

О развитии солнечной энергетики в мире и в России*

Рецензия эксперта на статью получена 20.04.2018 [Expert review on the article was received on April 20, 2018].

* По материалам конференции «Возобновляемая и малая энергетика 2018. Автономные системы энергоснабжения стационарных и подвижных объектов» (стр. 14).

«Энергетическая стратегия РФ на период до 2030 года» предусматривает рост производства электроэнергии в России почти в два раза — до 1800–2200 млрд кВт·ч в год. При этом общая установленная мощность электростанций должна будет также почти удвоиться и составить 355–445 ГВт. А в связи с необходимостью вывода из эксплуатации большого количества отслужившего свой срок оборудования на существующих электростанциях, должен быть обеспечен весьма значительный суммарный рост генерирующих мощностей.

При планировании создания новых генерирующих мощностей возникают следующие вопросы:

1. Что более рационально и перспективно — развитие централизованной или распределённой генерации?
2. Следует ли далее развивать традиционные энергетические технологии со всеми присущими им достоинствами и недостатками или планировать преимущественное развитие новых экономически и экологически более эффективных способов генерации с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ)?

Ещё несколько лет назад эти вопросы серьёзно не ставились. Однако, в связи с интенсивным развитием в мире технологий с ВИЭ и успешным решением ряда проблем с эффективным аккумулированием больших количеств электрической энергии [1], игнорировать поставленные вопросы недопустимо. В процессе реконструкции и технического перевооружения энергетики необходимо уделить пристальное внимание использованию ВИЭ.

По оценкам специалистов, к 2035 году в России мощность электростанций, работающих на ВИЭ, может увеличиться в 15–20 раз, а выработка электроэнергии на них — в 10–15 раз [2]. И, если ранее внедрение возобновляемых источников энергии считалось дорогостоящим и неэкономичным, то, согласно публикациям Европейского Совета по возобновляемой

Если ранее внедрение ВИЭ считалось весьма дорогостоящим и неэкономичным, то, согласно публикациям Евросовета по возобновляемой энергетике, уже в 2010–2012 годах ВИЭ-энергетика достигла паритета с тепловыми и атомными технологиями

энергетике (European Renewable Energy Council, EREC), уже в 2010–2012 годах возобновляемая энергетика достигла паритета с тепловыми и атомными технологиями [1, 2]. Анализ многочисленных статистических данных по изменениям в мире стоимости электроэнергии, получаемой с помощью различных технологий, позволил институту ОИВТ РАН совместно с ООО «Альянс-ВИЭ» (Ростов-на-Дону) выявить закономерности, представленные графически на рис. 1.

По отчётам Всемирного экономического форума, в 2016 году более чем в 30 странах мира возобновляемая энергия стала дешевле или равной по цене с ископаемыми энергоносителями. Среди этих государств — Австралия, Бразилия, Мексика, Чили, Германия, Израиль, Новая Зеландия, Турция, Японию и др. [2]. В этих отчётах отмечено, что солнечная и ветровая энергетика теперь стали вполне конкурентоспособными во многих регионах.

Последние пять-семь лет солнечные технологии демонстрируют уникальные для энергетического сектора темпы роста установленных мощностей — на уровне 30–40% в год. По этому показателю солнечная энергетика уверенно опережает все остальные энергетические технологии. Такие высокие темпы развития определяются значительным снижением стоимости основного технологического оборудования солнечных электростанций и, в первую очередь, фотоэлектрических модулей (ФЭМ) для прямого преобразования солнечного излучения в электрическую энергию.

УДК 620.9

О развитии солнечной энергетики в мире и в России

В. М. Зайченко, д.т.н., главный научный сотрудник, Объединённый институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН); **В. Д. Панченко**, инженер-строитель, генеральный директор; **А. А. Чернявский**, к.т.н., главный специалист по экономике и возобновляемой энергетике, компания ООО «Альянс-ВИЭ» (г. Ростов-на-Дону)

В докладе даётся обоснование приоритетного использования солнечной энергии в сравнении с другими видами возобновляемых источников энергии и с традиционными энергетическими технологиями. Приводятся примеры создаваемых солнечных электростанций в России и за рубежом.

Ключевые слова: распределённая генерация, возобновляемая энергетика, солнечная энергетика.

UDC 620.9

About the evolution of solar power in the world and in Russia

V. M. Zaichenko, Doctor of Technical Sciences, Chief Scientific Researcher, Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences (JIHT RAS); **V. D. Panchenko**, civil engineer, general director; **A. A. Chernyavsky**, PhD, chief specialist in economics and renewable energy, "Alliance-RES", LLC (Rostov-on-Don city)

In the report justification of priority use of solar energy in comparison with other types of renewable energy sources and with traditional power technologies is given. The examples of the created solar power stations in Russia and abroad are given.

Keywords: distributed generation, renewable energy, solar energy.

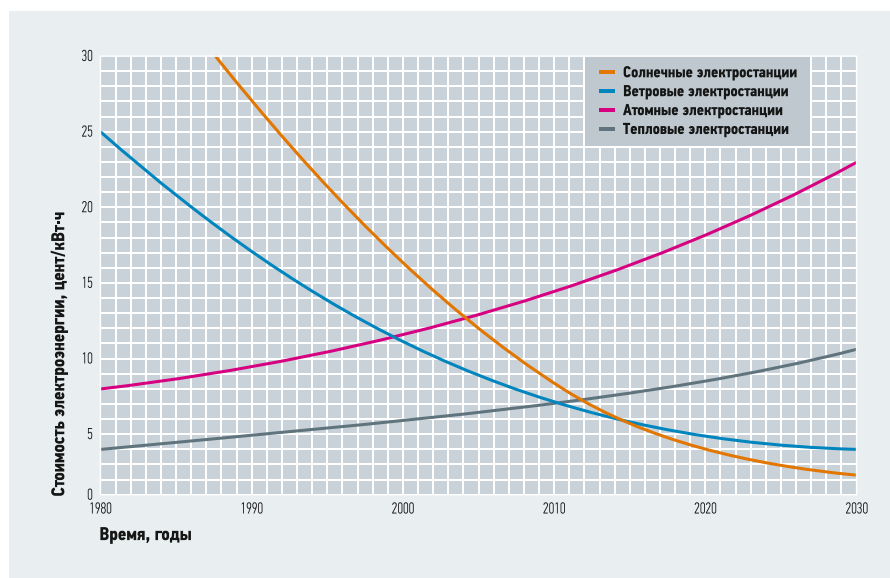


Рис. 1. Прогноз сравнительных изменений стоимости электроэнергии

Стоимость первых экспериментальных ФЭМ, созданных в США в 1954 году, составляла около \$250 за 1 Вт [3]. С момента начала серийного производства первых ФЭМ в 1977–1978 годах их стоимость к настоящему времени снизилась более чем в 100 раз (рис. 2). Теперь, по мнению экспертов Аналитического института Prognos (город Базель), строить новые газовые, угольные и атомные электростанции, по крайней мере, в странах ЕС уже не имеет смысла. По прогнозам крупнейшего банка UBS, отказ от строительства традиционных тепловых и атомных электростанций в Европе произойдет в течение ближайших десяти лет. В азиатских странах инвестиции в сооружение солнечных фотоэлектрических станций (ФЭС), как отмечает General Electric Co., также становятся более выгодными, чем в проекты с традиционными ТЭС. В России, по расчетам, произведенным ООО «Альянс-ВИЭ», рентабельные фотоэлектрические

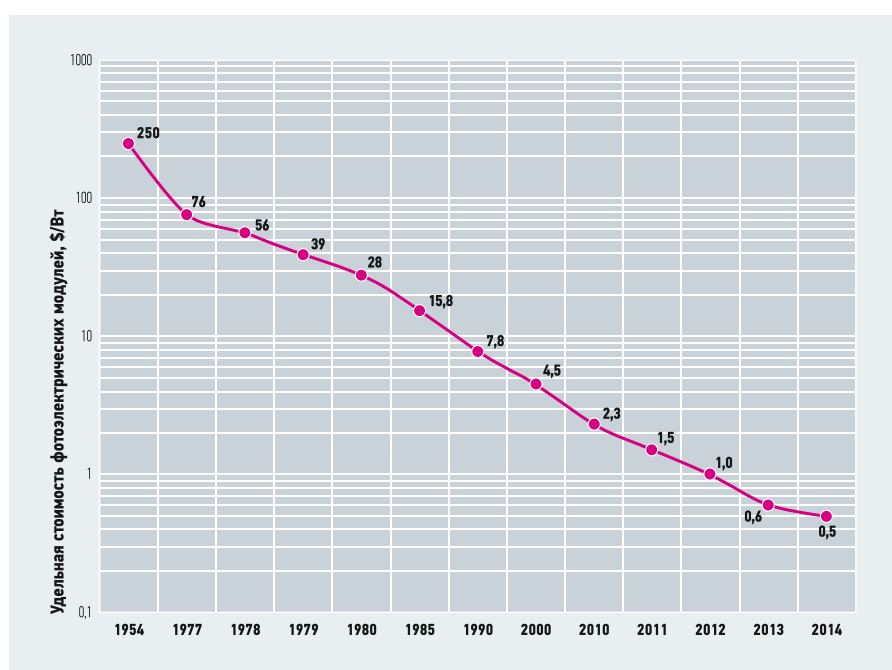


Рис. 2. Снижение стоимости ФЭ-модулей с 1954 года (год создания первого модуля)

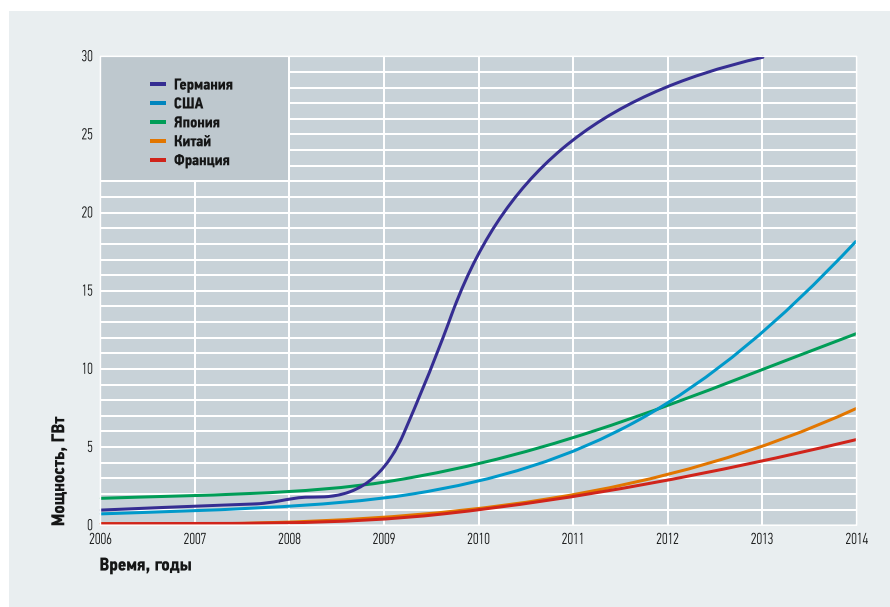


Рис. 3. Рост мощности ФЭС в странах мира

станции можно уже сегодня без правительственных дотаций строить на юге европейской части России, на Алтае, на юге Сибири, на Дальнем Востоке, на Сахалине. А по мере дальнейшего снижения стоимости ФЭМ сооружение фотоэлектрических станций будет становиться рентабельным и в более северных регионах РФ.

В 2014 году сравнивались стоимости электроэнергии солнечных и ветровых электростанций (рис. 1). После 2015 года уже имеет место более низкая стоимость «солнечной» энергии в сравнении с «ветровой». Это и становится основой опережающего развития солнечной энергетики в перспективе. По оценкам, выполненным аналитиками в 2011 году [4], широ-

комасштабное развитие солнечной энергетики прогнозировалось к 2035–2040 годам. Однако трёхкратное снижение цен на ФЭМ в настоящее время в сравнении с 2011 годом (рис. 2) и продолжающееся дальнейшее усовершенствование солнечных технологий позволяет внести существенные коррективы в эти прогнозы. Усовершенствование солнечных технологий уже привело к бурному росту объёмов их внедрения (рис. 3). Можно рассчитывать на вытеснение основных энерго-технологий солнечными на большинстве территорий не позже 2025–2030 годов.

Сегодня в мировой практике из «солнечных» технологий наибольшее развитие получили два основных направления, претендующие на широкое развитие в будущем: фотоэлектрическое (Photovoltaic Solar Power, PV); концентрационное (Concentrated Solar Power, CSP).

PV-электроустановки получают преимущественное распространение на территориях со среднегодовым приходом солнечной радиации 900–1500 кВт·ч/м². К таким территориям относятся большая часть Европы и значительная часть России.

CSP-технологии, основанные на нагреве высокотемпературного теплоносителя концентрированным солнечным излучением, используют паротурбинные установки для выработки электроэнергии. Такие технологии до настоящего времени обеспечивали большую эффективность, чем PV, на территориях со среднегодовым приходом солнечной радиации не менее 1600 кВт·ч/м². К этим территориям относятся Испания, большая часть африканского континента, страны Юго-Восточной Азии и экваториальной зоны и др.

Интересно отметить, что первая крупная концентрационная башенная солнечная электростанция — Крымская СЭС-5 номинальной электрической мощностью 5 МВт — была построена в СССР в 1986 году в посёлке Ленино возле города Керчь по совместному проекту институтов ЭНИН им. Г.М. Кржижановского и «Теплоэлектропроект». В то время, когда ФЭМ ещё были непомерно дороги, это было прогрессивным техническим решением для России. Планировалось создание рентабельных СЭС по концентрационным технологиям. Но на практике удовлетворительную эффективность таких СЭС в России реально получить не удалось.

Вместе с тем важным являлся тот факт, что в схеме станции были предусмотрены аккумуляторы тепловой энергии, которые позволяли станции три-четыре часа после захода солнца выдавать полную электрическую мощность и ещё в течение десяти часов — половину номинальной мощности. То есть СЭС-5 могла обеспечивать, по крайней мере, в летнее время круглосуточную выдачу электрической энергии.

В настоящее время интерес к башенным СЭС возрождается. Теоретически доказано, что такие СЭС могут быть достаточно эффективными при мощностях свыше 100 МВт. Поэтому в различных странах мира ведётся строительство башенных СЭС мощностью сотни и тысячи мегаватт. При этом возможность аккумулирования тепла становится самым существенным их преимуществом.

Ряд крупных башенных СЭС построены в США, в Испании, в Италии. Но в последние годы всё больший объём внедрения в мире приходится всё же на PV-станции. И, по мере снижения стоимости ФЭ-модулей, PV-технологии будут опережать технологии CSP.

Теоретически доказано, что башенные СЭС могут быть достаточно эффективными при мощностях от 100 МВт. Во многих странах мира ведётся строительство башенных СЭС мощностью сотни и тысячи мегаватт

Годовой темп роста объёма инвестиций в солнечную энергетику в последние пять лет составил 56,4% [2]. Ожидаемый семи- и восьмикратный прирост производства электроэнергии за десятилетний период 2015–2025 годов должен вывести солнечную энергетику на первое место среди всех технологий генерации энергии на возобновляемых ресурсах. Эти обстоятельства вызваны сочетанием следующих благоприятных факторов:

1. Значительное снижение стоимости основного гелиотехнического оборудования, обусловленное как выходом на рынок принципиально новых технологий, так и прогрессом в существующем производстве за счёт роста его объёмов, степени механизации и автоматизации. А в ближайшие годы ведущие китайские компании Jinko, Yingli, Trina и другие намерены ещё уменьшить стоимость своей продукции. Поэтому, для исключения развала европейского PV-рынка, между Китаем и странами ЕС в 2013 году достигнута компромиссная договорённость о минимальной цене поставки китайских ФЭМ в Европу — 0,56 евро за 1 Вт и максимальных объёмах поставок 7,0 ГВт/год [5]. В соответствии с этим основные производители ФЭМ на европейском рынке, выпускающие монокристаллические и поликристаллические солнечные модули высокого качества и надёжности с гарантийными обязательствами не менее десяти лет, в 2013 году снизили цены до 0,56–0,6 евро за 1 Вт [6, 7].

2. Растущий прогресс в области аккумуляции больших объёмов электроэнергии и появления высокоэффективных устройств аккумулирования на базе принципиально новых технических решений. Поскольку создание запаса электроэнергии на ночной период и неблагоприятные погодные условия являются одной из основных проблем солнечной энергетики, появление более дешёвых и эффективных аккумулирующих установок значительно снижает затраты на сооружение солнечных станций с гарантированным энергоснабжением потребителей и резко повышает конкурентоспособность солнечной энергетики.

3. Государственная поддержка всех видов энергогенерирующих установок, ис-

пользующих возобновляемые источники, которая в той или иной степени действует в большинстве стран мира, а с 2013 года — и в России [8].

В России существуют приемлемые условия для использования солнечной энергии практически на всей территории. Но наиболее благоприятны условия солнечной радиации в перечисленных выше районах. Сейчас именно в этих районах наиболее интенсивно развивается использование солнечной энергии. Созданное несколько лет назад ООО «Хевел» ввело в действие в Новочебоксарске завод по производству ФЭМ с годовым объёмом выпуска около 100 МВт. За последние годы с использованием продукции этого завода ООО «Авелар Солар Технолоджи» построило и ввело в эксплуатацию более 200 МВт фотоэлектрических СЭС. В 2017–2019 годах планируется ввод ещё более 400 МВт новых СЭС с ФЭМ ООО «Хевел».

Отметим также, что после возвращения Крыма в состав РФ в семейство солнечной энергетики России влились Крымские солнечные электростанции общей мощностью около 300 МВт — крупнейший по мировым масштабам фотоэлектрический комплекс. Правда, эти станции, построенные австрийской фирмой Activ Solar 12–15 лет назад с использованием тогда ещё дорогостоящих ФЭМ, сегодня дают, соответственно, дорогостоящую электроэнергию из-за необходимости включения в состав тарифа средств, обеспечивающих возврат инвестиций застройщику в приемлемые сроки.

В 2015 году компания ООО «Альянс-ВИЭ» реанимировала с использованием новейших солнечных технологий старый проект Кисловодской СЭС, разработанный институтом «Ростовтеплоэлектропроект» около 30 лет назад. Новый проект предусматривает увеличение мощности этой СЭС до 80 МВт. Проект поддержан администрацией Ставропольского края и ждёт своих инвесторов. ●

1. Зайченко В.М., Чернявский А.А. Автономные системы энергоснабжения. — М.: Недра, 2015. 285 с.
2. Андрианов В.Д. Электроэнергетика России после реформы РАО «ЕЭС» [Электр. текст]. Режим доступа: viperson.ru. Дата обраш.: 05.01.2017.
3. Солнечная энергия сегодня // Альтернативная энергия, 2014.
4. Зеленцова Ж. Общемировые перспективы развития солнечной энергетики [Электр. текст]. 2011. Режим доступа: pronedra.ru. Дата обраш.: 07.04.2018.
5. Importe von Solarmodulen. Kompromiss umstritten. Ndllein Hans-Cristoph. VDI-Nachr. 2013. No. 31–32.
6. Bekar Europe GmbH. Hamburg, Germany. Web-source: bekar-europe.ru. Access data: April 10, 2018.
7. Solet Photovoltaics. Pilot factory Precizika, Vilnius, Lithuania. Web-source: soletpv.com. Access data: April 12, 2018.
8. Постановление Правительства РФ от 28.05.2013 №440 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке энергии и мощности».

About the evolution of solar power in the world and in Russia. Pp. 90–92.

V. M. Zaichenko, Doctor of Technical Sciences, Chief Scientific Researcher, Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences (JIHT RAS); **V. D. Panchenko**, civil engineer, general director; **A. A. Chernyavsky**, PhD, chief specialist in economics and renewable energy, "Alliance-RES", LLC (Rostov-on-Don city)

1. Zajchenko V.M., Chernjanskij A.A. *Avtonomnye sistemy jenergosnabzhenija* [Autonomous power supply systems]. Moscow. Nedra ["Mineral Resources"]. 2015. 285 p.
2. Andrianov V.D. *Jelektroenergetika Rossii posle reformy RAO "IES"* [The power industry of Russia after the reform of RAO "UES"]. Web-source: viperson.ru. Access data: January 05, 2017.
3. *Solnechnaja jenergija segodnja* [Solar energy today]. *Al'ternativnaja jenergija* [Alternative Energy]. New York. 2014.
4. Zelencova Zh. *Obshhemirovye perspektivy razvitiya solnechnoj jenergetiki* [Global prospects for the development of solar energy]. *Pronedra* ["About Mineral Resources"]. 2011. Web-source: pronedra.ru. Access data: April 07, 2018.
5. Importe von Solarmodulen. Kompromiss umstritten. Ndlein Hans-Cristoph. VDI-Nachr. 2013. No. 31–32.
6. Bekar Europe GmbH. Hamburg, Germany. Web-source: bekar-europe.ru. Access data: April 10, 2018.
7. *Solet Photovoltaics*. Pilot factory Precizika. Vilnius, Lithuania. Web-source: soletpv.com. Access data: April 12, 2018.
8. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 28.05.2013 No. 440 "O mehanizme stimulirovaniya ispol'zovaniya vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии na optovom rynke jenerгии i moshhnosti"* [Resolution of the Government of the Russian Federation on June 28, 2013 No. 440 "On the Mechanism for Stimulating the Use of Renewable Energy Sources in the Wholesale Energy and Power Market"].