

Глобальные тенденции в области возобновляемых источников энергии

© В.Ю. Конюхов, А.М. Пестова

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

Аннотация. В данном исследовании рассмотрены технологические инновации, экономическая эффективность и растущий потребительский спрос, развитие которых приводит к тому, что возобновляемые источники энергии (особенно ветер и солнце) становятся оптимальными источниками энергии. Так, в современном мире была пересмотрена роль солнечной и ветровой энергии, такого рода энергия начала восприниматься как предпочтительный источник энергии на большей части земного шара. В статье обозначено семь тенденций, влияющих на данную трансформацию. Альтернативные источники энергии постепенно достигают паритета цены и производительности с традиционными источниками, демонстрируют свою способность улучшать сети и становятся всё более конкурентоспособными благодаря новым технологиям. Необходимо также отметить, что исчезают препятствия и ограничения развёртывания. Солнечная и ветровая энергия входят в число самых дешёвых источников энергии в мире. Кроме того, затраты продолжают падать, успешная интеграция идёт быстрыми темпами с опорой на новые технологии, которые обеспечивают большую эффективность и открывают новые возможности. Между тем спрос на возобновляемые источники энергии неумолимо растёт. Солнечная и ветровая энергетика сейчас наиболее близка к решению трёх приоритетных задач, связанных с потреблением энергии: надёжности, доступности и экологической ответственности.

Ключевые слова: развивающиеся рынки, энергетические ресурсы, нефтяной газ, устойчивость, энергетика

Global Trends in Renewable Energy

© Vladimir Yu. Konyukhov, Alexandra M. Pestova

*Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russian Federation*

Abstract. The article discusses technological innovations, economic efficiency and growing consumer demand, the development of which leads to the fact that renewable energy sources (especially wind and sun) become optimal energy sources. So, in the modern world, the role of solar and wind energy has been revised, this kind of energy has begun to be perceived as the preferred source of energy in most of the world. The article identifies seven trends affecting this transformation. Alternative energy sources are gradually reaching price and performance parity with traditional sources, demonstrating their ability to improve grids and becoming increasingly competitive thanks to new technologies. It should also be noted that the obstacles and limitations of deployment are disappearing. Solar and wind energy are among the cheapest energy sources in the world. In addition, costs continue to fall, and successful integration is progressing rapidly, relying on new technologies that provide greater efficiency and new opportunities. Meanwhile, the demand for renewable energy sources is growing inexorably. Solar and wind energy are now closest to solving three priority energy-related issues: reliability, affordability, and environmental responsibility.

Keywords: emerging markets, energy resources, petroleum gas, sustainability, energy

Возобновляемые источники энергии, будучи лишь недавно признанными основными источниками энергии, в настоящее время становятся предпочтительными. Сочетание благоприятных тенденций и тенденций спроса, которые очевидны во многих развитых и развивающихся странах мира, помогает солнечной энергии и ветру конкурировать с традиционными источниками и выходить на лидирующие позиции.

Первый фактор заключается в том, что возобновляемые источники энергии до-

стигают паритета цен и производительности в сети и на розетке. Во-вторых, эффективное применение солнечной и ветровой энергии может помочь экономически сбалансировать сетку. В-третьих, новые технологии дают возможность для развития конкурентных преимуществ таких видов энергии, как ветер и солнце.

Спрос со стороны потребителей энергии в основном связан с тремя целями, которые первые три тенденции позволили наилучшим образом реализовать возобнов-

ляемым источникам энергии. По-разному акцентируя внимание на каждой цели, потребители ищут наиболее надёжные, доступные и экологически ответственные источники энергии [1]. Необходимо отметить, что возобновляемые источники энергии лучше всего подходят для удовлетворения такого спроса.

Главными среди этих потребителей являются города, интегрирующие возобновляемые источники энергии в планы «умных» городов. Кроме этого, создаются общинные энергетические проекты, демократизирующие доступ к преимуществам возобновляемых источников энергии в сети и вне её, формируются развивающиеся рынки, ведущие развёртывание возобновляемых источников энергии на своём пути к развитию, и корпорации, расширяющие сферу своих закупок солнечной и ветровой энергии.

Эти тенденции, вероятно, будут продолжаться развиваться в условиях наличия двух взаимодополняющих добродетельных циклов. Внедрение новых технологий позволит постепенно снижать издержки и улучшать интеграцию, что даст возможность большему числу потребителей энергии покупать ту энергию, которая им нравится, и ускорит энергетическую трансформацию стран по всему миру.

Долгосрочные барьеры на пути широкого внедрения возобновляемых источников энергии были устранены благодаря трём основным факторам: быстрому сетевому паритету, экономически эффективной и надёжной сетевой интеграции и технологическим инновациям. Солнечная и ветровая энергия, когда-то считавшаяся слишком дорогой, чтобы выйти за пределы нишевых рынков, теперь может превзойти традиционные источники по цене и по соответствию производительности. Идея о том, что возобновляемые источники энергии представляют собой множество интеграционных проблем, которые необходимо решить, оказалась несостоятельной: интеграция солнечной и ветровой энергии начинает помогать решать проблемы энергосистемы. Наконец, возобновляемые источники энергии больше не нуждаются в формировании вспомогательных технологий, они используют передовые технологии за пределами традиционных источников.

Рассмотрим основные тенденции в развитии возобновляемых источников энергии.

1. Достижение паритета цен и производительности в сети и вне её.

В современном мире неоспоримыми фактами развития возобновляемых источников энергии становятся скорость развёртывания солнечной и ветровой энергии и их резко снижающиеся кривые затрат. Вопреки представлениям о том, что подобные источники энергии не смогут превзойти традиционные, ветроэнергетика и солнечная энергетика в условиях отсутствия субсидий обеспечили конкурентоспособность с традиционными технологиями генерации на ведущих мировых рынках [2].

Ветер и солнечная энергия достигли паритета цен на энергосистемы, кроме того, данные источники энергии приближаются к паритету производительности с обычными источниками. Фактически несубсидированная выровненная стоимость энергии (LCOE) для наземной ветровой и солнечной фотоэлектрической генерации коммунального масштаба упала даже с большинством других технологий генерации или ниже них в большей части мира. В то время как такие ресурсы, как парогазовые турбины (ПГУ), обладают большей гибкостью для отслеживания кривой нагрузки, всё более доступные аккумуляторные батареи и другие инновации помогают сгладить последствия ветровых и солнечных перебоев, тем самым придают им большую надёжность, необходимую для конкуренции с обычными источниками. С точки зрения цен наземный ветер стал самым дешёвым в мире источником энергии для производства электроэнергии с несубсидированным диапазоном LCOE в 30–60 долларов за мегаватт-час (МВт·ч), что ниже диапазона самого дешёвого ископаемого топлива – природного газа (42–78 долларов США за МВт·ч).

Коммунальные солнечные фотоэлектрические батареи не уступают в своём развитии ветроэнергетике. Это второй по дешёвизне источник энергии [3]. Высокий уровень диапазона LCOE солнечных фотоэлектрических батарей (43–53 доллара/МВт·ч) ниже, чем у любого другого источника генерации. Рекордные 93,7 ГВт (больше, чем общая мощность в 2011 году, составившая 69 ГВт) были добавлены во всём мире в 2017 году в 187 странах, что позволило довести общую мощность до 386 ГВт, данные изменения происходили во главе с Китаем, Японией, Германией, США, Италией, Индией и Великобританией. Солнечная энергия достигла ценового паритета на всех этих

рынках, за исключением Японии, где представлен один из самых дорогих солнечных рынков в мире, что объясняется главным образом высокими капитальными затратами. Поскольку Япония переходит к конкурентным аукционам, паритет цен на солнечную энергию ожидается между 2025 и 2030 годами.

Помимо ведущих стран, паритет цен на ветровую и солнечную энергию также находится в пределах видимости во всём мире, поскольку разрыв в затратах между этими и другими источниками генерации увеличивается. За исключением парогазовых установок, за последние восемь лет удельный вес всех традиционных источников энергии и неинтермитентных возобновляемых источников энергии либо оставался неизменным (биомасса и уголь), либо увеличивался (геотермальная, гидроэнергетическая и ядерная энергия). По мере снижения стоимости компонентов и повышения эффективности удельный вес береговых ветровых и коммунальных солнечных фотоэлектрических установок снизился на 67 % и 86 % соответственно. Необходимо отметить, что это две тенденции, которые, по прогнозам специалистов, сохранятся [4].

Модернизация, или переоснащение, ветряных турбин в развитых странах также ведёт к снижению средних мировых издержек за счёт повышения коэффициентов мощности. Кроме того, расходы развивающихся стран могут снизиться, поскольку глобальные разработчики и международные организации объединяются для содействия в разработке проектов. По мере роста ветровых и солнечных мощностей многие традиционные источники начнут работать с более низкими коэффициентами мощности, что приведёт к увеличению LCOE как существующих, так и новых традиционных проектов строительства. Стоимость новых солнечных и ветряных электростанций в конечном итоге может оказаться не только ниже стоимости новых обычных электростанций, но и ниже стоимости продолжения эксплуатации существующих электростанций во всём мире.

2. Экономическая и надёжная сетевая интеграция.

Одним из наиболее часто упоминаемых препятствий на пути к использованию солнечной и ветровой энергии является их непостоянство. Ситуация меняется на противоположную: ветер и солнце вскоре могут перестать выступать в качестве проблем,

которые необходимо решать, вероятнее всего, они начнут восприниматься как решение для балансировки энергосистемы. Действительно, внедрение возобновляемых источников энергии оказалось не таким сложным или дорогостоящим, как ожидалось. Более того, данные источники энергии продемонстрировали способность повышать устойчивость и надёжность сети и предоставлять основные сетевые услуги [5].

Проблемы прерывистости ветра и солнца можно переоценить. Большинство стран и регионов находится на уровнях проникновения возобновляемых источников энергии, которые требуют минимальной корректировки энергосистемы: возобновляемые источники энергии либо практически не регистрируются на системном уровне, либо требуют лишь небольших изменений в практике эксплуатации и в использовании существующих ресурсов. В странах или регионах с высоким уровнем проникновения возобновляемых источников энергии, требующих более сложных системных изменений, традиционные источники энергии приспособляются, чтобы позволить с большей степенью экономической эффективности интегрировать больше возобновляемых источников энергии.

3. Технология для автоматизированных, интеллектуальных и преобразованных возобновляемых объектов.

Новые технологии, включая автоматизацию, искусственный интеллект (ИИ) и блокчейн, а также передовые материалы и производственные процессы, могут ускорить внедрение возобновляемых источников энергии. Технологии варьируются от тех, которые оптимизируют производство и эксплуатацию возобновляемых источников энергии (автоматизация и передовое производство), до тех, которые оптимизируют их использование (ИИ в прогнозировании погоды), улучшают рынок возобновляемых источников энергии (блокчейн) и трансформируют материалы для солнечных панелей и ветряных турбин. Эти технологии поддерживают первые две тенденции, способствуют дальнейшему снижению затрат и облегчают интеграцию.

4. «Умный» возобновляемый город.

Большая часть населения мира в настоящее время живёт в растущих городах, некоторые из которых приняли «умный» подход для управления своей инфраструктурой с применением подключенных сенсорных технологий и анализа данных. Сол-

нечная и ветровая энергия являются необходимыми условиями для достижения этих целей, поскольку их использование способствует сокращению загрязнения, обезуглероживанию и устойчивому развитию при одновременном достижении чистой электронной мобильности, расширения экономических возможностей и роста бизнеса [6].

5. Общественная энергия включается и выключается.

Первоначальная тенденция «общественной солнечной энергии» расширилась до «общественной энергии», в состав которой были добавлены такие элементы, как система хранения и управления и обеспечение большей гибкости. Для коммунальных служб это расширение приносит новые способы обслуживания автономных и сетевых районов. В автономном регионе теперь можно предложить электрификацию по цене и производительности с другими вариантами [7]. В области сетевого взаимодействия способность обеспечивать энергоснабжение сообществ независимо от сети согласуется с целями устойчивого развития и самоопределения. В обоих случаях многие страны приняли общинную энергетику, поскольку она позволяет людям пользоваться результатами внедрения возобновляемых источников энергии.

В автономном регионе использование возобновляемых источников энергии может обеспечить оптимальную электрификацию. Общинная энергетика в автономном регионе может быть определена как общинное партнёрство, которое гарантирует электрификацию и реинвестирование прибыли в общину. Эти проекты в основном состоят из микросетей с накопителями и солнечными батареями, которые располагаются в сельских районах с достаточной плотностью населения. Основным мотивирующим фактором для создания солнечных микросетей является то, что они экономически эффективны по сравнению с топливными микросетями, удлинителями сетки, керосиновыми лампами или дизельными генераторами. Также возобновляемые микросети более надёжны, чем сети в развивающихся странах. Эти государственные энергетические проекты в основном иницируются и финансируются неправительственными организациями. Преимущество общинной энергетики перед другими моделями электрификации заключается в сильной поддержке общин и в расширении их возможностей. То же са-

мое относится ко многим островным рынкам и отдалённым районам развитых стран [8].

6. Развивающиеся рынки как ведущие рынки.

Отрасли солнечной и ветровой энергетики и рынки зародились и сформировались в развитом мире (определённом как 33 члена ОЭСР с высоким уровнем дохода), но их центр тяжести сместился в сторону развивающихся рынков, которые характерны для всех неразвитых стран. В 2013 году развивающиеся рынки превзошли развитые страны по темпам роста наземных ветроэнергетических установок, а в 2016 году – по росту солнечной энергии. В 2017 году на них приходилось 63 % новых глобальных инвестиций в возобновляемые источники энергии, что увеличило разрыв в инвестициях с развитыми странами до рекордно высокого уровня. На сегодняшний день их совокупная ёмкость близка к тому, чтобы превзойти возможности развитых стран. Развивающиеся рынки помогли снизить стоимость возобновляемых источников энергии, позволили им обойти развитые страны в развёртывании возобновляемых источников энергии, добиться менее углеродоёмкого развития и внедрять инновации, которые также приносят пользу развитому миру [9].

Выступая в качестве мирового лидера, Китай способствует росту возобновляемых источников энергии на развивающихся рынках. В 2017 году в Китае был зафиксирован самый высокий рост солнечной и ветровой энергии, а также общая установленная мощность. Это единственный рынок, превышающий 100 ГВт для обоих источников. Только на Китай в 2017 году приходилось более половины новых солнечных установок, а также две трети мирового производства солнечных фотоэлектрических панелей. Восемь из десяти ведущих поставщиков фотоэлектрических солнечных батарей принадлежат Китаю, а на долю трёх ведущих китайских ветряных компаний в совокупности приходится крупнейшая ветряная энергия. Кроме того, Китай является единственной страной, которая входит как в первую десятку получателей трансграничных чистых инвестиций с развивающихся рынков, так и в десятку крупнейших инвесторов, а также является единственным развивающимся рынком среди последних [10].

7. Растущий размер корпоративного участия.

Корпорации приобретают возобновляемые источники энергии по-новому, и в них участвует всё больше отраслей промышленности. Соглашения о закупке электроэнергии (PPA) становятся предпочтительным инструментом, поскольку корпорации обеспокоены качеством своих закупок. Золотым стандартом является дополнительность, то есть гарантия того, что закупки создают измеримые дополнительные мощности возобновляемых источников энергии.

PPA обеспечивают максимальную дополнительность, но в первую очередь они доступны для крупных корпораций. Агрегация начинает расширять доступ для более мелких игроков. Крупнейшие корпорации также помогают небольшим компаниям в приобретении возобновляемых источников энергии, поскольку они включили цепочки поставок в свои цели в области возобновляемых источников энергии.

Библиографический список

1. Суслов К.В., Конюхов В.Ю., Зимина Т.И., Шамарова Н.А. Техничко-экономические аспекты применения возобновляемых источников энергии: монография. Иркутск: ИрГТУ, 2014. С. 21–25.
2. BP Statistical Review of World Energy-2010 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bp.com/genericarticle.do?categoryId=98&contentId=7062807> (16.12.2020).
3. Безруких П.П. Возобновляемая энергетика: сегодня – реальность, завтра – необходимость. М.: Лесная страна, 2007. 120 с.
4. Егоров И. Современное состояние и потенциал развития биогазовой энергетики в России // Эколого-правовой мониторинг: «Возобновляемые источники энергии». Берлин: Русско-немецкое бюро экологической информации, 2013. Вып. 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://rnei.de/publikatii/rnei-publikatsii/2-rnei-monitoring-klimaticheskaya-polit> (16.12.2020).
5. Суслов К.В., Конюхов В.Ю., Субанова Н.В. Экономика и электроэнергетика – две вершины развития России // Информатизация и виртуализация экономической и социальной

жизни: материалы III Межвузовской студенческой науч.-практ. конф. с международным участием. Иркутск, 2017. С. 76–81.

6. Федчишин В.В., Стефановская О.М. Экономика энергетики // Экономический альманах. Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2017. С. 81–85.

7. Тарасов А.С. Использование математической модели формирования и выбора класса замещения традиционных источников энергии в децентрализованных сетях электроснабжения // Технические науки – от теории к практике. 2013. № 18. С. 78–84.

8. Wingert J-L., Laherrère J. La vie après le pétrole: De la pénurie aux énergies nouvelles. Paris, 2005. 238 p.

9. Коломейцева А.А. Глобальные тренды развития возобновляемой энергетики // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 4. № 11. С. 11–19.

10. Глобальная энергетика // Энергоэффективная автономная энергоустановка нового поколения [Электронный ресурс]. URL: http://ekoteh.narod.ru/rbe_new/power_plant/page01.html (16.12.2020).

Сведения об авторах / Information about the Authors

Конюхов Владимир Юрьевич, кандидат технических наук, профессор кафедры автоматизации и управления, Институт высоких технологий, Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Российская Федерация, e-mail: c12@ex.istu.edu

Пестова Александра Михайловна, магистрант группы ЭУм-20-1, Институт энергетики, Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Российская Федерация, e-mail: martusina2@yandex.ru

Vladimir Yu. Konyukhov, Cand. Sci. (Technics), Professor, Department of Automation and Control, Institute of High Technologies, Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federation, e-mail: c12@ex.istu.edu

Alexandra M. Pestova, Postgraduate Student, Institute of Energy, Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federation, e-mail: martusina2@yandex.ru