ISSN 2311-875X (Online)
ISSN 2073-2872 (Print)

Научное обозрение

ФОТОВОЛЬТАИКА НА МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ АРЕНЕ: ДИНАМИКА И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ*

Светлана Валерьевна РАТНЕР

доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Российская Федерация
lanarat@mail.ru

История статьи:
Принята 20.04.2015
Одобрена 20.04.2015

УДК 332.025
JEL: Q43

Ключевые слова: солнечная энергетика, экономическая динамика, стимулирование, ресурсные ограничения, локализация производства

Аннотация

Тема. В статье на основе данных, представленных в ежегодных аналитических материалах Европейской ассоциации индустрии фотовольтаики (European Photovoltaic Industry Association, EPIA) за 2009–2013 гг., представлен обзор развития отрасли солнечной энергетики в мире в целом и в отдельных регионах. К технологиям фотовольтаики отнесены наиболее распространенные в настоящее время на мировом рынке технологии генерации энергии с помощью тонкопленочных модулей и кристаллического (в моно- и полимодификациях) кремния.

Методология. В качестве основного метода исследования использован описательный статистический анализ. Рассмотрены основные глобальные и региональные тренды развития отрасли, проведены межстрановые сопоставления, подробно проанализированы механизмы стимулирования развития отрасли и сопутствующих производств.

Результаты. Выявлены основные проблемы развития отрасли на всех этапах: зарождения, становления и зрелости. Рассмотрены различные сценарные прогнозы ресурсных ограничений (в основном для технологии теллурито-кадмиевых солнечных элементов). В качестве важной особенности развития отрасли, традиционно учитываемой при разработке государственных программ поддержки, выделен высокий уровень локализации производства. Исследовано влияние технологической диверсификации на характер роста отрасли в европейских странах-лидерах по развитию солнечной энергетики.

Выводы. Автором сделан вывод о том, что наиболее универсальным механизмом стимулирования развития отрасли солнечной энергетики является система бонусных тарифов, обязывающая сетевые компании закупать солнечную энергию у производителей по ценам выше рыночных в течение определенного периода времени. Однако схемы реализации системы бонусных тарифов в силу объективных причин серьезно различаются в странах, имеющих небольшую территорию, и в странах, различные регионы которых расположены в разных природно-климатических зонах. При этом такие различия могут оказывать негативное влияние на инвестиционную активность в отрасли.

Значимость. Результаты исследования могут быть использованы в процессе разработки государственных и региональных мер стимулирования развития возобновляемой энергетики в целях реализации приоритетов, обозначенных в Энергетической стратегии России до 2030 г., а также для обоснования корпоративных инвестиционных программ и проектов.

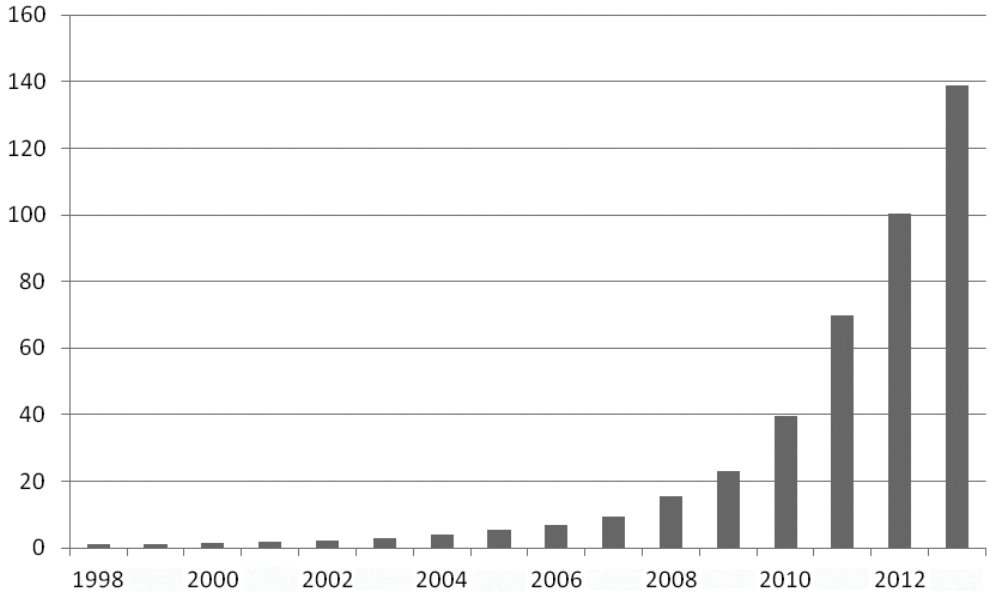
© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2015

Развитие во многих странах альтернативной энергетики в последние два десятилетия послужило импульсом для активизации инновационной деятельности и создания новых высокотехнологичных секторов промышленности. К настоящему времени солнечная и ветровая энергетика в большинстве стран Евросоюза, а также в США, Китае и Японии превратилась в полноценные отрасли экономики, а рынки оборудования для данных секторов альтернативной энергетики стали высококонкурентными и стабильными [1, 2]. Неизбежность более или менее интенсивного развития в России возобновляемой энергетики определяется стратегическими ориентирами, положенными в основу Энергетической стратегии и Инновационной стратегии России. Даст ли это толчок к возрождению российских наукоемких и высокотехнологичных секторов экономики, таких как химическая промышленность, энергетическое машиностроение, приборостроение и др., или будет

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 13-06-00169 «Моделирование стратегий развития энергетических кластеров в ситуации технологического разрыва».

Рисунок 1

Динамика кумулятивного мирового объема инсталлированных солнечных мощностей в 1998–2013 гг., ГВт



Источник: составлено автором по данным EPIA за 2009–2014 гг.

стимулировать только рост импорта в структуре товарооборота РФ, во многом зависит от того, насколько хорошо будут обоснованы и экономически целесообразны конкретные инвестиционные программы и проекты, реализуемые в регионах. Эта проблема актуализирует исследования, направленные на изучение качественных особенностей и количественных характеристик развития отрасли, как в масштабе мировой экономики в целом, так и в отдельных странах и регионах, схожих по природно-климатическим, инфраструктурным и иным условиям.

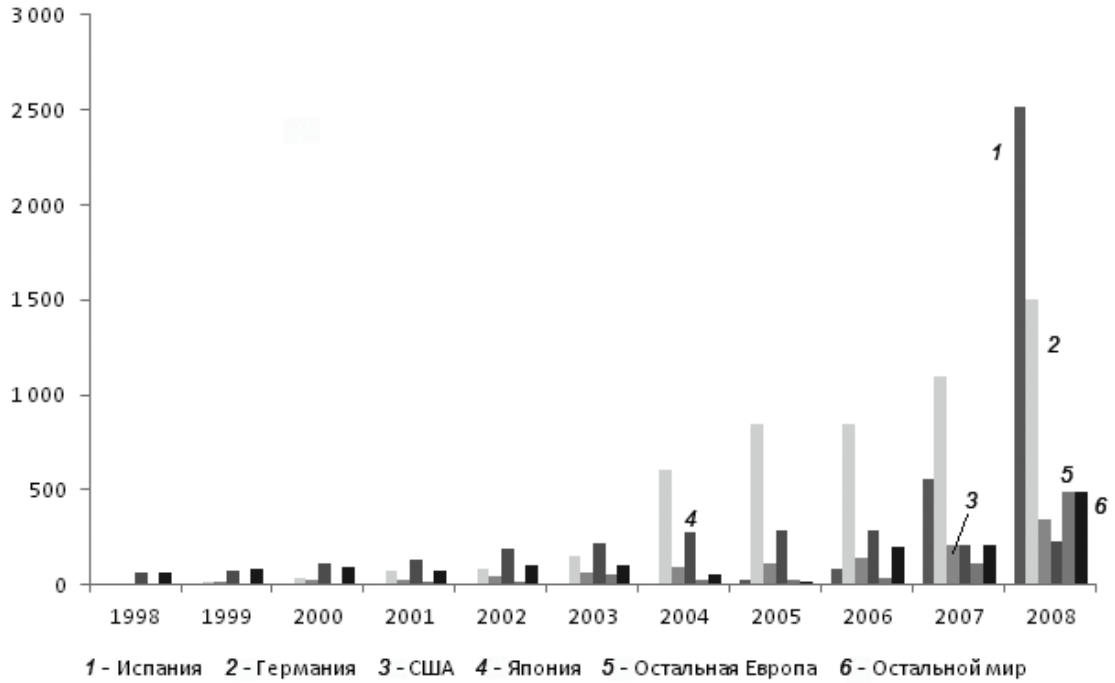
В настоящей работе исследуется динамика развития отрасли фотовольтаики в период с начала 2000-х гг. по настоящее время. Обзор составлен по аналитическим материалам Европейской ассоциации индустрии фотовольтаики (*European Photovoltaic Industry Association, EPIA*) за 2009, 2011, 2012 и 2013 гг.[1,2,3,4]. В обзоре 2009 г. рассмотрена динамика развития солнечной энергетики, причем все цифры представлены относительно объемов инсталлированных мощностей солнечных батарей, подключенных к единой сети[5]. Распределенная генерация и использование солнечной энергии для личных нужд в данном обзоре не учитывались, так как подавляющее количество солнечных установок расположено в Европе (основной игрок на рынке фотовольтаики в период до 2010 г.). В остальных обзорах учтены суммарные объемы инсталлированных солнечных батарей, как подключенных, так и не подключенных к сети. К технологиям фотовольтаики отнесены генерация энергии с помощью тонкопленочных модулей и кристаллического (в виде моно- и полимодификаций) кремния.

К концу прошлого века наибольшее развитие солнечная энергетика получила в Японии, США и европейских странах, в первую очередь в Германии. Начиная с 1998–1999 гг. наблюдается выход кумулятивного мирового объема инсталлированных мощностей на экспоненциальную кривую роста (рис. 1). В 1998 г. кумулятивный объем инсталлированных мощностей по всему миру достиг 962 МВт, а годом позже он составил уже 1, 166 ГВт. Из 155 МВт солнечных батарей, установленных по всему миру в 1998 г., 69 МВт принадлежало Японии, еще 10 МВт – Германии[6].

[1] Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018. Brussels: EPIA, 2014. P. 60.
[2] Global Market Outlook for Photovoltaics until 2013. Brussels: EPIA, 2009. P. 20.
[3] Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015. Brussels: EPIA, 2011. P. 44.
[4] Global Market Outlook for Photovoltaics until 2016. Brussels: EPIA, 2012. P. 76.
[5] Global Market Outlook for Photovoltaics until 2013. Brussels: EPIA, 2009. P. 20.
[6] Там же.

Рисунок 2

Рост ежегодных объемов инсталлированных мощностей в период 1998–2008 гг., МВт



Источник: составлено автором по данным Global Market Outlook for Photovoltaics until 2013. EPIA, 2009.

В 1999–2008 гг. основной вклад в развитие солнечной энергетики внесли в основном четыре страны – Япония, Германия, США и Испания (рис. 2). С 2004 г. объем ежегодно инсталлируемых мощностей резко увеличивается в Германии, а с 2007 г. – в Испании[7].

К концу 2008 г. объем инсталлированных мощностей солнечных батарей по всему миру достиг 15 ГВт, из которых 65% расположены в Европе, 15% – в Японии и 8% – в США. Благодаря рекордному приросту объема установленных мощностей в Испании (с 560 МВт в 2007 г. до 2 511 МВт в 2008 г.) и заметному росту объема инсталляций в Италии (с 42 МВт в 2007 г. до 258 МВт) и Южной Корее (с 43 МВт в 2007г. до 274 МВт) 2008 г. стал уникальным в развитии солнечной энергетики[8].

В Китае и Индии развитие солнечной энергетики в настоящее время идет скромными темпами. Начав с одинаковых показателей в 2006 и 2007 гг. (по 12 МВт и по 40 МВТ соответственно), Китай достиг в 2008 г. показателя 45 МВт установленных солнечных батарей, тогда как Индия практически не продвинулась в этом направлении.

В 2006 г. первые солнечные установки появились в Бельгии (2 МВт), Франции (8 МВт) и Греции (1 МВт), в 2007 г. – в Чехии (3 МВт) и Португалии (14 МВт). Практически за один-два года эти европейские страны, так же как и лидеры, многократно увеличили объемы годовых инсталляций. Так, в 2008 г. в Бельгии было установлено уже 48 МВт солнечных батарей, во Франции – 46 МВт, в Греции – 11, Чехии – 51, а в Португалии – 50 МВт. Такой заметный рост объемов инсталляций объясняется введением специальных бонусных тарифов на солнечную электроэнергию[9].

Что касается производства солнечных батарей, то примерно до 2003 г. оно развивалось пропорционально объемам инсталляций преимущественно за счет местных производителей. Особенностью солнечной энергетики является то, что примерно 50–55% общей стоимости установки создается на месте (или около места) ее инсталляции, поэтому уровень локализации производства достаточно высок. Однако, начиная с 2004 г., растущий спрос на фотоэлектрические модули в Европе перестал покрываться только собственным производством и потребовал организации цепочки поставок из

[7] Global Market Outlook for Photovoltaics until 2013. Brussels: EPIA, 2009. P. 20.
[8] Там же.
[9] Global Market Outlook for Photovoltaics until 2013. Brussels: EPIA, 2009. P. 20.

Таблица 1

Распределение солнечных батарей по регионам мира в 2009–2010 гг.

Страна	Годовой объем инсталляций в 2009 г., МВт	Годовой объем инсталляций в 2010 г., МВт	Кумулятивный объем инсталляций в 2010 г., МВт	Кумулятивный объем на душу населения, Вт/чел.
		Европа		
Австрия	20	50	103	12,6
Бельгия	285	424	803	73
Болгария	6	11	18	2,4
Великобритания	10	45	66	1,1
Германия	3 806	7 408	17 193	211
Греция	36	150	206	19,3
Италия	717	2 321	3 494	60,2
Испания	17	369	3 784	80,5
Португалия	55	16	130	11,5
Словакия	–	145	145	26,4
Франция	219	719	1 025	15,5
Чехия	398	1 490	1 953	191,5
		Северная Америка		
Канада	62	105	200	5,9
США	477	878	2 528	8
		Азиатско-Тихоокеанский регион		
Австралия	79	320	504	1,6
Индия	30	–	102	0,1
Китай	228	520	893	0,7
Таиланд	–	10	10	0,2
Тайвань	12	10	22	1
Южная Корея	167	131	655	13,4
Япония	483	990	3 622	28,8

Источник: EPIA, 2011.

Японии. К 2006 г. на данный рынок вышел также и Китай, заняв примерно 15%-ную долю.

Основным сдерживающим фактором развития отрасли в данный период являлся недостаток мирового производства поликристаллического кремния. Все остальные звенья производственной цепи к 2008 г. уже адаптировались под существующие на рынке объемы спроса.

За период 2009–2010 гг. кумулятивный объем инсталлированных мощностей солнечных батарей вырос в полтора раза (с менее чем 16 ГВт до почти 40 ГВт). Объем годового производства солнечной энергии вырос до 50 ТВт/час[10]. Помимо традиционных лидеров рынка фотовольтаики – европейских стран (30 ГВт, более 75% мировых мощностей), Японии (3,6 ГВт) и США (2,5 ГВт), в 2010 г. в десятку стран-лидеров вошел Китай (893 МВт). Первые шаги в развитии солнечной энергетики в 2010 г. сделали Словакия и Таиланд, причем в Словакии инсталляция сразу 145 МВт солнечных мощностей привела к значению показателя кумулятивного объема инсталлированных мощностей на душу населения 26,4 Вт/чел., что гораздо выше, чем, например, в США или Китае (табл. 1).

В пределах самой Европы развитие отрасли на протяжении всего периода шло крайне неравномерно[11]. Львиная доля европейского рынка фотовольтаики в 2010 г. пришлась на Германию: объем инсталлированных мощностей составил 7,408 ГВт, что эквивалентно 56%. Второй страной по объемам инсталлированных мощностей в 2010 г. в Европе является Италия с 2,321 ГВт, или 18%-ной долей на рынке. Довольно заметная доля Чехии – 11% и 1,49 ГВт инсталлированных к 2010 г. мощностей. Франция замыкает пятерку лидеров европейского рынка с объемом инсталлированных мощностей 719 МВт, что составляет 5% (см. табл. 1).

Одной из причин устойчивого роста солнечной энергетики в Европе является технологическая

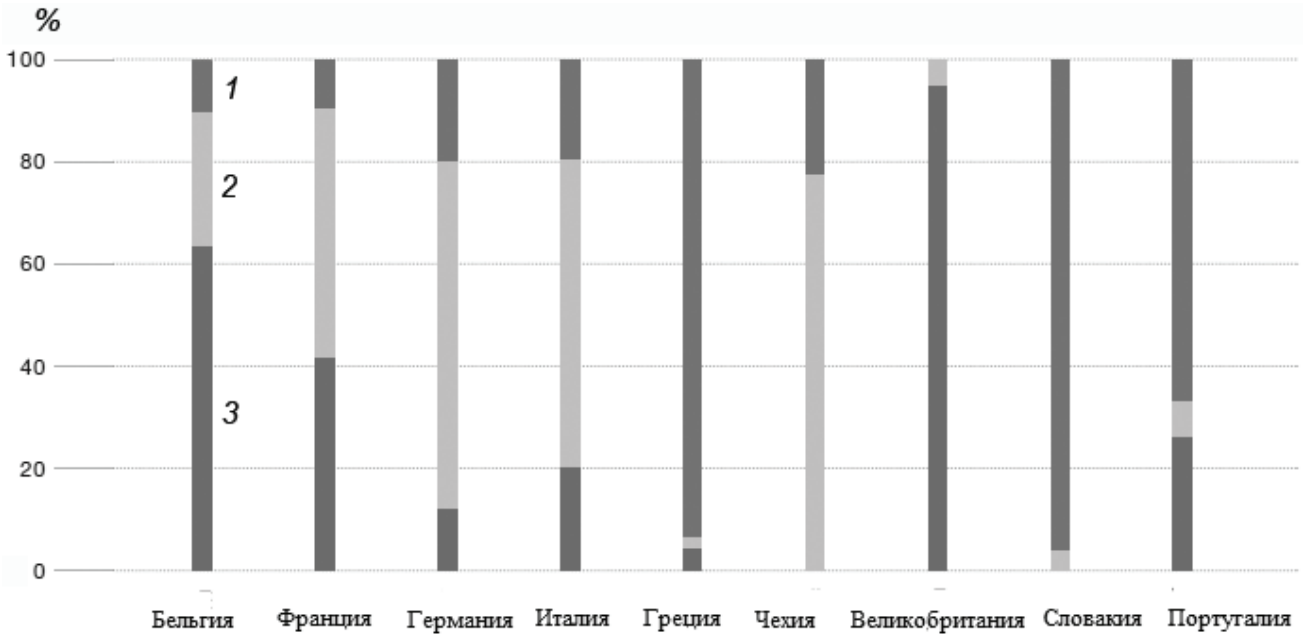
[10] Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015. EPIA, Brussels, 2011. P. 44.

[11] Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015. EPIA, Brussels, 2011. P. 44.

Рисунок 3

Распределение различных технологий солнечной энергетики в странах Европы:

1 – солнечные наземные станции; *2* – коммерческий сектор/промышленность; *3* – жилой сектор



Источник: EPIA, 2011.

диверсификация[12,13,14]. В европейских странах представлены все виды солнечных технологий – от малых батарей, устанавливаемых преимущественно в жилом секторе на крышах, до крупных солнечных «ферм», занимающих значительные площади (рис. 3).

Помимо кумулятивного объема инсталлированных мощностей, важнейшим фактором, влияющим на производительность солнечной энергетики, является процент использования мощности. По данному показателю европейские страны также существенно разнятся в силу объективных природно-климатических условий. Так, если Бельгия ежегодно производит примерно 900 КВт/час электроэнергии на 1 кВт инсталлированной мощности, то в Испании в 2010 г. произведено более 6,5 ТВт/ч электрической энергии с помощью 3,5 ГВт установленных мощностей. В летнее время солнечные установки удовлетворяют примерно 4% от всего спроса на электроэнергию, в зимнее – около 1%. Наиболее крупным производителем солнечной энергии в 2010 г. стала Германия с 12 ТВт/ч[15].

В целом же по континенту солнечная энергия в 2010 г. покрыла 1,2% от общего спроса на электроэнергию. Важно отметить и тот факт, что солнечная энергетика в Европе по объемам инсталляции в 2010 г. превзошла все остальные источники генерации кроме газа. Так, например, ветровые проекты составили в 2010 г. 9,295 ГВт, тогда как солнечные – 13,246 ГВт[16].

В период с 2006–2010 гг. в мировом производстве солнечных модулей произошли существенные изменения. Мировое производство кремния достигло 350 тыс. т/год, и недостаток сырья и материалов был преодолен. При этом доля Китая в мировом производстве кристаллического кремния составила 50%, Тайваня – 15, Европы – чуть более 10, Японии – менее 10, США – около 5%. В то же время основные производственные мощности по выпуску тонкопленочных модулей (включая теллурито-кадмиевые, медные и др. виды) сосредоточились в 2010 г. в США, Европе, Японии и Малайзии.

Доля Китая в производстве фотоэлектрических модулей возросла с 15 до 50%, тогда как доля

[12] Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015. EPIA, Brussels, 2011. P. 44.

[13] Tracking the Sun VI: An Historical Summary of the Installed Price of Photovoltaics in the United States from 1998 to 2012. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley Lab, LBNL, 2013. P. 167.

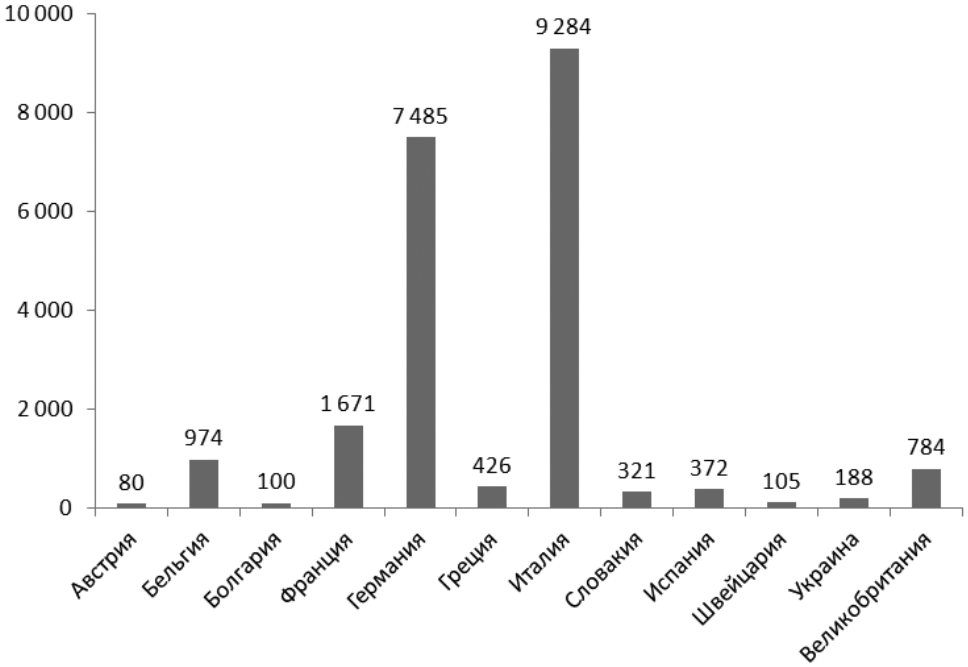
[14] Tracking the Sun VII: An Historical Summary of the Installed Price of Photovoltaics in the United States from 1998 to 2013. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley Lab, LBNL, 2014. P. 160.

[15] Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015. EPIA, Brussels, 2011. P. 44.

[16] Там же.

Рисунок 4

Страны-лидеры по объему вновь инсталлированных солнечных мощностей в 2011 г., МВт



Источник: составлено автором по данным EPIA, 2012.

европейских производителей снизилась с 30 до 15%, а доля Японии – с 42 до 10%. Однако стоимость модулей составляет не более 60% от стоимости солнечной установки (батареи), остальная же доля приходится на электронное оборудование – инвесторы, кабели и т.д. В 2010 г. около 80% мирового производства инверторов для солнечных батарей было сосредоточено в Европе. Быстрый рост производственных мощностей опередил потребности рынка, и в 2010 г. в отрасли начался определенный «кризис перепроизводства», вызвавший резкое снижение цен на фотоэлектрические модули[17].

В 2011 г. рост отрасли продолжился и составил 70%, несмотря на сложное экономическое положение в Европе. Кумулятивная мощность солнечных установок по всему миру превзошла показатель 60 ГВт, что позволяет ежегодно вырабатывать 85 ТВт/час электроэнергии. В переводе на более наглядные примеры это позволяет полностью обеспечить годовую потребность более 20 млн домохозяйств. Солнечная энергетика прочно заняла третье место среди возобновляемых источников энергии по объемам производства – после гидроэнергетики и ветровой энергетики[18].

Рост солнечной энергетики в Европе вновь превзошел все прогнозы аналитиков. Несмотря на стагнацию во многих отраслях экономики и сопротивление дальнейшей реализации крупных солнечных проектов в некоторых странах (например, в Чехии), на континенте было подключено к сети 21,939 ГВт солнечных установок, что почти в 1,7 раза больше, чем в 2010 г. (13 ГВт). Солнечная энергетика превзошла все остальные виды энергетики, включая ветровую и газовую по объему вновь инсталлированных мощностей (9,718 ГВт – газовые электростанции, 9,616 ГВт – ветровая энергетика)[19].

Впервые в истории лидером по объему инсталлированных новых мощностей стала Италия (9,3 ГВт), оставив позади себя Германию с объемом 7,5 ГВт. Следует отметить, что совместная доля Италии и Германии составила более 60% в общем объеме инсталлированных в 2011 г. мощностей в Европе. За ними следуют Франция (1,7 ГВт), Бельгия (974 МВт) и Великобритания (784 МВт) (рис. 4).

Следует отметить, что причиной столь значительного роста объемов инсталляций в Италии стало принятие новых стимулирующих мер, устанавливающих

[17] Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015. EPIA, Brussels, 2011. P. 44.

[18] Global Market Outlook for Photovoltaics until 2016. EPIA, Brussels, 2012. P. 76.

[19] Global Market Outlook for Photovoltaics until 2016. EPIA, Brussels, 2012. P. 76.

долгосрочные бонусные тарифы для закупки солнечной энергии. В Германии же, наоборот, в течение последних нескольких лет происходит постепенное сокращение стимулов, так как отрасль на большинстве территорий страны достигла коммерческой зрелости, а в некоторых районах Германии солнечная энергия стала в 2011 г. даже дешевле обычной.

Существенный рост объема инсталлированных мощностей по сравнению с предыдущим годом произошел в Греции (426 МВт по сравнению с 150 МВт), что особенно ценно в условиях экономического кризиса. Данный успех можно рассматривать как результат значительного снижения административных барьеров для производства и продажи солнечной энергии, произошедшего в конце 2010 г.[20].

Впервые в десятку европейских лидеров по объемам инсталлированных солнечных мощностей вошла Украина (188 МВт) благодаря реализации двух крупных проектов в Крыму (солнечная электростанция «Охотничье» мощностью 83 МВт и солнечная станция «Перово» – 105 МВТ) совместной австро-украинской компанией Active Solar.

После трех успешных лет развития солнечной энергетики в Чехии в 2011 г. впервые объем инсталлированных новых мощностей резко упал до уровня всего 6 МВт. Это произошло в силу возникших в стране проблем с подключением новых мощностей к сети. Исчерпание лимита возможностей подключения к сети спровоцировало негативное отношение в обществе к дальнейшему развитию солнечной энергетики в промышленных масштабах и фокусировку внимания на малых солнечных установках для личного пользования, не требующих подключения к единой сети[21].

Подобная ситуация наметилась и в Словакии. Первоначально установленная цель обеспечения 160 МВт солнечных мощностей к 2020 г. была достигнута уже в начале 2011 г. Неожиданно бурное развитие крупных наземных солнечных установок вынудило правительство страны ограничить в июле 2011 г. меры поддержки, оставив стимулирующие бонусные тарифы только для закупки энергии, произведенной установками мощностью до 100 КВт.

За пределами Европы самый значительный рост новых инсталляций произошел в Китае (2,2 ГВт), США (1,9 ГВт) и Японии (1,3 ГВт). Также достаточно существенный рост рынка фотовольтаики произошел в 2011 г. в Австралии (774 МВт), Канаде (364), Индии (300) и Израиле (130 МВт).

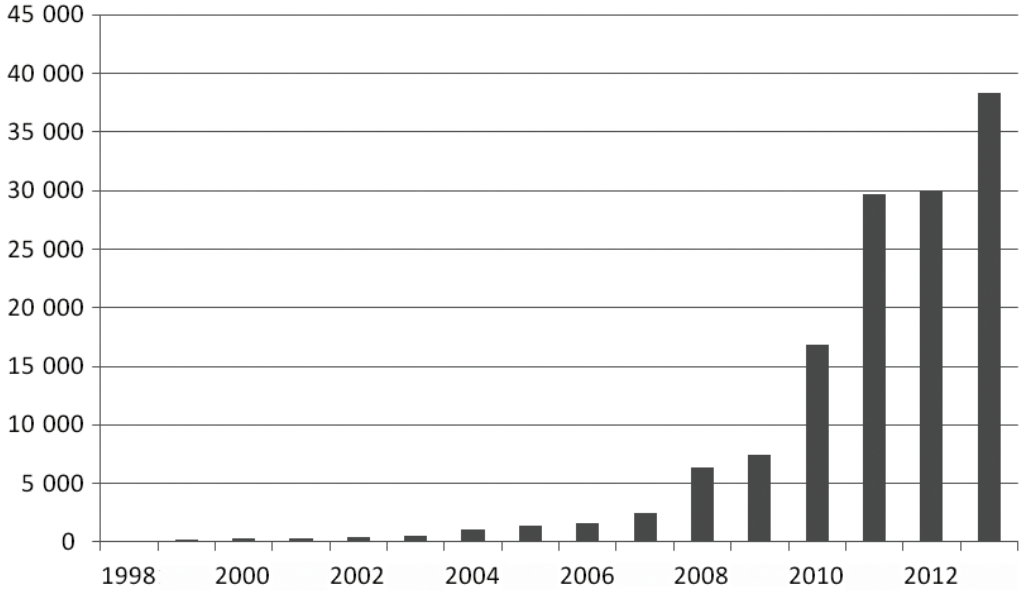
Говоря об особенностях развития солнечной энергетики в этих странах, можно отметить нестабильность рынка в Австралии, обусловленную наличием большого количества различных стимулирующих программ и сложностью их взаимной гармонизации. Кроме того, в отличие от стран Европы бонусные тарифы, применяемые в Австралии для поддержки солнечной энергетики, устанавливаются каждым штатом в отдельности, что создает неравные условия для развития отрасли в масштабах страны. В Канаде в силу природно-климатических особенностей основное развитие отрасли происходит в провинции Онтарио, в которой сосредоточено более 85% всех инсталлированных в стране солнечных мощностей. В Китае, США и Японии развитие отрасли происходит контролируемым путем, с систематической государственной поддержкой через различные программы как общенационального, так и местного уровня, без резких взрывов и падений, частично благодаря большому внутреннему потенциалу рынка.

В Индии нормативно-правовая база электроэнергетики формируется Центральной комиссией регулирования электроэнергетики (*CERS*) на федеральном уровне, однако она также дополняется и уточняется Региональной комиссией регулирования электроэнергетики (*SERC*) на региональном уровне (в каждом штате). CERC определяет основные принципы расчета льготных тарифов для производителей энергии из возобновляемых источников, которые применяются к центральным государственным электростанциям и организациям, передающим энергию между штатами, которые составляют лишь небольшую часть от всех генерирующих компаний. Подавляющее же большинство производителей обеспечиваются тарифами, определяемыми SERC. Такой дуализм управления не идет на пользу развитию сектора, так как тарифы SERC могут быть, а могут и не быть равными тарифам CERC, что ставит генерирующие предприятия в неравные экономические условия. Кроме того, тарифы могут варьироваться от штата к штату и остаются неизменными в течение достаточно длительного периода времени, что оказывает негативное влияние

[20] Global Market Outlook for Photovoltaics until 2016. EPIA, Brussels, 2012. P. 76.
[21] Там же.

Рисунок 5

Динамика годового мирового объема инсталлированных солнечных мощностей в 1998–2013 гг., МВт



Источник: составлено автором по данным EPIA, 2009–2014.

на новые проекты, реализуемые в принципиально иных экономических условиях. Некоторые штаты разработали специальные методики расчета тарифов (*RPSS*), согласно которым они разделяют все возобновляемые источники энергии на «солнечные» и «несолнечные». Кроме того, с января 2011 г. в национальную тарифную политику были внесены изменения, закрепляющие за SERC обоснование конкретных мер по стимулированию солнечной энергетики на уровне штатов[22].

Более скромными темпами увеличили в 2011 г. свой объем кумулятивных мощностей Южная Корея (на 92 МВт) и Тайвань (на 70 МВт).

В 2012 г. рост рынка стабилизировался (рис. 5). Кумулятивная мощность солнечных батарей по всему миру достигла отметки около 100 ГВт[23]. Суммарный объем новых солнечных мощностей составил 30,011 ГВт, из них только 17,7 ГВт было инсталлировано в Европе (около 55% от общего объема)[24]. Готовой объем инсталляций солнечных мощностей в Китае удвоился и достиг показателя 6,8 ГВт.

В 2013 г. впервые в истории фотовольтаики объем годовых инсталляций в странах Азии был больше, чем в Европе. Из 38,4 ГВт мощностей, установленных по всему миру, 11,8 ГВт было установлено в Китае, 6,9 ГВт – в Японии. Европа же установила только 29% от общего объема солнечных мощностей; по сравнению с 2012 г. произошел спад – с показателя 17,7 ГВт до 11 ГВт. В пределах континента лидером по объему вновь установленных мощностей опять стала Германия (+3,3 ГВт), за ней следуют Великобритания (+1,5), Италия (+1,4), Румыния (+1,1) и Греция (+1,04 ГВт). Основными драйверами роста отрасли в 2012 г., как и в предыдущие годы, оставались государственные стимулирующие программы. Их сокращение в ряде европейских стран, достигших значительных показателей по кумулятивному объему инсталлированных мощностей (например, в Германии, Италии, Бельгии, Испании, Франции), привело к сокращению объемов новых инсталляций, тогда как в странах, усиливающих меры государственной поддержки (например, в Китае и Японии), наоборот, наблюдается бурный рост новых инсталляций[25,26,27].

Несмотря на потерю лидерства по объему новых инсталляций, Европа остается главным рынком фотовольтаики (рис. 6).

[22] India Wind Energy Outlook 2012. Brussels. 40 p.

[23] Global Market Outlook for Photovoltaics 2014–2018. EPIA, Brussels, 2014. P. 60.

[24] *Castello S., De Lillo A., Guastella S., Paletta F.* National Survey Report of PV Power Applications in Italy 2012. Paris: International Energy Agency, 2013.

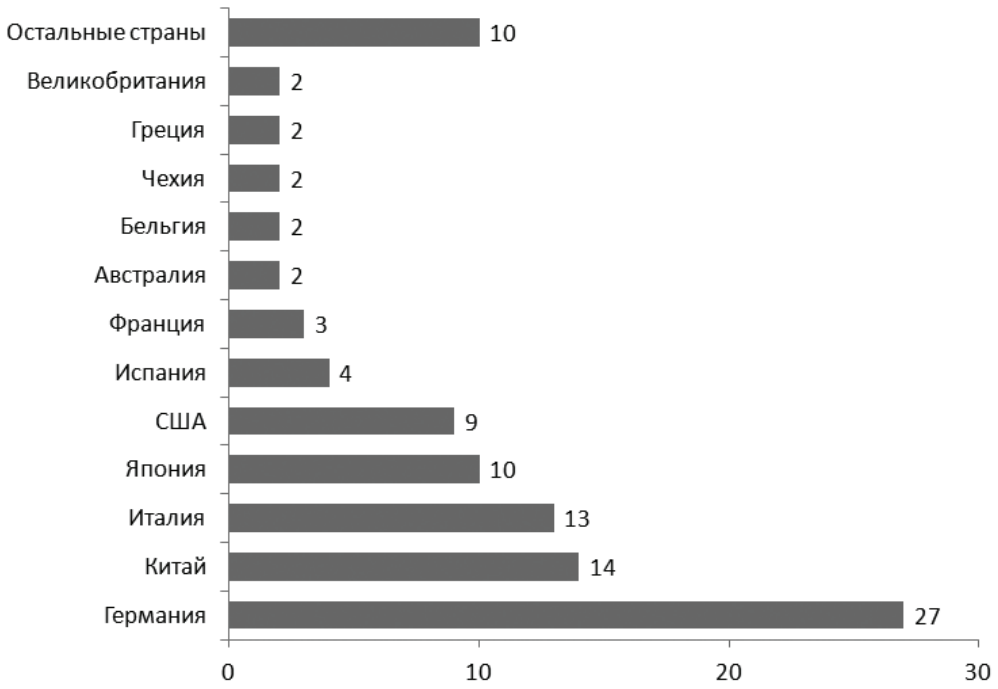
[25] *Castello S., De Lillo A., Guastella S., Paletta F.* National Survey Report of PV Power Applications in Italy 2012. Paris: International Energy Agency, 2013.

[26] *Watt M., Passey R.* PV in Australia. Paris: International Energy Agency, 2012.

[27] *Yamada H., Ikki O.* National Survey Report of PV Power Applications in Japan 2012. Paris: International Energy Agency, 2013.

Рисунок 6

Структура мирового кумулятивного объема инсталлированных солнечных мощностей в 2013 г., %



Источник: составлено автором по данным EPIA, 2014.

Солнечная энергия в течение всех последних трех лет занимает первое место по объему вновь инсталлированных мощностей в Евросоюзе. Она способна покрыть уже 3% от общего спроса на электроэнергию и 6% от спроса в пиковую загрузку. Стабилизация роста рынка в странах-лидерах постепенно компенсируется развитием солнечной энергетики в других, пока еще мало охваченных странах (табл. 2).

Анализируя сегментацию европейского рынка фотовольтаики, следует отметить преобладание доли крупных наземных солнечных станций в таких странах, как Болгария, Румыния, Словакия и Испания (боле 85% от кумулятивной мощности). Солнечные батареи в жилом секторе преобладают в Чехии (более 60%), Нидерландах (около 70%) и Дании (около 98%). В Швеции, Австрии, Венгрии и Словении заметно преобладание коммерческого сектора (более 50%)[28].

Помимо Европы, Японии, Китая, Северной Америки и Австралии, развитие солнечной энергетики в других регионах мира пока идет низкими темпами. Несмотря на наличие огромного природного потенциала, практически неразвита пока солнечная энергетика в Африке и многих других территориях с высоким уровнем солнечной инсоляции. За исключением Китая, очень медленными темпами идет развитие солнечной энергетики в странах БРИКС. Основными сдерживающими факторами являются недостаток государственной поддержки отрасли на этапе зарождения и становления и некоторые, пока не решенные проблемы технического характера. Так, например, использование кадмия как основного компонента солнечных модулей в кадмиево-теллуровых технологиях имеет свои недостатки [3]. Отходы кадмия считаются опасными и требуют выполнения особых жестких норм утилизации. Обращение с кадмием в процессе производства требует соблюдения особых мер предосторожности. Растущее мировое потребление теллура потенциально может столкнуться с ресурсными ограничениями[29,30]. Так, например, в 2010 г. мировое производство теллура составило 0,6 Кт/год, а в 2025 г. минимальный спрос прогнозируется в пределах 0,8 Кт/год (увеличение в 1,33 раза), максимальный – на уровне 2,2 Кт/год (увеличение в 2,75 раза)[31].

[28] Global Market Outlook for Photovoltaics 2014–2018. EPIA, Brussels, 2014. P. 60.

[29] US EPA (US Environmental Protection Agency). Rare earth elements: A review of production, processing, recycling, and associated environmental issues. Washington DC, 2012.

[30] USGS (US Geological Survey), 2011. Minerals yearbook: rare earths. US Department of the Interior, Reston, Virginia, 2013.

[31] *Constantinides S.* The important role of dysprosium in modern permanent magnets // Arnold Magnetic Technologies. 2012.

Таблица 2

Развитие солнечной энергетики в Европе в 2012–2013 гг.

Страна	Годовой объем инсталляций в 2012 г., МВт	Годовой объем инсталляций в 2013 г., МВт	Кумулятивный объем инсталляций в 2013 г., МВт	Кумулятивный объем на душу населения, Вт/чел.
Австрия	175	250	613	72
Бельгия	683	215	2 983	268
Болгария	843	10	1 020	140
Хорватия	–	20	20	5
Кипр	7	15	32	28
Чехия	116	88	2 175	207
Дания	316	216	548	98
Эстония	–	–	–	0,1
Финляндия	–	–	11	2
Франция	1 115	613	4 673	71
Германия	7 604	3 304	35 715	436
Греция	912	1 043	2 579	229
Венгрия	8	10	22	2
Ирландия	–	–	3	0,7
Италия	3 759	1 448	17 928	294
Латвия	–	–	1	0,2
Литва	6	–	6	2
Люксембург	–	–	30	56
Мальта	4	7	23	54
Нидерланды	195	305	665	40
Норвегия	–	–	–	0,02
Польша	4	1	7	0,2
Португалия	70	36	278	26
Румыния	46	1 100	1 151	54
Словакия	15	–	524	97
Словения	122	11	212	103
Испания	332	118	5 340	116
Швеция	8	18	40	4
Швейцария	226	300	737	92
Турция	5	6	16	0,2
Украина	130	290	616	14
Великобритания	925	1 546	3 375	53

В России, несмотря на распространенное в обществе и бизнес-среде мнение о недостаточном уровне солнечной инсоляции на большинстве территорий, существует значительный природный потенциал для развития солнечной энергетики [4]. Весьма важным фактором является территориальное совпадение зон высокой инсоляции с зонами, не охваченными централизованной электрической сетью, на которых есть необходимость развития распределенной генерации (например, Республика Саха – Якутия, северные регионы Дальнего Востока). Кроме того, в России существует значительный научно-технический потенциал для развития как самой солнечной энергетики (генерации), так и сопутствующих секторов энергетического машиностроения (производство солнечных модулей, электроники). Современные российские научные школы владеют технологиями солнечной генерации, производительность которых в разы выше зарубежных аналогов, широко представленных на мировом рынке кремниевых и тонкопленочных солнечных батарей [5–7]. Так, научной школой ФТИ им. А.Ф. Иоффе достигнуты КПД гетероструктурных каскадных солнечных элементов, превышающие 37%, что в 2–3 раза выше, чем в существующих кремниевых и тонкопленочных солнечных батареях. На основе этих фотопреобразователей в ФТИ разработаны энергоустановки нового поколения с концентраторами солнечного излучения, открывающие перспективы существенного снижения стоимости получаемой электроэнергии за счет большей эффективности и снижения в 1 000 раз площади солнечных элементов пропорционально кратности концентрирования солнечного излучения [5].

В настоящее время в стране имеются несколько проектов по строительству солнечных электростанций различной мощности. Так, в рамках реализации стратегии ОАО «РАО ЭС Востока» до 2020 г. планируется строительство 139 объектов общей мощностью 44,5 МВт на территории Республики Саха и 7 объектов общей мощностью 1,2 МВт в Приморском крае. Однако даже при условии успешной реализации данных планов эти цифры составляют ничтожно малую долю общих объемов генерации электроэнергии в стране. Мировой опыт развития отрасли показывает, что для ее формирования нужно создание определенных благоприятных условий: систем долгосрочных стимулов, делающих условия инвестирования в отрасль выгодными. Поэтому пока в стране не будут приняты государственные программы поддержки возобновляемой энергетики, в частности хорошо зарекомендовавшие себя бонусные тарифы на солнечную электроэнергию, ожидать бурного развития отрасли не приходится.

Список литературы

1. *Ратнер С.В.* Стоимостной анализ развития солнечной энергетики в мире и ее перспективы для России // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2014. № 3. С. 90–97.
2. *Ратнер С.В., Иосифов В.В.* Перспективы развития солнечной энергетики в России: стоимостной анализ // Вестник УрФУ. Сер. Экономика и управление. 2014. № 4. С. 52–62.
3. *Stegen K.S.* Heavy rare earths, permanent magnets, and renewable energies: An imminent crisis // Energy Policy. 2015. № 79.
4. *Попель О.С., Коломиец Ю.Г., Фрид С.Е. и др.* Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России. М.: МФТИ, 2010. 83 с.
5. *Андреев В.М., Давидюк Н.Ю., Ионова Е.А. и др.* Оптимизация параметров солнечных модулей на основе линзовых концентраторов излучения и каскадных фотоэлектрических преобразователей // Журнал технической физики. 2010. Т. 80. № 2. С. 118–125.
6. *Андреев В.М.* Концентраторная солнечная фотоэнергетика // Альтернативная энергетика и экология. 2012. № 5-6. С. 40–44.
7. *Андреев В.М.* Солнечная фотоэнергетика в России и мире // Наука и техника в газовой промышленности. 2013. № 2. С. 39–43.

ISSN 2311-875X (Online)
ISSN 2073-2872 (Print)

Scholar Dispute

PHOTOVOLTAICS IN THE GLOBAL ENERGY ARENA: TRENDS AND REGIONAL SPECIFICS OF DEVELOPMENT

Svetlana V. RATNER

Trapeznikov Institute of Control Sciences, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
lanarat@mail.ru

Article history:
Received 20 April 2015
Accepted 20 April 2015

JEL classification: Q43

Keywords: solar energy, economic dynamics, stimulation, resource limitation, production localization

Abstract

Importance Based on data presented in annual analytical materials of the European Photovoltaic Industry Association for 2009–2013, the article overviews the development of the solar energy sector globally and regionally.

Methods As the basic research method, I carried out a descriptive and statistical analysis. I review the main global and regional trends in the sector development, compare indicators of various countries, and scrutinize mechanisms for stimulating the development of the sector and relative productions.

Results I found the key difficulties in developing the sector at all the stages: origination, growth and maturity. The research also reviews various scenario forecasts of resource limitations. I examine the effect of technological diversification on the sector growth in the leading European countries developing the solar energy.

Conclusions and Relevance I conclude that the incentive tariff mechanism is the most versatile tool to stimulate the development of the solar energy sector. The mechanism requires network companies to purchase solar energy from producers at prices that are higher than the market ones within the specific period of time. However, the incentive tariff schemes are implemented differently due to some fair reasons in small countries and countries, where regions are scattered throughout different climatic and natural zones. The results are advisable for preparing public and municipal activities to encourage the development of renewable energy sources so to implement priorities mentioned in the 2030 Russian Energy Strategy and substantiate corporate investment programs and projects.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2015

Acknowledgments

The research was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project No. 13-06-00169 *Modeling Strategies for Developing Energy Clusters during a Technological Gap*.

References

1. Ratner S.V. Stoimostnoi analiz razvitiya solnechnoi energetiki v mire i ee perspektivy dlya Rossii [Cost analysis of solar energy development in the world and its significance for Russia]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta = St. Petersburg State Polytechnic University Journal*, 2014, no. 3, pp. 90–97.
2. Ratner S.V., Iosifov V.V. Perspektivy razvitiya solnechnoi energetiki v Rossii: stoimostnoi analiz [Prospects for solar energy development in Russia: a cost analysis]. *Vestnik UrFU. Ser. Ekonomika i upravlenie = Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management*, 2014, no. 4, pp. 52–62.
3. Stegen K.S. Heavy Rare Earths, Permanent Magnets, and Renewable Energies: An Imminent Crisis. *Energy Policy*, 2015, vol. 79, pp. 1–8.
4. Popel' O.S., Kolomiets Yu.G., Frid S.E. et al. *Atlas resursov solnechnoi energii na territorii Rossii* [Map of solar energy resources throughout Russia]. Moscow, MIPT Publ., 2010, 83 p.
5. Andreev V.M., Davidyuk N.Yu., Ionova E.A. et al. Optimizatsiya parametrov solnechnykh modulei na osnove linzovykh kontsentratorov izlucheniya i kaskadnykh fotoelektricheskikh preobrazovatelei [Parameter optimization of solar modules based on lens concentrators of radiation and cascade photovoltaic converters]. *Zhurnal tekhnicheskoi fiziki = Journal of Technical Physics*, 2010, vol. 80, no. 2, pp. 118–125.
6. Andreev V.M. Kontsentratornaya solnechnaya fotoenergetika [Concentrator solar photovoltaics]. *Al'ternativnaya energetika i ekologiya = Alternative Energy and Ecology*, 2012, no. 5-6, pp. 40–44.
7. Andreev V.M. Solnechnaya fotoenergetika v Rossii i mire [Solar photovoltaic energy in Russia and worldwide]. *Nauka i tekhnika v gazovoi promyshlennosti = Science and Technology in Gas Industry*, 2013, no. 2, pp. 39–43.