

МИРОВАЯ ЭКОНОМИКА

В. П. Клавдиенко¹

МГУ имени М. В. Ломоносова (Москва, Россия)

УДК 338.012; 339.97

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА: МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

В статье исследуются основные тенденции и особенности развития возобновляемой энергетики в различных странах мира в контексте современной трансформации глобального энергетического хозяйства — преобразования энергетической системы на основе широкого использования возобновляемых источников энергии и генерации более дешевой и «чистой» энергии. В фокусе внимания находятся ветровая и солнечная энергетика. Рассмотрены факторы ускоренного роста этих сфер возобновляемой энергетики. Определены объемы финансирования, и раскрыты основные направления НИОКР и инновационных технологических преобразований в этих отраслях. Исследована динамика издержек генерации электроэнергии в ветровой и солнечной энергетике в различных странах мира, выявлена устойчивая тенденция снижения этих издержек. На основе проведенного анализа представлено авторское видение проблем и перспектив трансформации электроэнергетики в пользу возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ветровая энергетика, солнечная энергетика, инновационные технологии, издержки генерации электроэнергии, мировое энергетическое хозяйство.

Цитировать статью: Клавдиенко В. П. Возобновляемая энергетика: мировые тенденции развития // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. — 2020. — № 2. — С. 147—160.

V. P. Klavdienko

Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

JEL: F01, F63, F64, Q42, Q48

RENEWABLE ENERGY: GLOBAL DEVELOPMENT TRENDS

The article explores the main trends and features of renewable energy development in various countries of the world in the context of modern transformation of the global energy economy — the transformation of the energy system based on a widespread use of renewable

¹ Клавдиенко Виктор Петрович — д.э.н., доцент, ведущий научный сотрудник, экономический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, e-mail: klavdienko@econ.msu.ru.

energy sources and the generation of cheaper and “clean” energy. The author focuses on wind and solar energy, considers the factors of accelerated growth of these areas of renewable energy defines funding and the main directions of R&D and discloses innovative technological transformations in these industries. The paper analyzes the dynamics in the costs of generating electricity based on the use of wind and solar radiation in various countries and identifies a steady downward trend in reducing these costs. Based on the analysis, the author presents a vision of existing problems and prospects for the transformation of electric power industry in favor of renewable energy sources.

Keywords: renewables, wind energy, solar energy, innovative technologies for generating electricity, costs of generating electricity, global energy economy.

To cite this document: *Klavdienko V. P.* (2020) Renewable energy: global development trends. *Moscow University Economic Bulletin*, (2), 147–160.

Характерным трендом мировой экономики в последние десятилетия стал бурный рост возобновляемой энергетики (ВЭ). Истоки этого тренда формировались в период нефтяных «шоков» 70-х гг. XX в., когда на мировом рынке цены на нефть выросли более чем в десять раз, и страны — импортеры нефти усилили вмешательство государства как в плане контроля над потреблением, так и в плане диверсификации энергоснабжения и повышения энергетической независимости. В конце 90-х гг. интерес к освоению возобновляемых источников энергии (ВИЭ), к которым обычно относят энергию ветра, солнца, малых рек, морских приливов и волн, биомассы, геотермальную энергию, был «подогрет» проблемами глобального климата, а в начале 2000-х гг. — бурным ростом цен на энергетическое сырье (прежде всего на нефть)¹. В настоящее время мировое сообщество рассматривает развитие ВЭ как одно из ключевых направлений преобразования глобальной энергетической системы в пользу генерации более дешевой и «чистой» энергии и борьбы с изменением глобального климата [World Economic, 2019].

Бурное развитие возобновляемой энергетики проявляется и в масштабных инвестициях в отрасль, и в рекордном вводе новых мощностей, и в увеличении доли «чистой» энергии в общем объеме производства электроэнергии. В 2018 г. на создание новых мощностей в ВЭ (без крупных ГЭС) в мире было инвестировано 289 млрд долл., это почти вдвое больше, чем инвестиции в новые мощности в традиционной и ядерной энергетике, вместе взятые. Годовой прирост новых мощностей в ВЭ более чем вдвое превысил совокупный объем вновь введенных мощностей, работающих на органическом и ядерном топливе. На рис. 1 показано изменение доли

¹ Прим. автора: Международное агентство по возобновляемой энергетике к ВИЭ относит энергию ветра, солнца, океана и морских волн, биомассы и геотермальную энергию, а также гидроресурсы малых ГЭС (мощностью не более 50 МВт). В отечественной литературе для обозначения этой группы ресурсов обычно используют термин «нетрадиционные возобновляемые источники энергии» (НВИЭ).

ВЭ в суммарной установленной в мире энергетической мощности и в глобальном производстве электроэнергии.

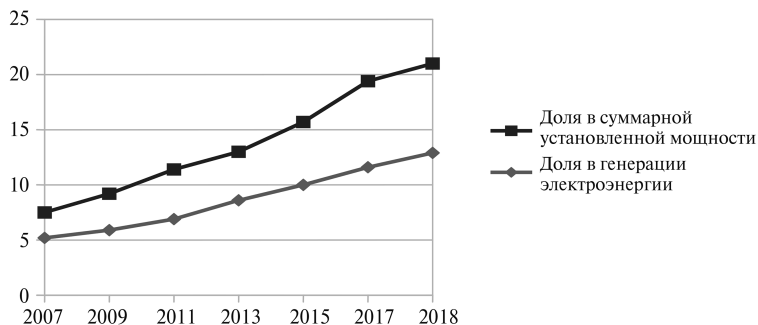


Рис. 1. Доля возобновляемой энергии (без крупных ГЭС) в суммарной установленной мощности в мировой энергетике и в глобальной генерации электроэнергии, в %

Источник: рассчитано и составлено по [Renewables 2019; Renewable Energy Capacity 2019; Global Trends 2019].

Верхняя кривая рис. 1 показывает, что в период 2007–2018 гг. доля возобновляемой энергии в суммарной установленной мощности в мировом энергетическом хозяйстве возросла более чем вдвое — с 7,5 до 19,4%. Нижняя кривая отражает бурный рост доли возобновляемой энергии в глобальной генерации электроэнергии с 5,2 до 12,9%. При этом в целом ряде стран доля «чистой» энергии в общем производстве электроэнергии значительно выше среднемирового уровня. В Дании, например, она составляет 53%, Германии — 25–28%, в Португалии, Греции, Испании и Великобритании — 20–24% [Renewables, 2019].

Наиболее высокой динамикой распространения в мировой энергетике отличаются технологии генерации на основе использования энергии ветра и солнечного излучения. Сегодня на долю солнечной и ветровой энергетики приходится 88% всей установленной в мире мощности возобновляемой энергии.

Одна из наиболее динамично развивающихся отраслей мировой индустрии — ветроэнергетика. Суммарная установленная мощность в ветроэнергетике в период 2007–2018 гг. увеличилась в 5,7 раза и к 2019 г. составила 539 ГВт. Почти треть мощностей этой отрасли сконцентрирована на территории Китая, который в течение последних лет выступает флагманом мировой ветроэнергетики. Далее в группу мировых лидеров по установленной мощности в ветроэнергетике входят США (16% мирового объема), Германия (10%), Индия (6%), Испания (4%), Великобритания (3,6%), Франция (2,4%) [Renewable Energy Capacity, 2019].

Высокие темпы роста показывает ветроэнергетика Бразилии, где суммарная установленная мощность отрасли достигла 13 ГВт (восьмое место

в мире). Первые ветропарки здесь были созданы в 2009 г., а в 2019 г. их действовало более 450. Показательно, что коэффициент использования установленной мощности (КИУМ), характеризующий эффективность работы ветроэнергетических установок (ВЭУ), в ветропарках Бразилии является одним из самых высоких в мире — 40–50%, а на северо-востоке страны, где имеются наиболее благоприятные условия для использования энергии ветра, — 58,4–60,8%. Такой КИУМ встречается редко, достаточно сказать, что среднемировой показатель для отрасли — 30% [Brasil avança, 2018].

Компании — производители ветротурбин постоянно совершенствуют технические характеристики, наращивают мощности, улучшают дизайн ВЭУ, расширяют модельный ряд изделий с учетом природно-климатических условий их использования. Если в 2000 г. на мировом рынке доминировали турбины мощностью до 1 МВт, то сегодня производители предлагают турбины мощностью 6 МВт и более. Характерными тенденциями стали также повышение высоты башни, увеличение диаметра ротора (ветроколеса) ВЭУ. За последние два десятилетия высота башни ВЭУ в среднем увеличилась с 60 до 120 метров, диаметр ветроколеса — с 30 до 100 и более метров. Повышение высоты башни и увеличение диаметра ветроколеса позволили задействовать больший объем ветрового потенциала для генерации энергии и повысить эффективность работы ВЭУ. Показательно, что в 2010–2018 гг. коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) в среднем возрос для береговых ВЭУ с 27 до 32%, а для офшорных — с 35 до 43% [Renewable Power, 2019].

Современные ВЭУ оснащаются «умными» технологиями, выполняющими функции автоматического контроля и регулирования. Установленные на разных высотах башни анемометры обеспечивают мгновенное и точное измерение направления и скорости ветра. Сотни датчиков в режиме реального времени осуществляют контроль за состоянием «здоровья» ВЭУ и ее компонентов (лопастей, редукторов, ротора, инверторов, системы изменения угла атаки лопастей и др.), а система самодиагностики позволяет выявлять малейшие сбои в работе оборудования, своевременно проводить профилактические мероприятия и предупреждать аварийные ситуации.

Дальнейшее развитие ветроэнергетики и повышение конкурентоспособности отрасли связывают прежде всего с научными разработками и инновационными инженерными решениями в области:

- совершенствования основных компонентов ВЭУ, включая лопасти, механические системы, системы управления и контроля;
- создания композитных материалов высокой прочности для несущих конструкций и ключевых компонентов ВЭУ (важная роль отводится таким материалам, как стеклопластик, оптическое волокно и др.);
- разработки пакета программного обеспечения для моделирования и дизайна новых ВЭС, адаптированных к условиям сложной местности (например, холмистых и гористых ландшафтов);

- разработки ветрогенераторов для зон слабых ветров;
- внедрения новых практик дистанционного обслуживания ветроустановок с использованием искусственного интеллекта;
- производства компонентов ветротурбин с помощью аддитивных технологий;
- и др.

Еще более впечатляющую динамику роста демонстрирует солнечная энергетика. По сравнению с 2008 г. суммарная установленная мощность солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС) в мире возросла в 34 раза и составила к 2019 г. 505 ГВт. Примечательно, что в этом секторе «зеленого» бизнеса в последние десятилетия шла острая конкурентная борьба. До 1997 г. с большим отрывом по объему установленной мощности и производству электроэнергии лидировала солнечная энергетика США, с 1997–2004 г. мировым лидером в отрасли становится Япония. В 2005 г. первенство в солнечной энергетике на десять лет переходит к Германии, а с 2015 г. неизменным мировым лидером по установленной мощности и объему генерации в солнечной энергетике является Китай (более трети суммарной установленной мощности в мире и почти четверть мирового производства фотоэлектричества). В пятерку мировых лидеров по установленной мощности в солнечной энергетике входят также Япония, располагая потенциалом в 56 ГВт, США — 50, Германии — 46 ГВт. Крупным игроком на рынке солнечной энергетики становится Индия. Увеличив в 2018 г. суммарную установленную мощность до 27 ГВт, она вошла в пятерку мировых лидеров, потеснив Испанию на шестое место [Renewable Energy Statistics, 2019].

В последние годы из всех сфер возобновляемой энергетики именно солнечная энергетика в наибольшей степени привлекает инвесторов, на нее приходится 58% глобальных инвестиций в сферу «зеленой» энергетики. Львиную долю этих вложений реализует Китай — 54%, около 12% инвестируют США, 7 — Европа, 4% — Индия и т.д. (см. рис. 2).

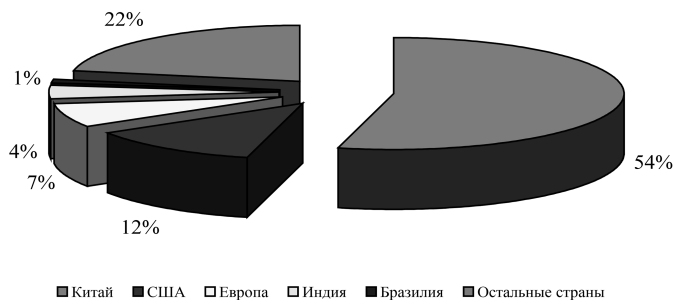


Рис. 2. Доля стран в мировом объеме инвестиций в солнечную энергетику, 2018 г., в %

Источник: рассчитано автором по [Global Trends, 2019].

Сегодня солнечная энергетика — одна из наиболее передовых в техническом отношении отраслей индустрии, оснащенная современным оборудованием. Показательно, что доля новых мощностей (введенных в строй в 2017 г. и позже) в общей установленной мощности в этой отрасли составляет 39%, в том числе в солнечной энергетике США доля новых мощностей превышает 32%, Китае — 56%, Индии — 64%, а в таких развивающихся странах, как Бразилия, Марокко, ЮАР, Чили, — более 90% [расчитано по: Renewable Energy Statistic, 2019].

Как и в ветроэнергетике, характерной тенденцией в солнечной энергетике является рост масштабов производства, создаются солнечные электростанции мощностью 100 МВт и более. В Чили работает солнечная станция мощностью 100 МВт, которая обеспечивает энергией более 120 тыс. чилийских домохозяйств. В ЮАР созданы две станции такой мощности, в Индии — шесть, в Китае — восемь. В Германии действуют две станции мощностью более 150 МВт, в США (в штате Калифорния) введена в эксплуатацию солнечная станция мощностью 580 МВт. Практика этих стран подтвердила установленную ранее зависимость между увеличением мощности солнечной электростанции и затратами на производство единицы энергии: удвоение мощности солнечной электростанции обеспечивает снижение стоимости 1 кВт генерируемой электроэнергии в среднем на $\frac{1}{4}$ [Global Trends, 2019].

Снижение стоимости электроэнергии, генерируемой солнечными электростанциями, обусловлено также внедрением и распространением цифровых технологий и искусственного интеллекта в отрасли. Искусственный интеллект определяет конфигурацию солнечных ферм вплоть до азимутальной ориентации и оптимального угла наклона каждой солнечной панели, обеспечивая оптимальную генерацию (без вмешательства человека). «Умные» установки позволяют осуществлять дистанционный мониторинг оборудования, выявлять повреждения и загрязнения модулей, нарушения в работе инвертеров, отклонения трекеров от заданного наклона, при этом сокращаются затраты времени на проверку оборудования и устранение дефектов, повышается КИУМ. В 2010–2018 гг. среднемировое значение КИУМ для СФЭС увеличилось с 14 до 18%, а для солнечных термодинамических установок с 30 до 45% [Renewable Power, 2019].

В последние годы внимание ученых и разработчиков в сфере гелиоэнергетики сфокусировано на следующих направлениях НИОКР:

- разработка методов комплексной диагностики полупроводниковых материалов, микро- и наноструктур для солнечной энергетики;
- улучшение дизайна и качественных характеристик солнечных элементов;
- освоение производства высокоэффективных гетероструктурных солнечных модулей;
- разработка гибких солнечных панелей, способных принимать практически любую форму;

- разработка солнечных модулей, способных генерировать энергию в условиях экстремально низких температур (-60°C);
- разработка инновационных методов получения эффективных тонкопленочных солнечных элементов на основе перовскитов и др.

Бурный рост отраслей возобновляемой энергетики (прежде всего ветровой и солнечной) обеспечен рядом факторов, к основным из которых можно отнести следующие.

- Всесторонняя государственная поддержка освоения ВИЭ. Уже к 2007–2009 гг. более чем в 60 странах мира (в том числе США, Канаде, Австралии, Японии, странах ЕС, Китае, Индии, Бразилии и др.) были приняты долгосрочные национальные программы освоения возобновляемых источников энергии с особым акцентом на поддержку ветровой и солнечной энергетики. Задания по вводу мощностей в этих отраслях обеспечиваются надежным финансированием за счет средств бюджета и частного бизнеса, с использованием механизма частно-государственного партнерства. При этом нередко значительную долю расходов на реализацию национальных программ развития нетрадиционной энергетики (особенно на начальном этапе) принимало на себя государство. Так, в Германии программу «100 000 солнечных крыш» правительство страны поддержало субсидиями в 0,51 млрд евро. В Индии более половины расходов на установку в сельской местности «солнечных крыш» было профинансировано государственными субсидиями [Клавдиенко, 2009].

Важно и то, что во многих странах, кроме прямых вложений общественных и частных средств, активно используются косвенные инструменты государственной поддержки производителей и потребителей «чистой» энергии — гарантированные государственные закупки «зеленой» энергии у производителей по льготным долгосрочным тарифам (Испания, Португалия, Греция, Дания, Румыния, Япония, Китай, Индия и др.), «зеленые» сертификаты для потребителей (Великобритания, Австрия, Бельгия, Италия, Швеция, Норвегия), льготные кредиты, налоговые преференции, льготные таможенные пошлины на импорт оборудования для ветровой и солнечной энергетики (Китай, Индия, Бразилия, ЮАР и др.) [Клавдиенко, 2012; Булатов, 2016; Lin, 2018].

- Крупномасштабные инвестиции в отрасль. Доброжелательная и поощрительная политика правительства к освоению ВИЭ стимулировала инвестиционную активность и бурный приток капитала в сферу ВЭ. Кумулятивные инвестиции в ВЭ в 2010–2018 гг. составили 2,6 трлн долл. Мировым лидером по инвестициям в возобновляемую энергетику в последнее десятилетие неизменно выступает Китай. В 2018 г. из 289 млрд долл. мирового объема инвестиций в эту сферу индустрии 45,5% приходилось на Китай, доля США составила 14,5; Японии — 4,9; Индия — 4,0; Германия — 3,7% (см. рис. 3).

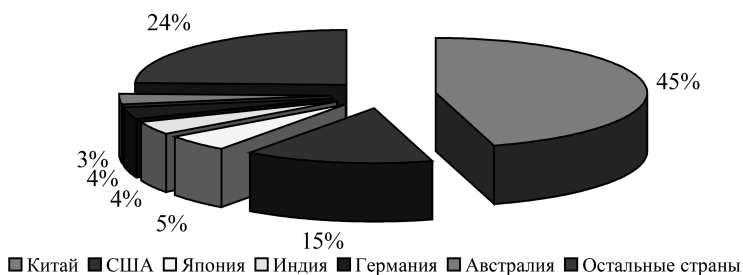


Рис. 3. Доля стран в глобальных инвестициях в возобновляемую энергетику в 2018 г., в %

Источник: рассчитано по [Global Trends, 2019].

• Наряду с крупномасштабными инвестициями на создание новых мощностей в возобновляемой энергетике трудно переоценить роль щедрого финансирования НИОКР в подъеме отрасли. Глобальные расходы на эти цели в последнее десятилетие увеличились более чем вдвое и в 2018 г. составили 13,1 млрд долл. Примечательно, что основным спонсором НИОКР в «зеленой» энергетике выступает бизнес-сектор, доля которого в финансировании «зеленых» НИОКР возросла с 54 до 58% (см. табл. 1).

Таблица 1

**Глобальные расходы на НИОКР в возобновляемой энергетике,
млрд долл.**

Субъект финансирования	2008	2010	2017	2018
Государство	2,8	3,7	5,1	5,5
Бизнес-сектор	3,3	5,1	6,7	7,6
Всего	6,1	8,8	11,8	13,1

Источник: составлено по [Global Trends, 2019].

Наиболее щедро финансируют «зеленые» НИОКР США, выделяя на эти цели около 2,5 млрд долл. (2018 г.), Китай — 2,2 млрд долл., Япония — 0,5 млрд долл. Среди стран ЕС интенсивные научные исследования и разработки в ВЭ ведут: Германия, Дания, Нидерланды (в ветровой, солнечной и геотермальной энергетике), Франция (в использовании энергии ветра, солнца, приливов и волн), Испания (в ветровой, солнечной, геотермальной энергетике) и др. Суммарные инвестиции стран ЕС в «зеленые» НИОКР в 2018 г. составили 2,7 млрд долл. [Global Trends, 2019; The State, 2019].

Главным бенефициаром средств на НИОКР в большинстве стран мира является солнечная и ветровая энергетика. В эти сектора поступает более 70% глобальных инвестиций на НИОКР в «зеленой» энергетике.

Совокупный эффект благоприятных факторов (всесторонней государственной поддержки, крупных инвестиций, роста масштабов генерации, улучшения технико-экономических характеристик оборудования) содействовал уменьшению удельных капитальных затрат и расходов на обслуживание, снижению себестоимости электроэнергии, генерируемой ВЭУ и СФЭС. Так, в 2007–2018 гг. удельные затраты на установку наземных ВЭУ в среднем уменьшились на 20%, в том числе в США они сократились на 25%, странах ЕС — 15–19%, в Китае — 13%, в Индии и Бразилии — на 29 и 28% соответственно [рассчитано по: Renewable Power, 2019]. Удельные капитальные затраты на установку СФЭС снижались еще быстрее. В среднем по странам мира в 2007–2018 гг. они уменьшились на 70%, в том числе в США — на 52%, Германии — 70, Франции и Японии — на 77%, Китае — 71%, Индии — 75%. В настоящее время самые низкие затраты на установку материковых ВЭУ и СФЭС достигнуты в Индии и Китае (см. табл. 2).

Таблица 2

Средние удельные капитальные затраты на установку материковых ВЭУ и СФЭС, 2018 г., долл./кВт

Страны	Ветроэнергетические станции*	Солнечные фотоэлектрические станции**
Мир в целом	1447	2000
ЕС	1995	1900
США	1990	2100
Бразилия	1994	2550
Индия	1121	1150
Китай	1245	1160

* Включая стоимость турбины, расходы на транспортировку, консультации, подключение к сети и прочие затраты.

** Установки коммерческого масштаба.

Источник: составлено автором по [Renewable Power, 2019].

Наряду с уменьшением удельных капитальных затрат на установку мощностей, устойчивой тенденцией в «зеленой» энергетике стало снижение издержек генерации электроэнергии. В период 2008–2018 гг. нормативная стоимость одного кВт·ч электроэнергии, генерируемой солнечными фотоэлектрическими станциями (СФЭС) в странах мира, снизилась в среднем на 77%, наземными ветроэнергетическими установками (ВЭУ) — на 44%, а офшорными ВЭУ — почти на треть (см. табл. 3).

**Средняя стоимость генерации электроэнергии в секторах ВЭ,
долл./кВт·ч**

Сектора ВЭ	2008 г.	2014 г.	2018 г.	2020 г. (прогноз)
Солнечные фотоэлектрические станции	0,37	0,16	0,09	0,06
Ветроэнергетические установки (наземные)	0,08	0,07	0,06	0,05
Ветроэнергетические установки (офшорные)	0,16	0,15	0,13	0,08–0,10
Биоэнергетика	0,08	0,07	0,06	0,06

Источник: составлено автором по [Renewable Power, 2019].

В солнечной энергетике наиболее значительное снижение издержек генерации электроэнергии обеспечено в Индии, Китае, США, Канаде, Германии. В Индии, например, в 2017 г. расходы на производство электроэнергии от СФЭС опустились до 0,04 долл./кВт·ч, и были примерно вдвое ниже стоимости энергии от газотурбинных станций комбинированного цикла (0,09 долл./кВт·ч) и угольной генерации (0,07 долл./кВт·ч). В Китае (в северо-западных провинциях) электроэнергия от СФЭС продавалась по цене 0,316 юаня/кВт·ч (5 центов), что ниже базовой цены на электроэнергию от местных угольных электростанций (0,325 юаня/кВт·ч). В США стоимость генерации электроэнергии СФЭС в среднем составляла 0,054 долл./кВт·ч, тогда как генерация электроэнергии на основе сжигания угля обходилась 0,066 долл./кВт·ч, газогенерация — 0,049 долл./кВт·ч, электроэнергия от АЭС — 0,174 долл./кВт·ч [Tumbling Costs, 2018].

В ветроэнергетике наименьшие издержки генерации достигнуты в Китае, Индии, США, Германии, Испании, Великобритании, Бразилии, Франции, Дании. В этих странах стоимость производства электроэнергии от ВЭС (не только наземных, но и офшорных) достигла паритета с генерацией электроэнергии на угольных электростанциях, газотурбинных станциях комбинированного цикла или АЭС. Издержки генерации электроэнергии наземными ВЭС в этих странах находятся в пределах 0,05–0,07 долл./кВт·ч, а новые ветроэнергетические мощности позволяют снизить себестоимость электроэнергии до менее 0,05 долл./кВт·ч. Например, в Германии, Канаде, Бразилии, Мексике на тендерах 2017 г. энергия от наземных ВЭС торговалась по цене 0,03–0,05 долл./кВт·ч. В Индии в 2017 г. на аукционах «зеленых» проектов энергетические компании предлагали энергию, генерируемую ВЭУ, по цене — 2,43 рупии/кВт·ч (0,03 долл./кВт·ч). Показательно, что эта цена ниже тарифа, по которому в стране продается электроэнергия, вырабатываемая на основе сжигания угля (3,2 рупии/кВт·ч).

Снижение издержек и повышение конкурентоспособности технологической генерации «чистой» энергии открыли новые горизонты для форми-

рования инновационной, дружелюбной окружающей среде энергетики. Все большее число стран и крупных корпораций заявляют о намерении отказаться или существенно сократить использование ископаемого топлива в пользу возобновляемых источников энергии. Так, страны ЕС (кроме Польши) подписали соглашение, предполагающее отказ от строительства новых угольных ТЭС после 2020 г. О своем намерении свертывания угольного бизнеса заявили также Новая Зеландия, Мексика, Ангола и ряд других стран.

К 2019 г. более 160 стран установили национальные цели по доле «чистой» электроэнергии в общем объеме производства электроэнергии, при этом некоторые из них пересмотрели намеченные ранее показатели и повысили целевые ориентиры по доле «чистой» энергии. Так, страны ЕС предполагают к 2030 г. увеличить эту долю до 32% вместо ранее намеченных 27%; в том числе Франция — до 40%, Германия — 65%, Португалия, Швеция, Дания — до более 80% [Renewables, 2019].

Свой вклад в преобразование глобальной энергетической системы в пользу генерации более дешевой и «чистой» энергии намерены внести корпорации и предприятия бизнес-сектора. К 2019 г. 170 крупных компаний мира (в том числе Coca-Cola, IKEA, SC Johnson, Nike, Samsung и др.) присоединилась к инициативе «RE 100» (Renewable Energy). Целью этой глобальной экологической инициативы является добровольный переход корпораций к определенному сроку (в период 2030–2050 гг.) на полное (100%) обеспечение своих потребностей в энергии за счет возобновляемых источников [Renewable Energy Industry, 2019].

Первые успешные шаги в промышленном использовании энергии ветра и солнца делает Россия. В 2018 г. в отечественной ветроэнергетике введено 50 МВт новых мощностей, а общая установленная мощность в фотовольтаике возросла более чем на 300 МВт. Говорить о возросшем интересе инвесторов к развитию «зеленой» энергетики в России пока преждевременно, тем не менее ряд проектов в этой отрасли воплощается в жизнь. Так, в марте 2019 г. сдана в эксплуатацию Ахтубинская СФЭС мощностью 60 МВт, готовятся к пуску Калмыкская СФЭС (25 МВт), Адыгейская ВЭС (150 МВт) и др. Предполагается, что к 2024 г. доля ВИЭ в производстве электроэнергии в России возрастет до 4,5% против нынешних 0,1%.

В глобальной экономике перспективы освоения ВИЭ оцениваются, как правило, оптимистически [Алферов, 2015; ВР, 2019; Lin, 2018; Najjanne, 2019; New Energy Outlook, 2019]. Например, по прогнозам развития мировой энергетики, разработанным учеными Института энергетических исследований РАН и Центра энергетики московской школы управления СКОЛКОВО, доля НВИЭ в мировом производстве электроэнергии к 2040 г. возрастет до 35–50% [Прогноз развития, 2019]. По оценкам экспертов компании British Petroleum, доля генерации электричества на базе ВИЭ (без ГЭС) в глобальном производстве электроэнергии состав-

вит к 2040 г. 30–35%, при этом объем производимой «чистой» энергии будет примерно в равной пропорции обеспечен за счет использования энергии ветра и солнечного излучения [ВР, 2019]. В ноябре 2019 г. Международное энергетическое агентство (МЭА) опубликовало новые варианты возможных сценариев развития мировой энергетики на период до 2040 г. [World Energy. IEA, 2019]. Первый из двух предложенных сценариев, получивший название сценария текущих политик (Current Policies Scenario), разработан аналитиками МЭА исходя из утвержденных планов, программ, проектов, а также совокупности обязательств, объявленных намерений и заявлений действующих политических лидеров и правительств стран мира. Согласно этому сценарию, к 2040 г. доля ВИЭ в генерации электроэнергии возрастет до 30%. По мнению разработчиков, этот уровень не позволит в полной мере выполнить цели устойчивого развития ООН, связанные с энергетикой, и решить задачи, сформулированные в Парижском соглашении по климату. Согласно второму сценарию, получившему название сценария устойчивого развития (Sustainable Development Scenario), доля «чистого» электричества в глобальной выработке электроэнергии к 2040 г. составит 50%, в том числе 42% обеспечат ветровая и солнечная энергетика (в равной пропорции — по 21%) и 8% будет получено от прочих ВИЭ (без учета ГЭС). Развитие мировой энергетики по этому сценарию, по мнению специалистов МЭА, позволит снизить остроту глобальных экологических проблем, в том числе в части сдерживания глобального потепления в пределах до 2 °С. Однако развитие энергетики по сценарию устойчивого развития потребует значительно больших финансовых затрат по сравнению с ориентацией на сценарий текущих политик. В частности, в ветровую и солнечную энергетику кумулятивные инвестиции в 2019–2040 гг., согласно сценарию текущих политик составят 10,6 трлн долл., а развитие этих отраслей ВЭ по сценарию устойчивого развития потребует инвестиций в 15,6 трлн долл.

Не оспаривая оценок авторитетных специалистов относительно долгосрочных перспектив развития возобновляемой энергетики, не следует, однако, переоценивать ее роль в настоящее время и в обозримой перспективе. Сегодня основным источником генерации электроэнергии во многих странах и в мировой экономике в целом остается ископаемое топливо (73%). Около 15% электроэнергии вырабатывают крупные ГЭС, основные фонды которых во многих странах имеют значительный физический и моральный износ. Доля ВИЭ (без крупных ГЭС) в глобальном производстве электроэнергии пока невелика (менее 13%).

При этом освоение ВИЭ наталкивается на целый ряд технических, административных и экономических барьеров, связанных с зависимостью объектов ВИЭ от погодных условий и неравномерностью выработки электроэнергии; трудностью их интеграции в единую электрическую сеть; высокими рисками для частных инвесторов; бюрократическими препонами

и длительными процедурами при получении лицензий на строительство объектов ВЭС; использованием больших земельных площадей под ВЭС и СФЭС и др. Коэффициент использования установленной мощности в ветроэнергетике остается все еще значительно ниже, чем у электростанций, работающих на газе (в 1,5 раза), на угле (почти вдвое) и на ядерном топливе (втрое). КИУМ солнечных фотоэлектрических станций еще меньше (вдвое ниже среднемирового КИУМ для ВЭС).

Нельзя не отметить и то, что сложившаяся глобальная энергетическая система, основанная на ископаемом топливе, — это огромный сложный механизм, который порождает колоссальные доходы и включает не только технологические, но также экономические, социальные и политические компоненты. Многочисленные финансово-экономические, политические, социальные институты (национальные и международные) обеспечивают функционирование сложившейся энергетической системы, устанавливают соответствующие технические стандарты, нормы, правила, процедуры, готовят для нее квалифицированные кадры и др. Огромная «армия» людей разных профессий во всем мире обеспечивает работоспособность этой системы, получает от этой системы свои доходы, идентифицирует себя с ней и не испытывает мотиваций к ее изменениям.

В связи с этим представляется, что в ближайшие десятилетия ни традиционная, ни атомная энергетика не утратят своего значения из-за огромной роли, которую они и созданная для них инфраструктура играют в экономике и обществе многих стран мира. Ни одна из технологий генерации электроэнергии не имеет абсолютных преимуществ и не в состоянии решить все задачи, стоящие перед экономикой и обществом этих стран. Технологии, опирающиеся на возобновляемые энергоресурсы, органическое и ядерное топливо, следует рассматривать не как альтернативные, а как дополняющие друг друга в процессе формирования оптимальной структуры энергопроизводства и энергопотребления, отвечающей задачам современной цивилизации. Необходимо в полной мере использовать возможности каждой технологии, каждого источника энергии, с учетом их ресурсного потенциала, технологического и регионального предпочтения. Непременное значение в реализации этих возможностей имеет обмен накопленным опытом и активное международное сотрудничество в формировании инновационной энергетики, обеспечивающей эффективное использование традиционных и нетрадиционных источников энергии.

Список литературы

1. *Алферов Ж. И.* Развитие человечества идет благодаря смене технологий, а смена технологий рождается научными исследованиями и разработками // *Инновации.* — 2015. — № 3. — С. 12–16.
2. *Булатов А. М.* Об эффективности проектов «зеленой энергетики» в США // *США и Канада: экономика, политика, культура.* — 2016. — № 9. — С. 105–117.

3. *Клавдиенко В. П.* Партнерство государства и бизнеса в сфере нетрадиционной энергетики: мировой опыт // Общество и экономика. — 2009. — № 7. — С. 136–149.
4. *Клавдиенко В. П.* Экономика Китая: инновации и «озеленение» // Проблемы теории и практики управления. — 2012. — № 4. — С. 16–24.
5. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А. А. Макарова, Т. А. Митровой, В. А. Кулагина. ИНЭИ РАН — Московская школа управления СКОЛКОВО. — М., 2019. — 210 с.
6. BP. Energy Outlook. 2019. — 141 p.
7. Brasil avança em energia eólica com ventos entre os melhores do mundo // Folha de São Paulo. 19.02.2018.
8. Global Trends in Renewable Energy Investment 2018. FS-UNEP. Frankfurt am Main, 2018.
9. *Harjanne A., Korhonen J.* Abandoning the Concept of Renewable Energy // Energy Policy. — 2019. — Vol. 127. — April. — P. 330–340.
10. *Lin B., Xu B.* How to Promote the Growth of New Energy industry at Different Stages? // Energy Policy. — 2018. — Vol. 118. — July. — P. 390–403.
11. New Energy Outlook. Bloomberg NEF, 2019.
12. Renewable Energy Capacity Statistics. IRENA. Abu Dhabi, 2019.
13. Renewable Energy Industry Outlook 2019. Deloitte. US, 2019.
14. Renewable Energy Statistics. IRENA. Abu Dhabi, 2019
15. Renewable Power Generation Cost. IRENA, 2019.
16. Renewables 2019. Global Status Report. Paris, 2019.
17. The State of Renewable Energy in Europe 2018. FS-UNEP. Frankfurt am Main, 2019.
18. Tumbling Costs for Wind, Solar, Batteries Are Squeering Fossil Fuels // Bloomberg NEF. 07.28.2018.
19. World Energy Outlook 2019. IEA. November. 2019.

The List of References in Cyrillic Transliterated into Latin Alphabet

1. *Alferov Zh. I.* Razvitie chelovechestva idet blagodarja smene tehnologij, a smena tehnologij rozhdaetsja nauchnymi issledovanijami I razrabotkami // Innovacii. — 2015. — № 3. — S. 12–16.
2. *Bulatov A. M.* Ob jeffektivnosti proektov zelenoj jenergetiki v sshi // SSHAI Kanada: jekonomika, politika, kultura. — 2016. — № 9. — S. 105–117.
3. *Klavdienko V. P.* Jekonomika Kitaja innovacii I «ozelenenie» // Problemy teorii I praktiki upravlenija. — 2012. — № 4. — S. 16–24.
4. *Klavdienko V.* Partnerstvo gosudarstva I biznesa v sfere netradizionnoj jenergetiki: mirovoj opyt // Obshhestvo I jekonomika. — 2009. — № 7. — S. 136–149.
5. Prognoz razvitija jenergetiki mira I rossii / pod red. A. A. Makarova, T. A. Mitrovoj, V. A. Kulagina. INEI RAN-Moskovskaja shkola upravlenija SKOLKOVO. — M., 2019. — 210 s.