклад возобновляемой энергетики Китая в формирование глобального технологического цикла

Хэ Кай, Су Линь, Э.Н. Воронков

Мировая экономика находится в начале четвертой промышленной революции, обусловленной созданием новых способов производства энергии, и в начале формирования очередного технологического уклада, основанного на использовании новых инновационных технологий, перестройке промышленности, экономики социальных структур и психологии людей. Технологическим прорывом в новом экономическом цикле станет основанная на элементной базе уходящего периода информатизация различных областей человеческой деятельности (умные вещи, машины, роботы, искусственный интеллект и пр.), однако ключевым элементом экономики должна стать энергетика, построенная на использовании возобновляемых источников.

Проанализировано развитие возобновляемой энергетики в мире. Показано, что в последнее десятилетие она развивается опережающими темпами по сравнению с остальными отраслями промышленности, становится основой нового экономического цикла, начавшегося примерно в 2010 г. В перспективе лидером направления должна стать солнечная энергетика, обладающая огромными первичными ресурсами, меньшими эксплуатационными расходами и большим временем жизни генерирующих мощностей.

Приведенные результаты и их анализ демонстрируют, что генерация электричества из возобновляемых источников энергии удовлетворяет критериям нового технологического цикла глобальной экономики. Действительно, высокая стоимость традиционных энергоносителей продолжает активно расти, что сдерживает развитие энергоемких технологий и связанных с ними отраслей экономики. Значительное снижение себестоимости электричества, произведенного благодаря возобновляемым энергоносителям, должно самым благоприятным образом сказаться на сферах производства, потребления, транспорта, быта и др.

Значительное увеличение энерговооруженности повышает производительность и ведет к прорыву в области новых технологий во всех значимых отраслях промышленности, транспорта, коммуникаций. Представлена вероятность развития данного процесса и его возможные последствия.

Ключевые слова: экономические циклы, технологические уклады, четвертая промышленная революция, возобновляемая и солнечная энергетика.

Для цитирования: Хэ Кай, Су Линь, Воронков Э.Н. Вклад возобновляемой энергетики Китая в формирование глобального технологического цикла // Вестник МЭИ. 2018. № 6. С. 43—50. DOI: 10.24160/1993-6982-2018-6-43-50.

Contribution of China's Renewable Energy in Shaping the Global Technological Cycle

He Kai, Su Lin, E.N. Voronkov

The world's economy is at the beginning of the fourth industrial revolution stemming from the advent of new power generation technologies. It is also at the early stage of setting up the next technological mode based on using new innovative technologies and on restructuring the industry, the economy of social structures, and the psychology of people. Wide-scale penetration of information technologies (based on the components of the elapsing period of time) into various areas of human activity (smart things, machines, robots, artificial intelligence, etc.) will become the technological driver in the new economic cycle. However, power generating technologies based on using renewable sources should become the key driver of the economy.

The development of renewable energy around the world is analyzed. It is shown that in the last decade, renewable power generation has been developing at a faster rate than the other industry branches. This fact confirms the statement according to which renewable energy sources are becoming the basis of the new economic cycle that started in approximately 2010. In the future, solar power — a source featuring tremendous primary resources, lower operating costs and longer service life of generating capacities — should become the leader among the renewable sources of energy.

The results presented in the article and their analysis have demonstrated that electricity generation from renewable energy sources satisfies the key driver criteria of the new technological cycle of global economy. Indeed, the already high cost of conventional energy carriers shows a continuing rapid growth, a circumstance that hampers further development of energy-intensive technologies and related economy sectors. A significant reduction in the cost of electricity produced from renewable energy sources should have the most favorable effect on the spheres of production, consumption, transport, living conditions, etc.

A significant growth in available power helps increase the productivity and leads to breakthrough in the field of new technologies in all significant sectors of industry, transport, and communications. Probable development of this process and its possible consequences are presented.

Key words: economic cycles, technological modes, fourth industrial revolution, renewable energy sources, solar energy.

For citation: He Kai, Su Lin, Voronkov E.N. Contribution of China's Renewable Energy in Shaping the Global Technological Cycle. MPEI Vestnik. 2018;6:43—50. (in Russian). DOI: 10.24160/1993-6982-2018-6-43-50.

Введение

Основной недостаток современной энергетики — использование ископаемого топлива. Его сжигание не только загрязняет окружающую среду, но и сокращает невозполнимые запасы. Перспективная оценка ресурсов России и США (кривые геофизика М.К. Хабберта) показана на рис. 1, точками обозначены реальные данные [1, 2].

В последнее время открыты новые значительные запасы нефти на Аляске (США), в Джунгарском бассейне (Китай), Карском море, и оценки Хабберта подверглись критике [2], но если допустить, что все открытые месторождения будут разработаны, а уровень добычи нефти не изменится, то запасов нефти хватит только одному-двум поколениям. Запасов природного газа хватит еще одному-двум поколениям. Уголь поддержит энергетику несколько дольше, но исчезнет и он. Таким образом, решение глобальной энергетической проблемы нужно искать уже сегодня.

Мировая экономика находится в начале четвертой промышленной революции и в начале цикла формирования очередного технологического уклада [3 – 9]. Длительность каждого цикла составляет около 50 лет, в течение которых на основе новых инновационных технологий происходит перестройка промышлен-

ности, экономики, социальных структур и психологии людей. Технологическим прорывом в новом цикле станет основанная на элементной базе уходящего периода информатизация различных областей человеческой деятельности (умные вещи, машины, роботы, искусственный интеллект и пр.), однако ключевым элементом должна стать новая энергетика, построенная на использовании возобновляемых источников.

Новый технологический цикл

Длительность каждого из периодов экономического процветания в [5 — 9] определяется временем, необходимым для обновления всех производственных средств при внедрении новой технологии. Действительно, согласно проведенным исследованиям, основным стимулом развития экономики в период ее роста было открытие, либо изобретение [7, 8]. Инновация обладала общественной значимостью и предприниматели, создававшие на ее основе технологию массового производства ключевого продукта, получали значительную прибыль, захватив соответствующий рынок. Основной продукт запускал длительный цикл формирования новой структуры производства и потребления. В отечественной литературе новую производственную структуру назвали технологическим укладом [8, 9].

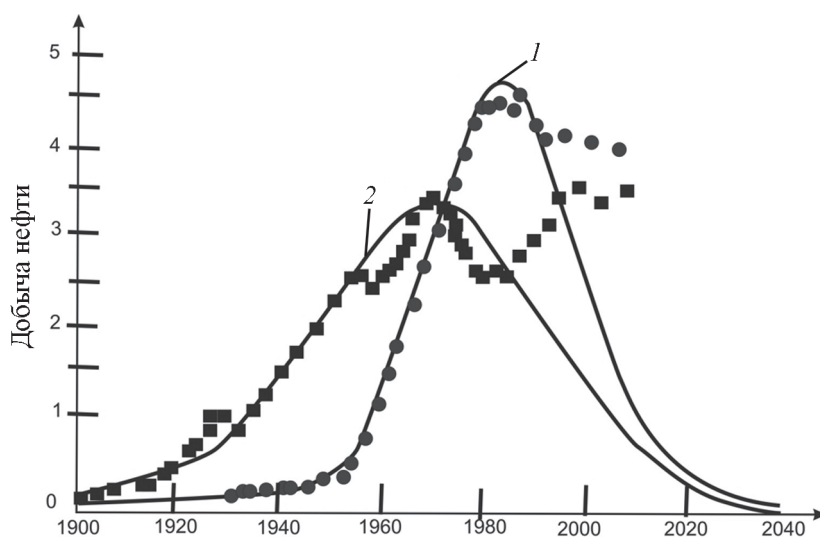


Рис. 1. Добыча нефти (млрд. баррелей в год) в СССР/России (кривая 1) и США (кривая 2) с 1900 по 2017 гг. и ее прогноз до 2040 г.

За рубежом базирующиеся на новых изобретениях экономические циклы именуют волнами процветания (от англ. Prosperity — процветание) или К-циклами (циклами Кондратьева) [6, 7].

Инновационная технология является фактором, влияющим на все сферы производства. При ее использовании практически любое производство становится более эффективным и дешевым. Так, пар позволил создать паровозы и пароходы, электричество — электрические машины, транзистор — компьютерные технологии и т.п.

Образование нового технологического уклада не отменяет созданных ранее прибыльных производств, однако, в новых условиях решение уже поставленных задач становится более эффективным и менее затратным, что приводит к постепенному перераспределению финансовых потоков, росту прогрессивных новых и модернизированных старых производств и увеличению уровня благосостояния общества. Схемы прироста прибыли, обусловленной развитием новых технологий, формирующих соответствующие технологические циклы, в глобальной экономике показаны на рис. 2. Переход от одного цикла к другому характеризуется рецессией.

Диаграмма, приведенная на рис 2, иллюстрирует прирост добавочной стоимости в результате инвестиций в производство, использующее новые технологии [8]. На ней указаны ключевые технологические факторы каждого из циклов. Ведущий фактор служит базой для формирования нового технологического ядра. В настоящий момент мы находимся на пороге новой технологической революции (стрелка, шестой цикл, рис. 2).

Окончание циклов экономического роста характеризуется: истощением инновационного базиса (ключевых технологий), появлением на рынке избытка финансового капитала и увеличением финансовых спекуляций, приходом серьезной экономической рецессии и трансформацией политических и социальных

институтов [6, 7]. Следует отметить, что при начале нового цикла финансовый капитал вновь начинает служить стимулятором подъема. Одновременно со сменой технологического уклада часто имеет место и смена технологического лидера. Это также один из признаков нового цикла. Основные требования к ключевой технологии нового цикла можно сформулировать уже сейчас. Прежде всего она должна создавать экономические ресурсы для развития ядра новых технологий и давать дополнительные ресурсы для существующих технологий.

Основным признаком окончания технологического цикла служит истощение инновационного ресурса. Технология, которая была основой очередного технологического цикла, перестает эффективно работать. Так, в течение длительного времени в развитии информационных технологий главенствовало снижение цены вычислительной техники в результате ее микроминиатюризации. За время цикла цена вычислительных устройств, обладающих приблизительно одинаковой производительностью, упала от нескольких миллионов до нескольких сотен долларов. График, на котором изображены достижения в области сокращения размеров электронных компонент ведущими электронными фирмами (рис. 3, кривая 1), показывает, что предельный технологический размер компонентов микросхем вплотную приблизился к размеру, считающемуся физическим пределом для современных элементов из-за возникновения туннельного эффекта через барьеры, разделяющие области компонентов. Точками на рис. 3 обозначены последние экспериментальные достижения. Степенной рост производительности микроэлектронных компонентов основного элемента производительности информационных устройств перейдет в область насыщения, если ни одна из фирм не перешагнет установленный предел. При этом дальнейший прирост прибыли производителей будет определяться скорее совершенствовани-

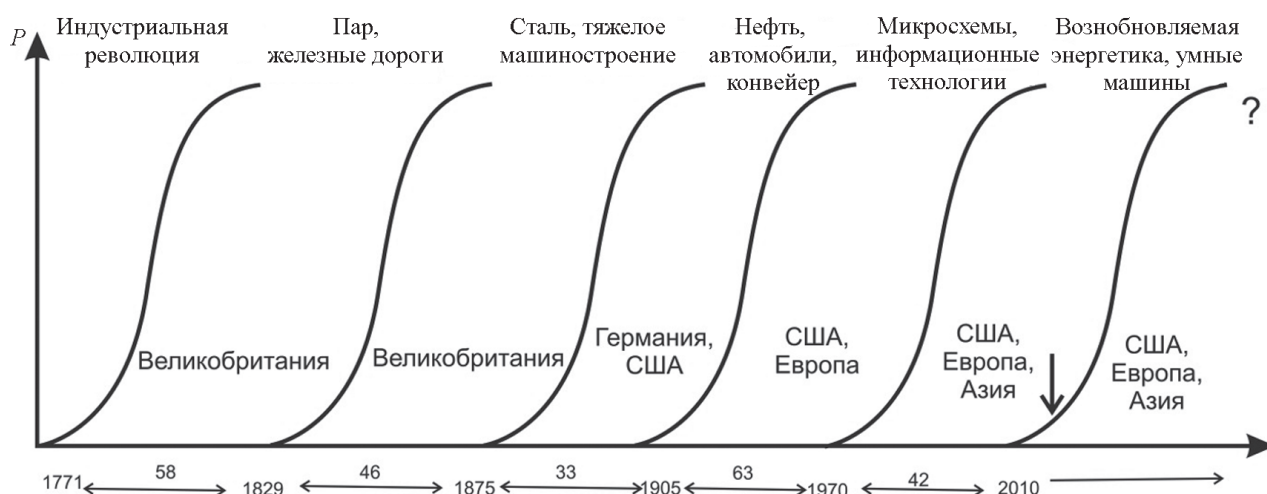


Рис. 2. Диаграмма эффективности ключевых технологий и соответствующей смены технологических укладов

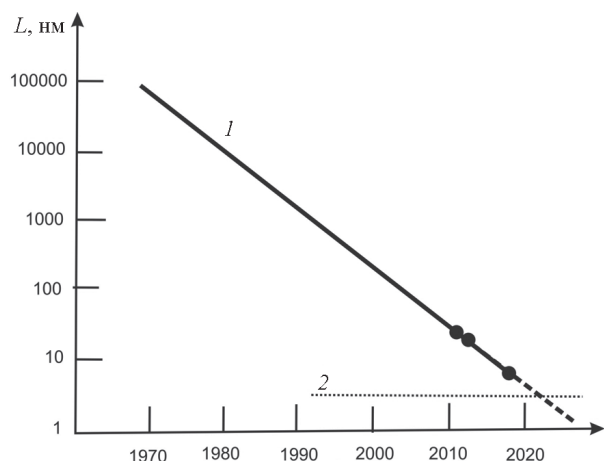


Рис. 3. Изменение минимального технологического размера микросхем по мере совершенствования технологии:

1 — достижения в области сокращения размеров электронных компонент; 2 — физический предел

ем программного обеспечения, нежели расширением функциональных возможностей аппаратной части компьютеров. Во всяком случае прирост аппаратной производительности за счет увеличения числа кристаллов в микросхеме будет медленным и дорогостоящим. Это приведет к рецессии вплоть до появления нового технологического компонента.

Внедрение инновационной технологии начинается в рамках старого цикла, и на начальном этапе ее влияние на общую экономику слабое. В то же время момент истощения инновационного технологического ресурса предыдущего цикла может быть весьма заметен. Для того, чтобы экономика могла и далее развиваться высокими темпами, необходимо внедрение изобретения или открытия, имеющего принципиальное значение для всей области, т. е. смена элемента, ведущего к постепенной смене технологического уклада.

Смена технологического уклада значительно трансформирует общество. Меняется корпоративная культура, появляются новые профессии, длительные периоды процветания влияют на психологию людей. Новый инновационный ключевой фактор, зародившийся в уходящем цикле, способствует формированию нового технологического ядра, которое бы удовлетворило всех.

Свежая ключевая технология должна учитывать изменение обстановки и способствовать тренду, возникшему в рамках уходящего цикла. Так, к результатам пятого периода следует отнести глобализацию и изменившуюся в мире демографическую ситуацию. Действительно, коммуникационные сети, созданные на базе компьютерных технологий, удалили технологические барьеры между странами, но глобально изменили условия ведения бизнеса, офисную среду, социальную среду и даже личные привычки. Интернет-торговля позволяет, не выходя из дома, выбирать и получать товар

практически из любой точки мира. Этот тренд мировой глобализации должен быть продолжен и усилен в новом цикле.

К 2050 г. население планеты возрастет до 9 миллиардов, большую часть составят молодые люди из стран Азии и Африки, которые потребуют своей доли общего «экономического пирога». Ключевые технологии должны способствовать удовлетворению их требований, и не в отдаленном будущем, а здесь и сейчас.

Рост народонаселения и использование недоброкачественных технологий привели к загрязнению мест обитания человека и росту политического влияния организаций «зеленых», ратующих за снижение вреда, наносимого природе при добыче и сжигании миллиардов тонн ископаемого топлива, авариях на атомных станциях, консервации радиоактивных отходов. Наблюдающееся на практике изменение климата за счет эффекта потепления также усилило их позиции.

Все описанные факторы оказывают решающее влияние на становление нового технологического уклада, возникновение и развитие ключевых технологий. Основные требования к ключевой технологии наступающего периода можно сформулировать следующим образом: «...новая технология создает ресурс для собственного развития. Она должна быть востребована всеми технологиями предыдущего цикла и воспроизводить ресурс для ядра новых технологий, которые бы приводили к обогащению производителей и потребителей...». Она должна учитывать наметившиеся тренды: глобализацию производства и коммуникаций, изменившуюся демографическую ситуацию и рост населения стран Азии и Африки, возросшую роль электроники и программного обеспечения, меняющуюся экологическую ситуацию и рост влияния «зеленых» партий.

На основе анализа данных до 2014 г. в [10] было высказано предположение, что в новом технологическом цикле ключевой технологией может стать возобновляемая энергетика. Авторы [10], исходя из результатов развития глобальной энергетики за период до 2018 г. и произошедших в последнее время изменений, считают, что новый цикл уже начался и сейчас идет становление новой ключевой технологии глобального цикла, а именно генерации электричества из возобновляемых источников энергии. Соответственно, в ближайшее время ключевым товаром вместо ископаемых энергоносителей должно стать электричество. В качестве доказательства приводятся последние статистические данные по развитию данного энергетического направления в мире и в Китае, стране, которая сравнительно недавно сменила традиционных технологических лидеров направления и в настоящее время определяет темпы развития солнечной энергетики. Особое внимание обращено на принципы, принятые на начальном этапе, в частности, на тщательное техническое и финансовое планирование. Так, на весь начальный период вплоть до выхода на самоокупаемость, строи-

тельство обеспечивалось кредитами, сроки погашения которых были привязаны к срокам окончания различных этапов работ. Началу монтажа электростанций нового типа предшествовала организация производства комплектующих и необходимых материалов. При этом шло одновременное проектирование и строительство электростанций, использующих различные типы возобновляемых источников, с координацией выбора мест их расположения и учетом возможности использования общей потребительской электросети. Также сюда можно добавить масштабную подготовку кадров и широкую информационную поддержку [11 — 16].

Строительство и запуск электростанций на возобновляемых энергоресурсах планировалось таким образом, чтобы генерируемое электричество по возможности передавалось в общую потребительскую сеть. В качестве примера на рис. 4 приведены графики изменения со временем общей ежегодной генерации солнечного электричества (кривая 1) и электричества, транспортируемого в потребительскую электросеть. Из графиков следует, что примерно с 2020 г. планируется все вводимые в строй электростанции сразу подключать к общей электросети. Аналогичная ситуация имеет место с гидро- и ветровыми электростанциями. Следует отметить, что время расширенного ввода мощностей электростанций на возобновляемых источниках примерно совпадает для всех типов энергии, что демонстрируют диаграммы рис. 5, характеризующие прирост производства генерации электричества гидро- и ветровыми электростанциями. Кривая 1, рис. 5, а характеризует ежегодный прирост генерации электроэнергии, кривая 2 — изменение общей мощности гидроэлектростанций. На рис. 5, б показано изменение со временем мощности ветровых станций (кривая 1) и ее ежегодный прирост. Стрелки указывают на предполагаемое начало соответствующего технологического цикла для данного типа электростанций.

Глобальный технологический цикл развития солнечной энергетики начался в США, затем в Европе, где его начало выражено менее ярко, чем в Китае. В то же время, именно 2008 г. можно считать годом начала планового подключения вновь вводимых мощностей к общей энергосети.

Сравнение данных рис. 5 с данными рис. 4 показывает, что старт прироста производной в генерации электричества гидро- и ветровыми электростанциями был несколько раньше. В дальнейшем процесс шел примерно синхронно с приростом солнечной электроэнергии. Это свидетельствует не только о значительном запросе на энергоресурсы, но и о скоординированных капиталовложениях в возобновляемые источники энергии. К настоящему моменту мощность ветровых электростанций, установленных в мире, составляет около 500 ГВт, что примерно в 1,4 раза больше, чем у солнечных. Однако темп прироста мощностей выше у солнечных электростанций.

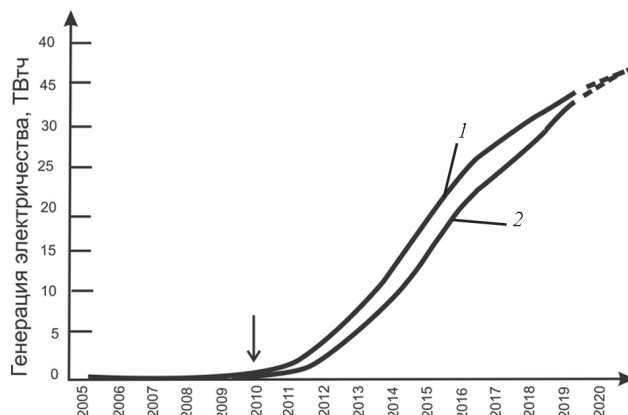


Рис. 4. Временной рост вырабатываемого солнечного электричества в Китае:

1 — общая ежегодная генерация; 2 — количество, передаваемое в электросеть

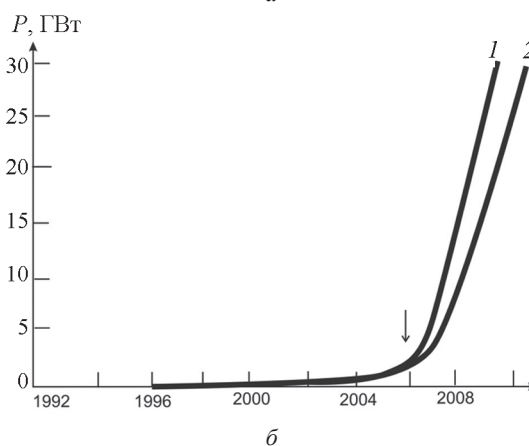
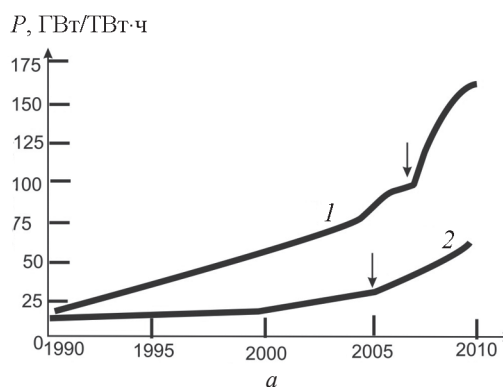


Рис. 5. Изменение прироста мощностей в гидро- и ветровой энергетике:

а — гидроэлектростанции, 1 — ежегодный прирост генерации электроэнергии; 2 — изменение общей мощности гидроэлектростанций; б — ветровые электростанции, 1 — изменение мощности со временем; 2 — ежегодный прирост мощности

К настоящему моменту, благодаря продуманной скоординированной политике и значительным инвестициям в энергетику, Китай вышел на лидирующие позиции. Его прорыву предшествовала значительная подготовительная работа, о чем свидетельствует зна-

чительное международное патентование новых технических решений (рис. 6, *a*) и почти синхронное с этим наращивание на рынке продаж производимых в Китае солнечных батарей.

Изменение доли рынка солнечных батарей США (кривая 1) и Китая (кривая 2) с 1995 по 2010 гг., а также мощность солнечных батарей, проданных за тот же период, показаны на рис. 6. Из графиков отчетливо видна смена лидера после 2006 г.

Сравнив графики рис. 6 и рис. 4 можно сделать вывод, что Китай сначала стал мировым лидером в области производства солнечных батарей и комплектующих к ним и только затем начал быстрыми темпами развивать свою солнечную энергетику. В то же время ветровая и гидроэнергетика начали развиваться в стране на несколько лет раньше (см. рис. 4).

Анализ представленных результатов

Приведенные результаты и их анализ показали, что генерация электричества из возобновляемых источников энергии удовлетворяет критериям основного элемента нового технологического цикла глобальной экономики. Начало строительства солнечных и ветровых электростанций мощностью, превышающей 1 МВт, и подключение их к общей электросети совпало с окончанием предыдущего технологического цикла, обусловленного развитием полупроводниковых микросхем, послуживших материальной базой информационных технологий — основного элемента предыдущего цикла.

Стоимость традиционных энергоносителей, в том числе и электричества, высока и продолжает расти, а значит, является одним из факторов, сдерживающим развитие энергоемких технологий и связанных с ними отраслей экономики. Значительное снижение себестоимости электричества, произведенного из возобновляемых энергоносителей, должно самым благоприятным образом сказаться на сферах производства, потребления, транспорта, быта и др.

Увеличение энерговооруженности производства благоприятствует повышению производительности труда и прорыву в области новых технологий во всех значимых отраслях промышленности, транспорта, коммуникаций.

Сейчас довольно трудно оценить масштабы изменений, возможных в результате длительного действия энергетического звена на различные области науки техники и быта. Можно только использовать ожидаемую аналогию между изменениями, сравнить цены основных инновационных элементов предыдущего и следующего за ним циклов. Соответствующие графики даны на рис. 7, где линия 1 характеризует стоимость одного произведенного мегаватта солнечного электричества через нормализованный коэффициент стоимости (LCOE), равный отношению всех затрат на все электричество, произведенное за период жизненного цикла электростанции, к количеству произведенного за это время электричества [17]. Точками на линии 2 обозначены значения средней стоимости солнечного электричества в 2012 и 2017 гг. Линия 2 характеризует изменение цены транзистора, основного элемента полупроводниковой схемы, ключевого инновационного элемента предыдущего экономического цикла. Колебание цены транзистора стимулировалось процессом миниатюризации элемента (см. рис. 3), а вариация цены возобновляемого электричества — усовершенствованием технологии и расширением масштабов производства.

Из графиков рис. 7 следует, что при развитии энергетической революции можно ожидать снижения себестоимости электричества на несколько порядков. Сейчас это кажется фантастикой, однако в начале 1960-х гг. XX в. фантастикой казалось и то, что вычислительная мощность вычислительной машины, занимавшей этаж специально построенного здания и стоившей несколько миллионов долларов, будет уступать вычислительным возможностям смартфона, лежащего в кармане школьника, ценой на несколько порядков меньшей.

Изменение на несколько порядков энергетического компонента должно оказать не меньшее влияние на энергоемкое производство, чем снижение стоимости

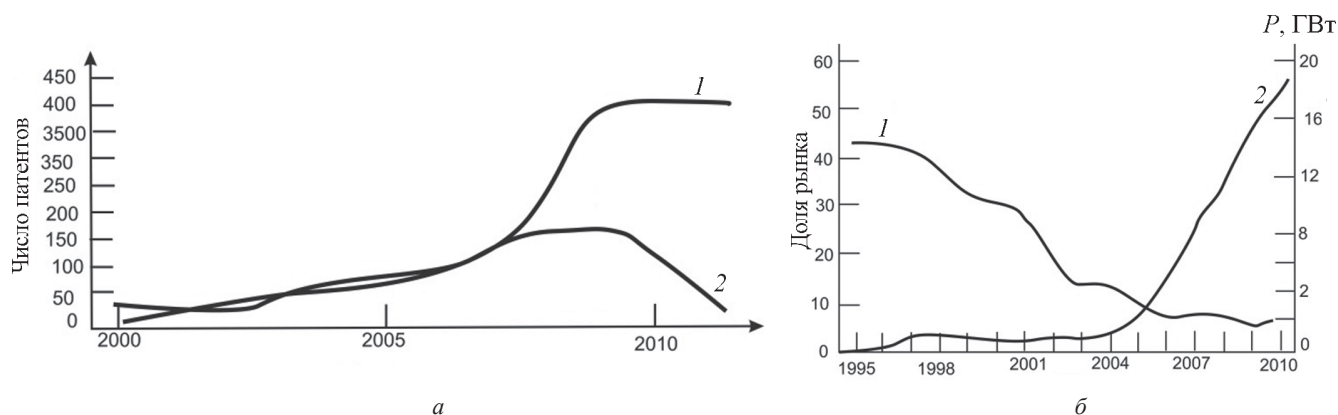


Рис. 6. Динамика смены мирового лидера в области солнечной энергетики:

a — международное патентование новых технических решений (1 — Китай; 2 — США); *б* — доля рынка солнечных батарей (1 — США; 2 — Китай)

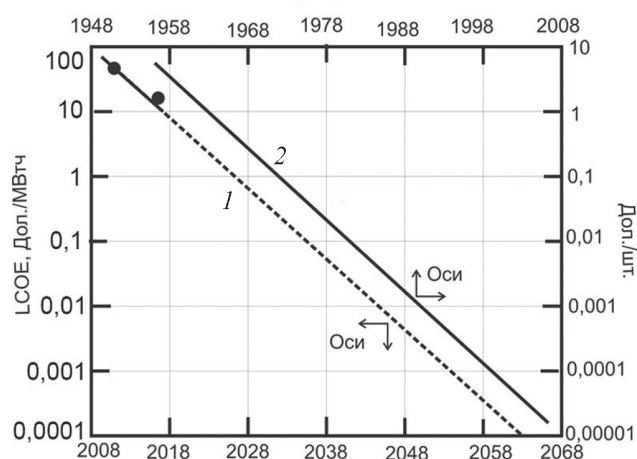


Рис. 7. Оценка перспективы снижения стоимости солнечного электричества (1) по аналогии со снижением стоимости транзистора (2) в предыдущий технологический цикл. Точками обозначены значения средней стоимости солнечного электричества в 2012 и 2017 гг.

аппаратной части информационных систем на информационные системы.

Графики рис. 8, построенные по данным British Petroleum, показывают, как со временем трансформировались производства электроэнергии (кривая 1) и солнечного электричества, а так же предлагают возможный прогноз (кривые 2, 3) [18]. Общий вид кривых 2, 3 соответствует начальным участкам кривых развития ключевых технологий (см. рис. 2), и если прогноз окажется справедливым, то становление возобновляемой технологии должно завершиться примерно к 2080 г. Сейчас эта дата вызывает значительно меньше отторжения, чем лет 10 назад, а еще через 5 лет окажется вполне вероятной. Невероятным считается возможное снижение цены солнечного электричества на несколько порядков в сравнительно недалеком будущем и выход кривой генерации электричества из возобновляемых источников на насыщение при уровне, значительно превышающем существующий.

Цена и количество генерируемого электричества взаимосвязаны, если генерация будет дешевой, то объем ее будет больше, и наоборот. Вопрос в том, существуют

Литература

1. Череповский А.В. Цивилизации предстоит выживать без черного золота // Независимая газета. 2017. № 17 (325). С. 13.
2. Смил В. Энергетика: мифы и реальность. Научный подход к анализу мировой энергетической политики. М.: АСТ-Пресс, 2012.
3. Baweja B. e. a. Extreme Automation and Connectivity: the Global, Regional, and Investment Implications of the Fourth Industrial Revolution // UBS White Paper for the World Economic Forum Annual Meeting, 2016.
4. Шваб К. Четвертая промышленная революция. М.: Эксмо, 2016.

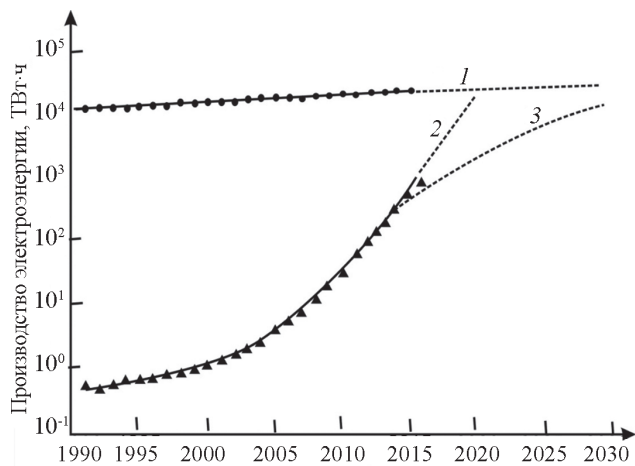


Рис. 8. Зависимости кумулятивного прироста произведенного электричества со временем:

1 — все источники энергии; 2, 3 — преобразователи солнечной энергии; пунктир — возможный прогноз

ли предпосылки для реального сокращения себестоимости возобновляемой энергии на несколько порядков и возможно ли это осуществить в ближайшее время.

Заключение

Будущее предсказать невозможно, слишком много случайных факторов влияют на его появление. Но будущее возможно изобрести, точнее, спланировать и построить. Возможно так же предсказать общее направление, в котором надо двигаться, и проложить соответствующий путь, поставив соответствующие маркеры на дороге. Ресурсы ископаемого органического топлива ограничены, и рано или поздно оно закончится, и очень хорошо, что уже сейчас начали искать альтернативные источники энергии. Чем раньше они войдут в нашу жизнь, тем успешнее может оказаться результат их внедрения.

Показано, что движение к новой энергетике через использование возобновляемых источников началось. От его успехов будет зависеть, станет ли возобновляемая энергетика ключевым фактором нового технологического уклада, или решение энергетической задачи в глобальном масштабе будет отложено до лучших времен.

References

1. Cherepovskiy A.V. Tsivilizatsii predstoit vyzhivat' bez chernogo zolota. Nezavisimaya gazeta. 2017;17 (325):13. (in Russian).
2. Smil V. Energetika: Mify i Real'nost'. Nauchnyy Podhod k Analizu Mirovoy Energeticheskoy Politiki. M.: AST-press, 2012. (in Russian).
3. Baweja B. e. a. Extreme Automation and Connectivity: the Global, Regional, and Investment Implications of the Fourth Industrial Revolution. UBS White Paper for the World Economic Forum Annual Meeting, 2016.
4. Shvab K. Chetvertaya Promyshlennaya Revolyutsiya. M.: Eksmo, 2016. (in Russian).

5. **Deo S. e. a.** The New Global Context: Could economic transformations threaten stability? // UBS White Paper for the World Economic Forum Annual Meeting, 2015.

6. **The sixth Kondratieff** — Long Wave of Prosperity // Frankfurt am Main: Analysis & Trends, 2010.

7. **Kondratieff N.D.** The Long Waves in Economic Life // Rev. of Economic Statistic. 1935. V. XVII. No. 6. Pp. 105—115.

8. **Глазьев С.Ю.** Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: ВладДар, 1993.

9. **Глазьев С.Ю.** Стратегия опережающего развития России в условиях глобального кризиса. М.: Экономика, 2010.

10. **Воронков Э.Н.** Солнечная энергетика может стать одним из ключевых факторов формирования нового технологического цикла // Промышленная энергетика. 2017. № 4. С. 48—53.

11. **Renewable Energy and Energy Efficiency in China: Current Status and Prospects for 2020** // World Watch Rep. 2010. No. 182.

12. **Background Paper: Chinese Renewables Status Rep.** Paris: REN21, 2009.

13. **Scaling Wind and Solar Power in China: Building the Grid to Meet Targets.** Deutsche bank group, 2012.

14. **Renewables 2017. Global Status Rep.** Paris: REN21, 2017.

15. **Nagalakshmi P. Mohd S.A.** How did China Become the Largest Solar PV Manufacturing Country? // CSTEP. 2015. No. 2. Pp. 1—7.

16. **Ran Fu e. a.** U.S. Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2017. The National Renewable Energy Laboratory, 2017.

17. **Воронков Э.Н., Журавлев В.Г.** Сколько может стоить солнечное электричество // Промышленная энергетика. 2015. № 7. С. 47—53.

18. **The First Decade: 10 Years of Renewable Progress** // REN21. 2015. No. 1. P. 48.

5. **Deo S. e. a.** The New Global Context: Could economic transformations threaten stability? UBS White Paper for the World Economic Forum Annual Meeting, 2015.

6. **The sixth Kondratieff** — Long Wave of Prosperity. Frankfurt am Main: Analysis & Trends, 2010.

7. **Kondratieff N.D.** The Long Waves in Economic Life. Rev. of Economic Statistic. 1935;XVII;6:105—115.

8. **Glaz'ev S.Yu.** Teoriya Dolgosrochnogo Tekhniko-ekonomicheskogo Razvitiya. M.: VlaDar, 1993. (in Russian).

9. **Glaz'ev S.Yu.** Strategiya Operezhayushchego Razvitiya Rossii v Usloviyah Global'nogo Krizisa. M.: Ekonomika, 2010. (in Russian).

10. **Voronkov E.N.** Solnechnaya Energetika Mozhet Stat' Odnim iz Klyuchevykh Faktorov Formirovaniya Novogo Tekhnologicheskogo Tsikla. Promyshlennaya Energetika. 2017;4:48—53. (in Russian).

11. **Renewable Energy and Energy Efficiency in China: Current Status and Prospects for 2020.** World Watch Rep. 2010;182.

12. **Background Paper: Chinese Renewables Status Rep.** Paris: REN21, 2009.

13. **Scaling Wind and Solar Power in China: building the Grid to Meet Targets.** Deutsche bank group, 2012.

14. **Renewables 2017. Global Status Rep.** Paris: REN21, 2017.

15. **Nagalakshmi P. Mohd S.A.** How did China Become the Largest Solar PV Manufacturing Country? CSTEP. 2015; 2:1—7.

16. **Ran Fu e. a.** U.S. Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2017. The National Renewable Energy Laboratory, 2017.

17. **Voronkov E.N., Zhuravlev V.G.** Skol'ko Mozhet Stoit' Solnechnoe Elektrichestvo. Promyshlennaya Energetika. 2015;7:47—53. (in Russian).

18. **The First Decade: 10 Years of Renewable Progress.** REN21. 2015;1:48.

Сведения об авторах:

Хэ Кай — стажер НИУ «МЭИ», магистр Северо-Китайского электроэнергетического университета, e-mail: sodareds@163.com

Су Линь — стажер НИУ «МЭИ», магистр Северо-Китайского электроэнергетического университета, e-mail: sulin2017@126.com

Воронков Эдуард Николаевич — доктор физико-математических наук, профессор кафедры электроники и наноэлектроники НИУ «МЭИ», e-mail: voronkoven@mail.ru

Information about authors:

He Kai — Intern of NRU MPEI, Magister of North China Electric Power University, e-mail: sodareds@163.com

Su Lin — Intern of NRU MPEI, Magister of North China Electric Power University, e-mail: e-mail: sulin2017@126.com

Voronkov Eduard N. — Dr.Sci. (Phys.-Math.), Professor of Electronics and Nanoelectronics Dept., NRU MPEI, e-mail: voronkoven@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Статья поступила в редакцию: 21.02.2018

The article received to the editor: 21.02.2018