

УДК 911.9:338.45:620.91(430)

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-4-62-70

## СОЛНЕЧНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ «ПЕРЕХОД» В ГЕРМАНИИ

**Акимова В.В.**

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
119991, Москва, Ленинские Горы, д. 1, Российская Федерация  
Российская академия народного хозяйства и государственной службы  
при Президенте Российской Федерации  
119571, Москва, проспект Вернадского, д. 84, Российская Федерация*

**Аннотация.** Статья посвящена рассмотрению солнечной энергетики в Германии – стране начавшей первой развивать это энергетическое направление в промышленном масштабе и занимающей лидирующие позиции на мировой арене последнее десятилетие. Анализ истории зарождения и современного состояния солнечной энергетики в Германии, а также основных тенденций и перспектив дальнейшего развития, позволяет сделать вывод, что одна из самых многообещающих отраслей мирового топливно-энергетического комплекса продолжит наращивать мощности солнечной энергетики в этой стране для снижения зависимости от газовой и угольной генерации, обеспечивая экологическую и энергетическую безопасность.

**Ключевые слова:** экономическая география, фотовольтаика, солнечные электростанции, Германия.

## SOLAR ENERGY 'TRANSITION' IN GERMANY

**V. Akimova**

*Lomonosov Moscow State University  
Leninskie Gory 1, 119991 Moscow, Russian Federation  
Russian Academy of National Economy and Public Administration  
under the President of the Russian Federation  
prosp. Vernadskogo 84, 119571 Moscow, Russian Federation*

**Abstract.** The paper considers the state-of-the-art of solar energy (one of the most promising sectors of the global fuel and energy complex) in Germany, a country that was the first to develop this particular energy branch on an industrial scale and that has been holding a leading position on the global solar energy arena over the past decade. An analysis of the origin and current state of solar energy in Germany, as well as the main trends and prospects for further development, allows us to conclude that Germany will continue to maintain its leading positions in terms of the number of solar energy facilities and will reduce its dependence on gas and coal generation, thereby ensuring its environmental and energy security.

**Key words:** economic geography, solar energy, photovoltaics, solar power stations, Germany.

## Введение

Солнечная энергетика на сегодняшний день – одна из самых быстроразвивающихся отраслей мировой энергетики. В период с 2010 по 2017 гг. ее суммарные установленные мощности увеличились в 10 раз, что более чем в три раза выше, нежели у ее главного конкурента – ветровой энергетики<sup>1</sup>. К факторам, способствующим такому бурному развитию отрасли в мире, относятся: 1) общедоступность и неисчерпаемость солнечной энергии; 2) ее высокая экологическая безопасность; 3) значительно более низкие капитальные и эксплуатационные затраты по сравнению с традиционной углеводородной энергетикой; 4) постоянное удешевление стоимости солнечных модулей (в 1977 г. – \$76,67 за Ватт, в 2015 г. – \$0,30) и «солнечного» киловатт-часа (в 2010 г. – \$0,11 за кВт\*ч, в 2015 г. – \$0,03)<sup>2</sup>.

Несмотря на то, что на данный момент в региональном отношении четко прослеживается дрейф солнечной энергетики на Восток, прежде всего в Китай, Европейский регион во главе с Германией продолжает играть важную роль в развитии данного направления. Германию по праву можно назвать флагманом развития солнечной энергетики в мире. Так, именно немецкая компания Siemens в 1974 г. разработала один из основополагающих технологических процессов получения кремния солнечного качества и его

различных модификаций. Именно в Германии сформировались целые солнечные кластеры, включающие в себя производственные компании, занятые во всех звеньях по созданию добавленной стоимости солнечных установок любого технологического типа, специализированные центры НИОКР, университеты, а также различные предприятия, способствующие популяризации использования солнечной энергии.

## Особенности развития солнечной энергетики в Германии

Германия на протяжении 10 лет (начиная с 2004 г.) являлась мировым лидером в области фотовольтаики<sup>3</sup>, вплоть до 2015 г., когда лидерство перехватил Китай. На 2017 г. установленные мощности в стране превысили 42 ГВт. В результате более 7,5% электроэнергии в Германии было выработано на фотовольтаических электростанциях [3].

С 1990-х гг. прошлого века фотовольтаика Германии прошла несколько этапов развития.

1. *Зарождение.* Этот этап длился примерно до 2000 г. и завершился формированием первоначальной законодательной базы, которая создала импульс для дальнейшего широкомасштабного развития отрасли. В 1991 г. был принят закон «О подаче электроэнергии из возобновляемых источников энергии», который предусматривал обязательное подключение всех электростанций, использующих возобновляемые источники энергии (да-

<sup>1</sup> По данным Международного энергетического агентства (IEA) ОЭСР: см. статистику на сайте организации (<http://www.iea.org/statistics>).

<sup>2</sup> По данным информационно-аналитических сборников IEA “Photovoltaic Power Systems Programme 2006-2017” (<http://www.iea-pvps.org/index.php?id=3>).

<sup>3</sup> Фотовольтаика – метод прямого преобразования солнечного света в электроэнергию с помощью устройств, содержащих фоточувствительные элементы (прим. авт.).

лее – ВИЭ), к сети; а возобновляемой электроэнергии был отдан приоритет подачи в сеть. Кроме того, была прописана статья о гарантированном вознаграждении («зеленый» тариф) за произведенную возобновляемую электроэнергию в течение 20 лет. Закон 1991 г. послужил базой для основного закона, регулирующего отношения в сфере ВИЭ, принятого в 2000 г.

2. *Начальное развитие.* Во время этого этапа на протяжении 2000-2003 гг. в рамках программы «100 тысяч крыш» ежегодно вводились в эксплуатацию сотни мегаватт солнечных установок. В 2000 г. был принят упомянутый выше закон «О возобновляемых источниках энергии» (EEG), который стал еще одним «экспортным продуктом» немецкого происхождения в этой области. По образу и подобию закона 2000 г. были сформированы законодательные базы, регулирующие отношения в сфере ВИЭ, в остальных странах ЕС. В этом законе также фигурировало понятие «зеленого» тарифа, гарантированной оплаты в течение 20 лет, а также прописаны обязательства по подключению объектов ВИЭ к сети. Но в отличие от закона 1991 г., значения тарифов были указаны в абсолютном выражении и варьировали в зависимости от многочисленных параметров: используемой технологии, суммарных мощностей электростанций (более мощные электростанции получили меньший объем выплат и наоборот) и общего объема выработанной электроэнергии (солнечные электростанции в районах с невысоким уровнем солнечной радиации получали больший объем выплат, чем расположенные в солнечно обеспеченных районах). С момента своего при-

нятия закон о ВИЭ (EEG) претерпел четыре поправки: в 2004, 2009, 2012 и 2014 гг.

3. *Бурный рост,* начавшийся в 2004 г. и продлившийся вплоть до 2014 г. На протяжении всего этого этапа Германия была бесспорным мировым лидером в развитии солнечной энергетики. Это было во многом вызвано внесением поправок в закон о ВИЭ, в соответствии с которыми объем «зеленого» тарифа для солнечной энергетики был существенно повышен. Кроме того, впервые были введены целевые показатели (зарекомендовавшие себя в дальнейшем как эффективный институциональный механизм) доли ВИЭ в общей структуре энергопотребления в стране. Тем не менее уже в 2009 г. закон о ВИЭ вновь подвергся изменениям: в этот раз тарифы для фотовольтаики были снижены. Но снижение было не настолько существенным, чтобы затормозить быстрое развитие отрасли. Этап «бурного роста» завершился в 2014 г. вместе с принятием новых поправок в закон о ВИЭ, как зеркальный ответ на последствия экономического кризиса 2008-2009 гг. и второй его рецессии в еврозоне в 2011–2013 гг. Эти поправки подразумевали введение ограничения на ежегодный объем ввода новых солнечно-энергетических мощностей (верхний предел был установлен на уровне в 2,5 ГВт), ежемесячный пересмотр и корректировка тарифных выплат в соответствии с общим ходом ввода в эксплуатацию, сокращение объемов гарантированных выплат. Следует отметить, что солнечные установки, выходящие за рамки установленного верхнего предела, не получали финансирования от государства.

4. *Стабилизация.* Снижение объемов тарифных выплат сразу же отразилось на приросте солнечных мощностей, что в итоге привело к тому, что в 2015 г. Германия потеряла свои лидирующие позиции на мировом рынке солнечной энергетики. Теперь на этом энергетическом рынке полностью доминирует Китай. Но сокращение объема ввода солнечно-энергетических мощностей не означает, что развитие отрасли в Германии прекратилось. Напротив, солнечная энергетика продолжает активно развиваться во всех землях Германии. В целом «стабилизации» заключается в постепенном выравнивании ежегодных объемов ввода новых установленных мощностей, снижении государственной поддержки отрасли и постепенном превращении солнечной энергетики в самодостаточную отрасль с установленной оправданной конкурентной стоимостью, не зависящую в своем развитии от сторонней финансовой помощи (прежде всего, со стороны того же государства).

Таким образом, на начальных этапах в результате проведенных институциональных реформ в стране был создан внутренний спрос на солнечные установки. Действительно, институциональные факторы являются, по сути, определяющими для развития рассматриваемой отрасли. Солнечная энергетика – это одна из тех отраслей, которые напрямую зависят от институциональных норм, характера институциональной среды и т. д., то есть солнечная энергетика является институционально чувствительной отраслью. В отличие от традиционных ресурсозависимых, институционально чувствительные отрасли не могут существовать в отрыве от определенных институтов: при ис-

чезновении этих институтов отрасль также перестает существовать. К институциональным факторам в отношении развития солнечной энергетики относятся: политический климат в стране, желание или нежелание властей способствовать распространению использования данной технологии как за счет применения прямых или косвенных механизмов финансирования, так и в рамках пиар-компаний, рекламы и информационной работы с населением. К институциональным факторам также относится и уровень экологической культуры населения, свидетельствующий об эффективности или неэффективности популяризации солнечной энергетики среди индивидуальных потребителей [1].

Таким образом, можно сделать вывод, что спрос на солнечные технологии в Германии стимулировался, прежде всего, институциональными факторами, а именно путем свободной выдачи населению лицензий на производство энергии и созданием всех необходимых условий для повышения экономической целесообразности выработки солнечной электроэнергии: 1) введением особого «зеленого» тарифа, 2) выгодных условий кредитования, 3) тарифной премии, 4) активной выдачи инвестиционных грантов, 5) заключением соглашений о закупке электроэнергии, произведенной с помощью возобновляемых источников энергии и т. д.

Все эти меры способствовали формированию национального рынка как готовых солнечных установок, так и рынка производства их комплектующих и оборудования для их производства. В Германии появился особый класс работников, которые прошли

обучение, специальную подготовку и получили необходимый опыт работы с солнечными модулями, включая экспертов по монтажу и установке солнечных систем.

В результате, политика Германии привела к созданию интересной ситуации – около 50% всех генерирующих мощностей солнечной энергетики Германии принадлежит жителям страны (фермерам, домовладельцам), а не генерирующим компаниям.

К драйверам дальнейшего развития солнечной энергетики относятся несколько значимых событий, в их числе:

- авария на АЭС Фукусима (март 2011 г.), после которой Германия решила остановить работу всех своих АЭС (сначала было приостановлено 8 АЭС, оставшиеся планируется – к 2022 г.) и заменить их экологически чистыми источниками энергии;

- неудавшийся возврат к углю и угольным ТЭС, результатом которого стало обострение экологической проблемы, в связи с чем с 2017 г. Германия переводит наиболее «грязные» предприятия, работающие на угле, в резерв, в том числе под влиянием подписанного в 2015 г. парижского климатического соглашения (COP 21)<sup>1</sup>.

### **География солнечной энергетики в Германии**

Солнечную энергетику отличает высокий уровень территориальной концентрации. Несмотря на то, что солнечная энергетика присутствует и активно развивается в пределах всех 16 федеральных земель, около 70% всех

установленных солнечно-энергетических мощностей приходится только на пять земель. К лидерам по суммарным установленным мощностям фотовольтаических установок относятся Бавария, Баден-Вюртемберг, Северный Рейн-Вестфалия, а также и новые земли – Саксония-Ангальт, Бранденбург. Концентрация фотовольтаических индивидуальных установок в Баварии (29%) и Баден-Вюртемберге (13%) обусловлена, во-первых, высоким уровнем солнечной радиации, во-вторых, высоким уровнем доходов жителей данных земель, что позволяет им приобретать весьма дорогие фотовольтаические системы, в-третьих, высоким уровнем экологической культуры населения этих земель, и, в-четвертых, политикой государства.

В отличие от индивидуальных фотовольтаических установок, большая же часть солнечных парков (солнечных установок промышленного масштаба) размещена в пределах новых земель, прежде всего, в пределах одной федеральной земли – Бранденбург (см. рисунок).

Таким образом, отличительной особенностью размещения промышленной составляющей фотовольтаической солнечной энергетики в Германии является ее концентрация в Восточной Германии, за пределами территорий с максимальным уровнем солнечной радиации на юге страны. Это связано, прежде всего, со специальной государственной политикой стимулирования развития инновационных отраслей экономики, включая и использование возобновляемых источников энергии, в «новых землях», то есть в Восточной Германии. В качестве основного инструмента воздействия используется

<sup>1</sup> См. информацию сайтов Немецкого энергетического агентства ([www.energieagentur.nrw.de](http://www.energieagentur.nrw.de)) и «Renewable Energy World» ([www.renewableenergyworld.com](http://www.renewableenergyworld.com)).



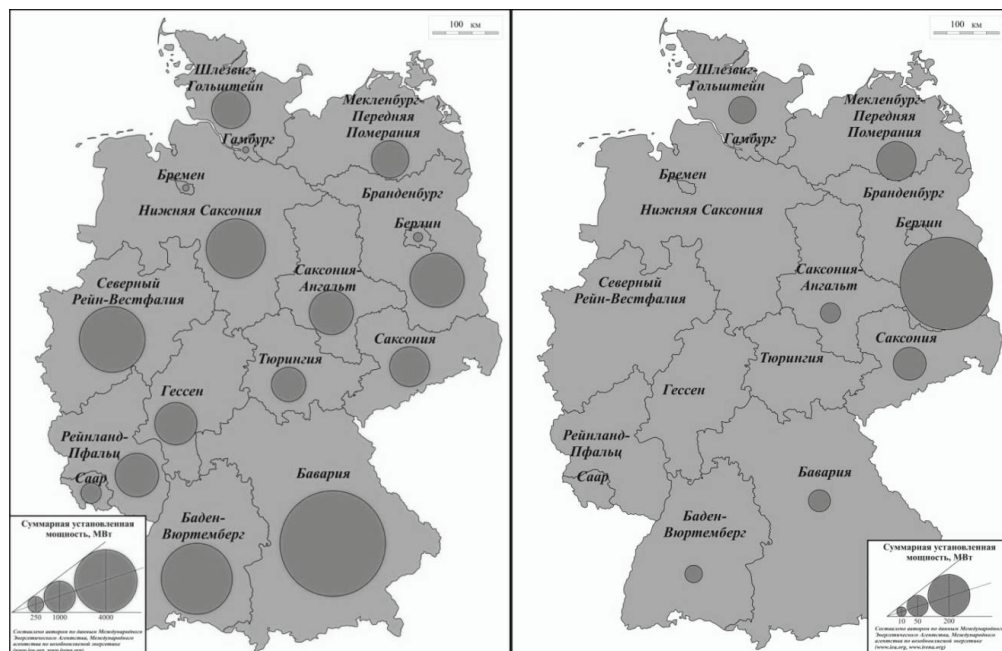


Рис. Фотовольтаическая солнечная энергетика в Германии, 2017 г.: индивидуальная и промышленная (слева) и только промышленная (справа)

[Составлено автором на основе информационно-аналитических справочников Международного энергетического агентства (IEA) и Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA - <http://www.irena.org/Publications>), данных сайта «Solar Power Europe» (<http://www.solarpowereurope.org/reports/global-market-outlook>)].

предоставление налоговых льгот предприятиям, использующим технологии возобновляемой энергетики.

Кроме того, большая часть компаний, специализирующихся на производстве оборудования для выработки энергии из ВИЭ, также расположена в Восточной Германии. Это связано в том числе и с тем, что на данное производство выделяется льготное кредитование банками. Кроме того, в соответствии с государственной политикой, компании, производящие оборудование и осуществляющие исследования в сфере солнечной энергетики, могут получить от государства компенсацию, покрывающую до 100% расходов на фундаментальные НИОКР (науч-

но-исследовательские и опытно-конструкторские разработки) [2].

На протяжении последних 5–7 лет в восточных землях постоянно наращивали ежегодный объем новых установленных мощностей. Если еще пять лет назад "новые земли" были в самом конце списка по суммарным новым мощностям, установленным за год, то сейчас, например, Бранденбург стабильно входит в первую пятерку. Тем не менее общая тенденция сокращения объема ввода новых солнечных мощностей проявляется во всех без исключения федеральных землях Германии, особенно в тех же восточных землях, больше всех зависящих от государственной поддержки.

Несмотря на это, Восточная Германия продолжает оставаться одним из мировых центров солнечно-энергетической промышленности как в отношении производства солнечной электроэнергии, так в сфере научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. Именно здесь располагается так называемая «Солнечная долина» (Solar Valley). Этот солнечно-энергетический кластер появился в 2000 г. и включает в себя территории Саксонии, Тюрингии и Саксонии-Ангальт. Ядро находится в Тюрингии, в рамках инновационного треугольника Йена-Эрфурт-Ильменау [2]. Но имеется интересный парадокс. Несмотря на то, что Тюрингия является центром «Солнечной долины» и производит все солнечно-энергетическое оборудование, по индивидуальным мощностям на общем фоне страны она особо не выделяется, а промышленная солнечная энергетика в этой земле вообще не представлена. Это объясняется тем, что Тюрингия пока еще остается относительно бедной в экономическом плане землей с нехваткой обширных свободных площадей, необходимых для функционирования и развертывания промышленной солнечной энергетике.

«Солнечная долина» представляет собой объединение 29 компаний, занимающихся солнечной энергетикой, и 11 научно-исследовательских институтов, включая Институт Фрауэнгофера, Общество Макса Планка, а также институты Дрездена, Виттенберга и Гаале, что обеспечивает создание научно-исследовательской базы и подготовку высококвалифицированных специалистов. Одновременно сохраняется тесная кооперация с производящими предприятиями [4]. С целью создания

единой системы подготовки специалистов в сфере солнечной энергетики на базе «Солнечной долины» был создан ряд кафедр, курсов бакалавров и магистров, а также летняя школа.

На данный момент «Солнечная долина» переживает не лучшие времена. Многие немецкие компании, не выдержав ценовой конкуренции со стороны китайских компаний, были вынуждены закрыть свои производства на территории региона, другие компании, признав свое банкротство, как например Q-cells, были выкуплены китайскими или корейскими производителями. В результате производственные мощности этих компаний в Германии, были закрыты, так как в Китае или Южной Корее производить солнечные модули, основанные на кремниевой технологии, значительно дешевле. Тем не менее на территории Германии и «Солнечной долины» в частности, остались и продолжают функционировать принадлежащие выкупленным компаниям центры НИОКР. Сохранили свои производства крупнейшие немецкие солнечно-энергетические компании, такие, как Schott Solar, Solar World. То есть значительное число немецких компаний продолжают вести свою деятельность в Германии, в том числе в «Солнечной долине», но их уже на порядок меньше, чем 5 лет назад.

Одновременно существует новый кластер солнечной энергетики в развитой уже земле Баден-Вюртемберг. «Солнечный кластер» включает более 40 компаний и научно-исследовательских институтов, осуществляющих свою деятельность во всех звеньях производственной цепи солнечных установок<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> По данным сайта «Solar Cluster: Baden-Württemberg» (<https://solarcluster-bw.de/de>)

В результате основными фокусными регионами развития производственной составляющей солнечной энергетики являются Восточная Германия с «Солнечной долиной» и Юго-Запад с центром в Баден-Вюртемберге. В то время как на востоке страны преимущественно сосредоточены производства готовых солнечных модулей, в юго-западном регионе преобладают производство оборудования и комплектующих.

### Заключение

Германия на протяжении многих лет была бесспорным мировым лидером в области развития солнечной энергетики. Несмотря на то, что сейчас лидерство в данной отрасли принадлежит азиатским странам, Германия остается важным игроком на солнечно-энергетическом рынке и одним из основных генераторов инноваций.

Индивидуальная фотовольтаическая солнечная энергетика в Германии концентрируется в основном в западных землях с высоким уровнем доходов

населения и солнечной радиации; промышленные солнечные электростанции, наоборот, располагаются преимущественно в восточной части страны, то есть в районах с невысоким уровнем солнечной радиации. Это связано с тем, что в первую очередь развитие данного сектора солнечной энергетики было предопределено политикой государства, так как солнечная энергетика – институционально чувствительная отрасль, во-вторых, близость центров производства солнечных установок и их комплектующих снижают транспортные издержки, и, в-третьих, новые технологии позволяют солнечным модулям вырабатывать электроэнергию вне зависимости от того, солнечный день или пасмурный, так как они способны использовать как прямое, так и рассеянное солнечное излучение (с меньшей эффективностью, но и эта проблема решается, в том числе и за счет гибридизации источников).

*Статья поступила в редакцию 12.09.2018*

### ЛИТЕРАТУРА

1. Акимова В.В. Институциональный фактор развития возобновляемой энергетики: опыт Белгородской области // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2017. № 6. С. 18–24.
2. Романова. Е.В. ФРГ: Восточная Германия – инновационный локомотив? // Современная Европа. 2010. № 4. С. 48–63.
3. Net public electricity generation in Germany in 2017 / Fraunhofer ISE [сайт]. – URL: [https://www.energy-charts.de/energy\\_pie.htm](https://www.energy-charts.de/energy_pie.htm) (дата обращения: 05.11.2018).
4. Stafford N. Germany's Solar valley. Solar storms // Chemistry World. 2010. Vol. 6. P. 54–57.

### REFERENCES

1. Akimova V.V. [Institutional factor in the development of renewable energy: the experience of the Belgorod region]. In: *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya*, 2017, no. 6, pp. 18–24.
2. Romanova. E.V. [Germany: East Germany – an innovation engine?] In: *Sovremennaya Evropa*, 2010, no. 4, pp. 48–63.
3. Net public electricity generation in Germany in 2017. In: *Fraunhofer ISE* [website]. Available at: [https://www.energy-charts.de/energy\\_pie.htm](https://www.energy-charts.de/energy_pie.htm) (accessed: 05.11.2018).
4. Stafford N. Germany's Solar valley. Solar storms. In: *Chemistry World*, 2010, vol. 6, pp. 54–57.



### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

*Акимова Варвара Владимировна* – кандидат географических наук, научный сотрудник кафедры социально-экономической географии зарубежных стран географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова и Центра стратегий регионального развития Института прикладных экономических исследований Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ;

e-mail: atlantisinspace@mail.ru

### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

*Varvara V. Akimova* – PhD in Geographical Sciences, Researcher of the Department of Socio-Economic Geography of Foreign Countries, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University; Researcher of Center for Strategies of Regional Development, Institute of Applied Economic Research, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration;

e-mail: atlantisinspace@mail.ru

---

### ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Акимова В.В. Солнечный энергетический «переход» в Германии // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 4. С. 62–70.

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-4-62-70

### FOR CITATION

Akimova V. Solar Energy ‘Transition’ In Germany. In: *Bulletin of the Moscow State Regional University, Series: Natural Sciences*, 2018, no. 4, pp. 62–70.

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-4-62-70