УДК 338.35

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В МИРОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В.А. СИДОРОВ, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической экономики, Кубанский государственный университет.
e-mail: sidksu@mail.ru

Аннотация

Мировое потребление энергии растет ускоренными темпами, однако ее источники неравномерно распределены по географическому положению и имеют определенные границы по издержкам эксплуатации. Основными ресурсами энергогенерации продолжают оставаться традиционные уголь, нефть и газ, ограниченность которых ставит вопрос о поиске возможных альтернатив. Эта ситуация оказывает непосредственное влияние на качество жизни в разных странах и актуализирует проблему энергопотребления в мировом хозяйстве.

Ключевые слова: *потребление, энергия, производство, хранение, ископаемое топливо, возобновляемые источники энергии, издержки, альтернативы.*

DOI: 10.31429/2224042X_2024_76_13

Введение

Значение топливно-энергетического комплекса для современного мира трудно переоценить. Активное развитие стран Латиноамериканского континента, Азии и Африки генерирует растущий спрос на энергию в условиях ее дефицита, что создает условия невозможности преодоления рубежа преимущественного вовлечения в процесс производства ископаемого топлива, а это дает ряд преимуществ странам, богатым ресурсами, и заставляет остальных заниматься масштабируемыми энергетическими решениями в области разработки новых технологий.

Мировое потребление энергии за последние 12 лет выросло более чем в полтора раза с 143,8 ПВт · ч в 2011 г. до 248,3 ПВт · ч в 2023 г. При этом тенденции динамики прироста потребления энергии в отдельных странах и географических точках неоднозначны. Большая часть роста пришлась на Азию (+3,6%) и США. В Китае, крупнейшем потребителе электроэнергии последнего десятилетия (32–22% мирового потребления), потребление увеличилось на 3,4%, в Африканских странах оно выросло на 3%. Наибольший прирост отмечен в Саудовской Аравии — 8,4% и в Индии — на 7,3%. В Европе в результате тотального отказа от дешевых источников энергии наблюдается падение ее потребления: в целом по ЕС на 4,4% в Турции и Великобритании — в пределах 3%. Проведение специальной военной операции отразилось и на потреблении энергии в странах СНГ, где совокупное энергопотребление снизилось на 3,2%. Определенную роль сыграли и западные санкции против России и отчасти стран, так или иначе поддерживающих параллельный импорт. Наиболее стабильным в отношении потребления энергии является Азиатско-Тихоокеанский регион, где сосредоточено до 28% мирового потенциала гидроэнергии, 20–24% ветряной и солнечной энергии [2, 5].

В настоящее время альтернативы имеющимся источникам энергии не существует, в связи с чем для решения проблемы ее дефицита необходимы меры, связанные с модификацией имеющихся источников, уменьшения или устранения последствий их воздействия на окружающую среду, поиска возможностей расширения возобновляемых источников энергии.

Цель исследования заключается в раскрытии возможности использования возобновляемых источников энергии на фоне углубляющейся проблемы энергосбережения, недостаточного развития отдельных сегментов энергетики и нехваткой инвестиций в традиционные источники энергии в контексте решения проблемы устойчивого развития.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования является проблема потребления энергии как один из центральных элементов благополучия существования современной мировой хозяйственной системы; предметом — трансформационные процессы модернизации энергопотребления в условиях ограниченности источников энергии. Методологическим основанием исследования послужили неореалистская парадигма в теории международных отношений и ставшие недавно популярными конструктивистские позиции отдельных представителей академических кругов в сочетании с ключевыми теоретическими подходами информационного детерминизма в концепциях энергопотребления. Эмпирической основой исследования послужили базы данных и информационные ресурсы по энергетике, в том числе Enerdata «Глобальные энергетические и климатические тенденции» [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Энергия является фундаментальной составляющей человеческой жизни. Ни один современный технологический процесс производства, существующий в промышленности, сельском хозяйстве, медицине, домашнем хозяйстве, не избавлен от необходимости в той или иной мере использования ее определенного количества. Потребность современного человека в энергии составляет 3500 ккал/сут., при этом мужчина потребляет до 4200 ккал, женщина — 3050 ккал/сут. В то же время в экономически развитых странах потребление энергии одним человеком может доходить до 125 000 ккал/сут., в бедных странах оно существенно меньше [3]. В последние годы сформировалась такая тенденция — рост потребления энергии в беднейших странах однозначно способствует улучшению качества жизни, тогда как в развитых странах рост потребления энергии не приводит к какому-либо существенному улучшению уровня благосостояния. Сложившаяся ситуация свидетельствует о том, что проблема энергопотребления становится объективным элементом экономической политики. Для процветающих стран управление экономией энергии в различных сферах ее потребления фактически является самым распространенным направлением экономической политики. Для стран, входящих в зону догоняющего развития, наоборот, увеличение потребления энергии — острая проблема социального и экономического развития.

Существующие источники энергии объективно определены, и маловероятно, что какие-либо другие будут открыты в обозримом будущем. Различные формы природных ископаемых: уголь, нефть, газ, их производные продукты являются важнейшими источниками первичной энергии. В общем объеме потребления энергии они составляют до 87%, атомная энергетика дает еще примерно около 6%. Таким образом, оказывается, что возобновляемые источники энергии, на которые делали ставку западные страны, в последние годы остаются второстепенным фактором энергопотребления, однако следует отметить их рекордный рост в 2023 г., когда совокупная мощность возобновляемых источников энергии достигла уровня 473 ГВт. Из общего объема производимой энергии около 2/5 конвертируется в электроэнергию, остальные 2/5 — расходуются на нужды народного хозяйства: промышленное и бытовое потребление, обслуживание транспортного сектора и пр. [10].

Доминирование ископаемого топлива в энергопотреблении как первичного источника энергии имеет свои последствия. Прежде всего, речь идет о его неравномерном региональном распределении, например, основная часть нефти и природного газа (≈65%) сосредоточена в пределах небольшой группы стран Ближнего Востока и странах СНГ, что наделяет их определенными преимуществами, формируя некоторую зависимость других стран, вызывая опасения относительно стабильных поставок. Кроме того, это невозобновляемое сырье, оно ограничено и незаменимо. Так, существующие темпы потребления нефти (не менее 85 млн баррелей в день) приводят к пониманию того, что этого вида ископаемого сырья хватит лишь на несколько десятилетий. При этом каждая дополнительная единица добытой нефти обходится все дороже. В перспективе энергия, необходимая для добычи 1

барреля нефти, может превысить объем энергии, которую можно получить из этого же барреля. В этом случае судьба нефти как одного из ключевых источников производства энергии предрешена, хотя она может оставаться полезной в других сферах хозяйственной деятельности, например, в синтезе разного рода соединений, важных для многих отраслей промышленности или аграрного сектора производства. Угля, при нынешних темпах потребления, нам хватит более чем на 115 лет, газа — на 55 лет, есть еще нетрадиционные нефти (углеводороды, рассеянные в тяжелых смолах, сланцах, песках), которые могут дать человечеству дополнительно 40 лет. В любом случае следует иметь в виду соотношение затрат на использование и добычу энергии, этот показатель является универсальным критерием эффективности энергоотдачи. Следует принимать во внимание также то обстоятельство, что использование ископаемого топлива и продуктов его переработки приводит к выбрасыванию в атмосферу огромного количества углекислого газа, который является одним из элементов, приводящих к парниковому эффекту. Следствием этого, возможно, становится эффект глобального потепления, который приводит к серьезным климатическим изменениям. Тем не менее ископаемое топливо по-прежнему остается крупным источником энергии, хотя бы на среднесрочную перспективу. Как следствие — основная энергетическая задача заключается в уменьшении доминирования ископаемого топлива в производстве энергии.

Определенной альтернативой первичным источникам энергии в создавшейся ситуации становится возобновляемая энергия. К сожалению, современный ее вклад в общее потребление энергии остается незначительным, поэтому ближайшей задачей нескольких десятилетий становится увеличение ее доли в объеме потребления. Сегодня на наших глазах формируется облик цифровой экономики, в рамках которой существенное значение приобретают трансакционные издержки, в большей мере в регулятивной своей функции обязанные использованию нефти и продуктов ее переработки. Данный факт предполагает появление «чистых» источников энергии. В первую очередь это касается существенного расширения сферы использования биотоплива и масштабов его производства, которые сегодня превышают 2,4 млн баррелей нефтяного эквивалента в день [1]. В наши дни уже функционируют пилотные предприятия, производящие этанол из биомассы. В результате биотопливо хотя бы в некоторой мере может уменьшить зависимость от нефти. Вторая альтернатива видится в расширении использования возобновляемых источников энергии или ядерного синтеза. Здесь анонсируется серьезная проблема, от преодоления которой зависит дальнейшее распространение этого перспективного вида источника энергии — как хранить электричество, поскольку традиционные аккумуляторные батареи не только слабоэффективны, но и сильно загрязняют окружающую среду. Обнадеживают весьма перспективные исследования в области систем хранения электрической энергии, активно развивающиеся в современном высокотехнологическом классе оборудования для энергетического инжиниринга. Речь идет о криогенных системах накопления и хранения электроэнергии, которая предоставляет возможность отделить производство электрической энергии от ее потребления. Интересное решение — электрохимические системы хранения энергии, литий-ионные, свинцово-кислотные и никель-кадмиевые батареи. Первые характеризуются высокой удельной отдачей, высокой емкостью и глубоким циклом зарядки (70–80%). Вторые — активно используются в эксплуатации электротранспорта, но обладают низкой удельной энергоемкостью. Третьи — выдерживают низкие температуры, их допустимые точки зарядки/разрядки выше по сравнению с другими типами батарей. Новые технологии хранения электроэнергии весьма перспективны, поскольку способны снизить затраты на эти цели от 3 до 4 раз (с 940 до 260 дол.) за 1 МВт · ч. Дальнейшее улучшение электроинженерии в области хранения электроэнергии должно стать огромным прорывом в возможностях ее использования.

Структура производства электроэнергии значительно варьирует от страны к стране. Так, на Китай приходится 30,0% к общему количеству выработанной за год электроэнергии, США, занимая второе место, вырабатывают 15,6%, Индия — 6,4%, в России объем электрогенерации в 2023 г. составил 1178 млрд кВт · ч, это 4,0% от общего объема производства. Следует учесть, что возобновляемые источники энергии составляют малую долю в суммарной выработке. В России это менее 2%, тогда как в Европейском союзе она достигает 45% (1,21 млн ГВт · ч), США — 6%, Китае — 38,4%, но абсолютным лидером является Бразилия, где 89,2% производства электроэнергии приходится на возобновляемые источники, из которых ветровой сектор занимает 12%, солнечный — 11%, биомасса — почти 8%. С начала 2024 г. наблюдается бурный прирост мощностей возобновляемых источников энергии — на их долю пришлось 86% общего объема прироста, в котором преобладают солнечные установки, квота которых составляет 73%, и ветроэнергетика, занимающая 24% [4].

Бурное развитие технологий, основанных на возобновляемых источниках энергии, тем не менее не мешает доминированию традиционных ее носителей. Так, выработка электроэнергии на угольных станциях в мире к началу 2024 г. составила 10,61 трлн кВт · ч, что превышает аналогичный показатель прошлого года почти на 2%. При этом угольная генерация пока превосходит даже газовую, с помощью которой удалось выработать 6,7 трлн кВт · ч. Здесь первенство принадлежит Азиатско-Тихоокеанскому региону, где произведено 86,6% энергии угольной генерации, тогда как в Европе наблюдается снижение производства электроэнергии на угольной базе (на 18,6% до 0,4 трлн кВт · ч). Такая же картина наблюдается в Северной и Южной Америке (на 17,7% до 0,84 трлн кВт · ч) [7, 9].

Таким образом, возникает ситуация, в которой человечество не в состоянии полностью отказаться от традиционных источников энергии, особенно таких, как уголь, применение которого оказывает серьезное влияние на экологию. Дело связано с тем обстоятельством, что сжигание угля в больших объемах ведет к образованию экстерналий в экономике, отсюда важнейшей задачей становится поиск мер противодействия эффекту загрязнения.

Определенные преимущества в решении этой задачи имеет гидроэнергетика. Она является наиболее распространенным и широко используемым ресурсом. Перспективы (особенно в некоторых климатических зонах) вырисовываются в отношении таких, например, возобновляемых источников энергии, как ветер и солнце. В некоторых географических поясах они относительно устойчивы и в некоторой степени неограничены, однако существующие пока технологии не позволяют получить оптимальное соотношение затрат и отдачи, как следствие, высокая стоимость и ограниченность сфер применения. Тем не менее в 2023 г. мировая ветроэнергетика выросла в полтора раза по сравнению с 2022 г. [3]. Совокупный рынок ветроэнергетики отличается высокими темпами роста (в среднем 9,4% в год) и оценивается в 90 млрд дол. Этот факт позволяет расценивать его как достаточно сильный агрегатор промышленного роста и предоставления рабочих мест. Необходимо учитывать также, что технологии не стоят на месте и в последнее время появились условия устойчивого сокращения стоимости производимой энергии. Так, если в начале 1980-х гг. производство единицы энергии аэрогенераторами не опускалась ниже 20 евроцентов, сейчас ее производство сравнимо с традиционными источниками. Развитие науки и техники привело к тому, что современные аэрогенераторы имеют потенциальную мощность до 2 МВт, в отличие от их предшественников, мощность которых не превышала 50 кВт. Однако существует проблема, которую нельзя обойти стороной, и она заключается в том, что ветер прерывист. В результате ветряные электростанции генерируют энергию меньше, чем могли бы. В Испании, например, они работают в среднем около 2000 ч./г., это меньше четверти всего времени. Время выработки электроэнергии не всегда совпадает с периодами

максимального спроса. Решение проблемы прерывистости требует решения проблемы хранения.

Еще одним быстрорастущим направлением развития возобновляемых источников энергии является солнечная радиация. Общее количество солнечной энергии, падающей на землю, значительно превышает не только текущие, но и ожидаемые потребности энергии. Существенным критерием, ограничивающим ее распространение, является все еще высокая стоимость ее сбора, преобразования и хранения. Тем не менее перспективы ее использования довольно обнадеживающие — из всех зеленых технологий она создает больше всего рабочих мест (в ее реализации заняты конструкторы, разработчики, строители, монтажники, техники и представители других компетенций), а по имеющимся данным количество рабочих мест только в фотоэлектрическом секторе к 2050 г. достигнет 22 млн, для сравнения — в 2019 г. их было всего 3,8 млн [9].

Современные технологии предусматривают два способа использования солнечной энергии: фотоэлектрические панели и термодинамика. Наиболее распространены фотоэлектрические системы. Благодаря методам концентрации они обладают довольно высокой эффективностью. Их преимущество по сравнению с другими возобновляемыми источниками энергии — низкий уровень затрат и имеющиеся перспективы их минимизации. Способ, связанный с термоэлектрической технологией, в последние годы претерпел значительное развитие, особенно в южных регионах. Наибольшее распространение получили технологии цилиндрическо-параболических коллекторов и центрального приемника. В первом случае происходит генерация высокотемпературного пара под высоким давлением, который приводит в движение турбину. Построенные по этой технологии группы электростанций в пустынях Мохаве и Невада в 1980-е гг. работают и поныне. Их общая мощность составляет около 570 МВт. Этот тип солнечной энергии является более дорогостоящим, чем традиционная энергия, хотя и дешевле, чем энергия фотоэлектрического происхождения. Считается, что она поступит в массовое распоряжение в случае, когда совокупная мощность достигнет 15 000 МВт. Для того чтобы это произошло, нужен прорыв науки в определенных технологических достижениях, а также диверсификация рынка поставок, современное состояние которого препятствует развитию конкуренции в деле совершенствования производственных процессов. В целом, текущие тенденции в области солнечной энергетики выглядят многообещающе, однако есть и проблемы, возникающие в результате использования этих технологий: подключение солнечных батарей к электросетям, нехватка оборудования, задержки в цепочке поставок, ограниченность земли для коммерческого использования, нехватка квалифицированных подрядчиков и рабочей силы специфических компетенций. Все же наиболее существенным ограничением является рекомбинация — эффект, возникающий вследствие дефектов в материале фотоэлектрических систем. Как результат, большинство современных панелей имеет коэффициент полезного действия, не превышающий 20%.

Другая распространенння технология использования солнечной энергии является термодинамика, в рамках которой термодинамические устройства рассматриваются как система генерации электроэнергии на основе преобразования отработанного тепла. Первые такие станции построены в Испании общей емкостью 31 МВт. Стоимость энергии, производимой с их помощью, пока выше, чем у традиционных установок фотосинтеза, однако они играют важную роль в аэрокосмической промышленности и предлагают ряд преимуществ, отказаться от которых пока не представляется возможным.

Важным источником энергии в большинстве развитых стран, наряду с ископаемым топливом и возобновляемыми источниками энергии, является ядерная реакция. Ядерная энергетика, наряду с гидроэнергетикой — одна из старейших низкоуглеродных энергетических технологий. Доля ядерной электроэнергии составляет 10% от общего объема ее производства. В настоящее время атомные

электростанции эксплуатируются в 33 странах мира. В мире насчитывается 448 энергетических реакторов общей мощностью примерно 2550 тыс. ГВт · ч. Безусловный лидер в производстве энергии на атомных электростанциях — США, где эксплуатируются 96 реакторов, ежегодно поставляющих до 800 тыс. ГВт · ч, второе и третье место делят Китай и Франция (50 и 58 реакторов соответственно), где производство ядерной электроэнергии составляет примерно по 340 тыс. ГВт · ч. Россия в списке стран – лидеров производства атомной энергии занимает четвертое место и располагает 39 действующими реакторами, которые суммарно производят свыше 200 тыс. ГВт · ч электроэнергии в год [7]. За время, прошедшее с момента начала использования атомных реакторов для производства электроэнергии, позиции атома как надежного и чистого источника энергии укрепились. Трендом последних лет стали атомные станции малой мощности, активно развивающиеся в России и Китае — «Росатом» приступил к изготовлению реакторных установок РИТМ 200С, а Китай строит АЭС с реактором АСР-100 мощностью 100 МВт. Совершенно иная ситуация с атомными станциями в Европе, где за последние 15 лет закрылось 55 реакторов. Такие страны как Литва, Австрия, Германия, Италия, полностью отказались от ядерной энергетики [6].

Ядерная энергия имеет определенные преимущества, которые делают ее привлекательной как часть будущего энергетического комплекса мира. Во-первых, она является крупнейшим источником чистой энергии, обеспечивает большое количество рабочих мест, играет важную роль в обеспечении национальной безопасности (самые передовые протоколы безопасности созданы именно в атомной отрасли), независимость от внешних условий, колебаний цен на сырье (6% от цен на электроэнергию). Во-вторых, она превратилась в высокоразвитый инновационный промышленный сектор, создающий продукцию с высокой долей добавленной стоимости.

Недостатки атомной энергетики хорошо известны: необходимость в большом объеме инвестиций, длительный срок окупаемости, потенциальная серьезность аварий, проблема хранения радиоактивных остатков. Наибольшую угрозу представляет как раз проблема хранения радиоактивных остатков, она преобладает над всеми положительными аспектами атомной энергетической технологии. Вообще говоря, существует два типа остатков: кратковременные и длительные. Первые имеют период полураспада 30 лет. Большинство остатков попадает в эту категорию. Вторые — существенно превышают эти сроки, иногда период их полураспада может измеряться сотнями или даже тысячами лет. Проблема управления и утилизации отработанного топлива наиболее актуальна для ядерной энергетики. Определенные надежды связаны с реакторами четвертого поколения, использующими технологию замкнутого цикла. Первый такой реактор в мировой практике строят в Томске, его запуск планируется на 2026 г.

Таким образом, в ядерной энергетике готовится настоящий прорыв, позволяющий раз и навсегда решить две основные проблемы развития современной ядерной энергетики — хранение отработанного ядерного топлива и ограничение запасов природного урана. Отрадно, что Россия занимает лидирующие позиции в развитии платформы реакторных технологий.

Заключение

С учетом сложившейся ситуации представляется нереалистичным отказаться от любого вида доступных источников энергии. И хотя традиционное сырье устойчиво доминирует в структуре ресурсов производства энергии, в краткосрочной перспективе существует острая необходимость в активном поиске его заменителей. В первую очередь это касается субститутов продуктов переработки нефти, которые господствуют в транспортном секторе экономики и угля (наиболее многочисленный и грязный источник энергии).

Несомненно, за возобновляемыми источниками энергии будущее, но необходимо время и технологии, которые позволят решить эту проблему — технологии хранения энергии уже занимают выдающееся место

в программах энергетических исследований. Ядерный синтез также внушает определенные перспективы, развитие науки в сторону освоения реакторов деления дает основания для заключения о возможности безопасного и эффективного использования ядерного топлива. Фундаментальной задачей в этой области является продвижение к реакторам четвертого поколения, которые дают просто фантастические перспективы развития альтернативных источников энергии.

Рецептов, способных мгновенно решить проблему обеспечения человечества энергией, нет. К этому необходимо подходить со всех возможных направлений, а не только с технологической точки зрения, учитывая политические и экономические соображения относительно каждого из доступных источников энергии. Подход конвергенции представляется наиболее оптимальным в сложившихся условиях на среднесрочную перспективу.

Библиографический список

1. Анализ размера и доли рынка биотоплива — тенденции роста и прогнозы (2024–2029 гг.). URL: https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/biofuels-market

2. Глобальные энергетические и климатические тенденции. URL: https://russia.enerdata.net/publications/reports-presentations/world-energy-trends.html

3. *Зуев А.* Мировая ветроэнергетика // ТЭК России № 8. URL: https://www.cdu.ru/tek_russia/issue/2024/8/

4. *Милькин В., Волобуев А.* Угольная энергетика. URL: https://www.vedomosti.ru/business/articles/2024/01/25/1016636-ugolnaya-energetika

5. Отрасли российской экономики: производство, финансы, ценные бумаги // Электроэнергетика. 2024. Вып. № 1559.

6. Рейтинг стран по производству атомной энергии. URL: https://nonews.co/directory/lists/countries/nuclear-power-production

7. European Commission. European Sustainable Nuclear Industrial Initiative. ESNII Vision Paper 2022. URL: https://snetp.eu/wp-content/uploads/2023/09/ESNII_Vision_Paper_2022.pdf

8. Human Development Report 2023-24. Breaking the gridlock: Reimagining cooperation in a polarized world. Posted on: March 13, 2024. New York. URL: https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2023-24

9. IEA World Energy Outlook 2023. URL: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023

10. *Lopez C.* Current Challenges in Energy. URL: https://www.bbvaopenmind.com/en/articles/current-challenges-in-energy/