

**В.В.Акимова**

## **Сравнительный анализ траекторий развития солнечной энергетики в Чили и Бразилии**

В статье предложен сравнительный анализ современного состояния и перспектив развития солнечной энергетики, одной из самых быстроразвивающихся отраслей топливно-энергетического комплекса, в двух странах Южной Америки, обладающих значительным природным потенциалом для развития данного направления. Несмотря на то, что в Бразилии и Чили солнечная энергетика пока не получила повсеместного распространения, эти страны в перспективе обладают потенциалом развития отрасли в связи с наличием спроса и высоким уровнем солнечной радиации на большей части территории. В результате проведенного исследования были определены факторы, способствующие развитию солнечной энергетики, а также причины, сдерживающие этот процесс.

**Ключевые слова:** экономическая география, солнечная энергетика, фотовольтаика, солнечные электростанции, Чили, Бразилия.

**DOI:** 10.31857/S0044748X0006155-9

Статья поступила в редакцию 18.03.2019.

В условиях ограниченности традиционных источников энергии, нестабильности их цен на мировом рынке, а также обеспокоенности экологическими последствиями использования ископаемых видов топлива все больше стран пытаются найти способы обеспечения национальной энергетической безопасности. Одним из эффективных ответов на глобальный энергетический вызов является солнечная энергетика [1], которая постепенно проникает во все глобальные макрорегионы.

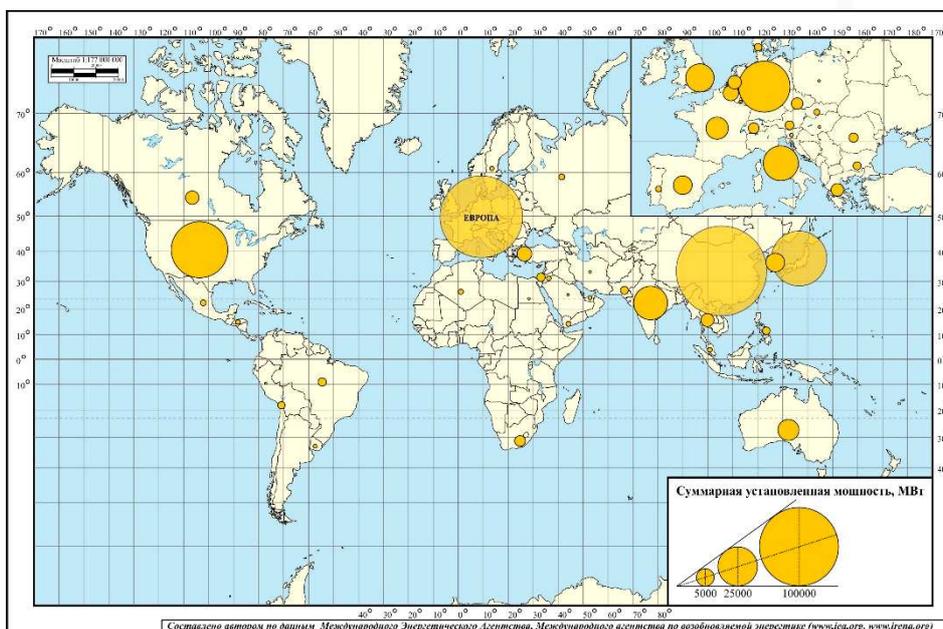
---

Варвара Владимировна Акимова — кандидат географических наук, научный сотрудник кафедры социально-экономической географии зарубежных стран географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова (19991, Москва, Ленинские Горы, 1, РФ); научный сотрудник Центра стратегий регионального развития Института прикладных экономических исследований Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (119571, Москва, пр. Вернадского, 84, РФ, varvaraakimova1576@gmail.com).

### Сравнительный анализ развития солнечной энергетики в Чили и Бразилии

Бразилия и Чили являются южноамериканскими флагманами развития солнечной энергетики, обладающими значительным природным потенциалом для реализации данного энергетического направления. Впрочем, в общемировом зачете ни Чили, ни Бразилия в этой сфере существенно не выделяются, занимая позиции в третьем десятке. Тем не менее эти страны обладают возможностями для развития данной отрасли в связи с наличием спроса, высоким уровнем солнечной радиации на большей части территории и экологическим фактором.

**Рис. 1. ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКАЯ СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА, 2017 г.**



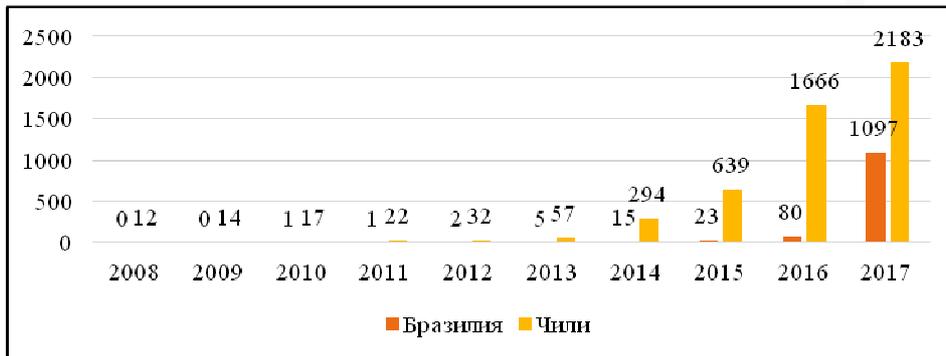
**Источник:** Составлено автором по данным Международного энергетического агентства (IEA) и Международного агентства по возобновляемой энергетике (IRENA).

В Чили солнечная энергетика начала развиваться намного раньше, чем в Бразилии, что связано с наличием незначительных запасов собственных энерго-ресурсов и высокой зависимостью от их импортных поставок, чем и была обусловлена необходимость поиска решения проблемы обеспечения национальной энергобезопасности. За период с 2014 по 2016 г. в стране были установлены промышленные электростанции суммарной мощностью более 400 МВт, причем две электростанции («Amanecer Solar CAP» и «María Elena solar project») имеют мощности более 100 МВт: 100 и 160 МВт соответственно. В результате на 2017 г. суммарные установленные мощности в стране превысили 1,8 ГВт [2].

В Бразилии же, располагающей значительным гидропотенциалом, развитие солнечной энергетике началось относительно недавно — в связи с пересмотром государственной энергетической политики в рамках диверсификации источников энергии. Бразилия изначально была и остается важным игроком на рынке солнечных коллекторов, функцией которых яв-

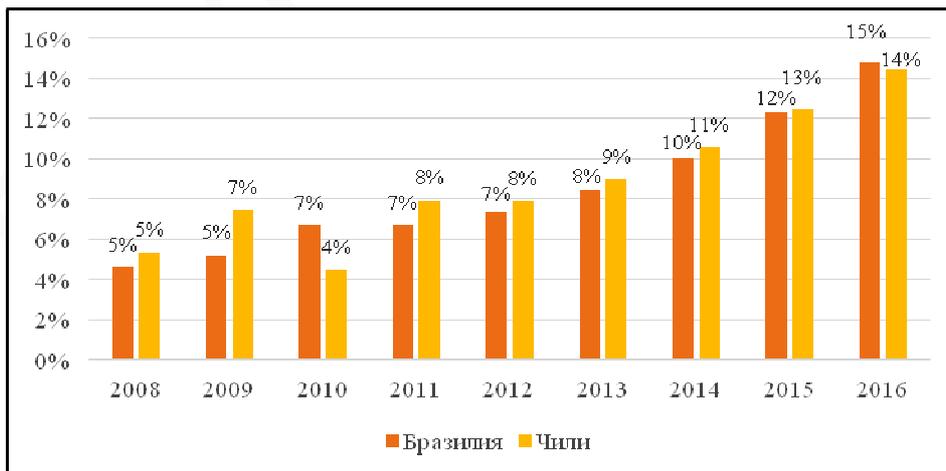
ляется производство горячей воды. Сегодня в стране активно развивается фотовольтаика — электропроизводящая составляющая солнечной энергетики. На 2017 г. суммарные установленные мощности превысили 1 ГВт [3]. Тем не менее солнечная энергетика для Бразилии все еще остается способом обеспечения электроэнергией труднодоступных районов и одним из направлений в рамках политики диверсификации.

**Рис. 2. ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В БРАЗИЛИИ И ЧИЛИ, МВт, 2008—2017 г.**



**Источник:** Составлено автором по данным Международного агентства по возобновляемой энергетике (IRENA). Available at: [https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Mar/IRENA\\_RE\\_Capacity\\_Statistics\\_2018.pdf](https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2018.pdf)

**Рис. 3. ДОЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ (БЕЗ УЧЕТА ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ) В СТРУКТУРЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В БРАЗИЛИИ И ЧИЛИ, 2008—2016 г. (%)**



**Источник:** Составлено автором по данным Международного энергетического агентства. Available at: <https://www.eia.gov/beta/international/data/browser/#?pa=00000000000=2017>

## ОСОБЕННОСТИ СТАНОВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ЧИЛИ

Чили относится к странам с очень высокими энергетическими затратами и возрастающим спросом на электроэнергию, поэтому, чтобы обеспечить предложение, необходимо развивать новые энергетические направления, в том числе и солнечную энергетику. В чилийском регионе Норте-Гранде отмечается одно из самых высоких значений прямой солнечной радиации в мире. Здесь также располагаются и предприятия медной промышленности, которые требуют 24-часовых поставок электроэнергии.

На 2017 г. главными энергетическими источниками в Чили являлись традиционные энергоресурсы — нефть, природный газ и уголь: на них пришлось более 60% всей произведенной электроэнергии, причем доля угля составила более 20%, газа — также около 20%. Таким образом, более половины чилийской электроэнергии вырабатывалось на основе первичных источников энергии, 90% из которых импортируются [3]. До середины 1996 г. главными источниками электроэнергии в стране были исключительно уголь и гидроэнергетика. В период с 1996 г. по 2004 г. потребление природного газа в Чили стало расти — преимущественно благодаря низким ценам на сырье и строительству газопровода между Чили и Аргентиной. Тем не менее, начиная с 2003 г., поставки из Аргентины осуществлялись с перебоями, а в 2004 г. и вовсе прекратились, что было связано с холодной зимой и растущим спросом на природный газ внутри самой Аргентины. К 2009 г. потребление природного газа в Чили составило всего лишь 8% [3]. Сейчас Чили закупает большую часть газа из Катара, Экваториальной Гвинеи и Тринидада и Тобаго. Газ остается важным источником энергии и тепла в Чили, особенно в труднодоступных изолированных регионах юга. Вместо газа в стране начали активно увеличивать угольные и нефтяные энергетические мощности. Это в свою очередь вызвало протесты со стороны местных жителей, обеспокоенных экологическими последствиями использования данных энергоресурсов. В 2010 г. правительство приняло закон № 20257, согласно которому 5% всей производимой в стране энергии должны быть выработаны из возобновляемых источников энергии, а к 2024 г. — 10% [3]. Закон был пересмотрен в 2013 г. (закон № 20698), и конечный целевой показатель был увеличен до 20%. В новой государственной энергетической программе уже ставится цель достичь 45% возобновляемых мощностей от всех новых установленных в период 2014–2025 г., исключая ГЭС мощностью более 20 МВт, а показатель производимой с помощью возобновляемых источников энергии (ВИЭ) электроэнергии к 2050 г. планируется довести до 70%. Сейчас ведутся разговоры о его пересмотре в сторону повышения — до 100%.

Долгое время в Чили сосуществовали две основные независимые энергосистемы, не имеющие связей не только с соседними странами, но и между собой. В 2013 г. средняя рыночная цена электроэнергии в пределах Центральной энергосбытовой системы (Sistema Interconectado Central, SIC) составляла 112 долл. за МВт/ч, а в пределах Энергосбытовой системы Норте-Гранде (Sistema Interconectado del Norte Grande, SING) — 108 долл. за МВт/ч [2]. Среди других имеющихся энергосистем — Айсен и Магальянес,

но на них приходится не более 1% всех установленных мощностей. В ноябре 2017 г. SIC и SING были объединены в единую национальную энергосистему. Тем не менее чилийская промышленность столкнулась с проблемой самой высокой цены на электроэнергию во всей Латинской Америке.

В 2016 г. на SIC пришлось 79% (15,1 ГВт) установленных энергетических мощностей и 73% всей произведенной электроэнергии. Центральная часть Чили населена наиболее густо, поэтому спрос на энергию в основном обеспечивают индивидуальные потребители, к числу которых относятся жители столицы — Сантьяго. На SING в 2016 г. пришлось 20% установленных энергетических мощностей (4,6 ГВт) и 26% всей произведенной электроэнергии. Большинство местных электростанций работают на угле, газе и нефти, а медная промышленность, сконцентрированная в регионе, требует огромных объемов электроэнергии. Недавно многие угольные ТЭС прекратили работу в связи с народным недовольством, связанным с неблагоприятным воздействием ТЭС на окружающую среду [3].

В мае 2018 г. 18% всей произведенной в Чили электроэнергии приходилось на ВИЭ: 8% — на солнечную энергетику, 6% — на ветровую наземного базирования, 2% — на биомассу, 2% — на малые ГЭС (менее 20 МВт) [2]. Среди факторов столь массивного развития возобновляемой энергетики, в том числе и солнечной, можно выделить следующие:

— климатические и географические особенности, которые относятся к одним из лучших в мире для развития солнечной энергетики — как фотогальваники (подотрасль солнечной энергетики, использующая технологии прямого преобразования солнечной энергии в электроэнергию), так и концентрирующей солнечной энергетики (использует технологии концентрирования солнечной энергии с ее последующим последовательным преобразованием в тепло, а затем в электроэнергию). Территория, охватывающая север Чили, юг Перу и запад Аргентины, обладает солнечным энергопотенциалом, равным более чем 3300 кВт·ч/м<sup>2</sup> [4];

— цены, согласно отчету Международного агентства по возобновляемой энергетике (International Renewable Energy Agency, IRENA) «Цены на возобновляемую электроэнергию в 2017 г.», в период с 2010 по 2017 г. снизились на 68% за «солнечный» кВт·ч [5];

— государственная политика, в рамках которой правительство Чили разработало долгосрочную госпрограмму в области энергетики (Энергетическая повестка до 2050 г.) и в которой прописаны целевые показатели, закрепила новую роль за государственным сектором, введен налог на выбросы CO<sub>2</sub> и т.д.;

— проведение аукционов — закупок выработанной за счет ВИЭ электроэнергии на конкурсной основе. В рамках аукционов покупатель получает предложения от продавцов, которые предлагают наименьшую цену за «зеленую» электроэнергию и конкурируют между собой, чтобы уменьшить затраты потребителей на покупку электроэнергии. «Продуктами», выставляемыми на таких аукционах, могут быть установленные мощности (МВт) или объемы вырабатываемой электроэнергии (МВт/ч). Такой формат закупок был назван «творческим чудом», так как аукционы разделены на два блока, определенных временем: ежечасно и ежеквартально. Аукцион организован таким образом, чтобы предпочтение отдавалось определенным

технологиям, в частности солнечным (в 24-часовом сегменте с почасовой регламентацией), а также гидро- и ветровой энергии (поквартально с учетом сезонных колебаний). Это позволяет максимизировать потенциал неустойчивых технологий без необходимости включать все еще дорогие технологии хранения энергии.

Несмотря на прогресс в области создания условий для развития солнечной энергетики, такие институты, как энергетические аукционы, были ориентированы исключительно на крупные компании. В то время как установленная мощность всей чилийской энергосистемы составляет 22.531 МВт, распределенная электрогенерация — через систему выставления счетов — составляет лишь 18,3 МВт (май 2018 г.) [2]. Основные причины перекоса в сторону промышленного сегмента солнечной энергетики и столь трудного внедрения ВИЭ в Чили заключаются в том, что пока не существует эффективной государственной политики или стимулов, например, «зеленых» тарифов и систем нетто-учета.

Кроме того, в 2018 г. Чили столкнулась с проблемой ограничения на передачу электроэнергии, которая несколько замедлила подключение новых проектов. Впрочем, новая энергетическая инфраструктура по передаче электроэнергии к концу 2019 г. должна разрешить сложившуюся ситуацию со стоянием в «энергетической пробке». Чили сохраняет лидерство в регионе, добавив почти 0,7 ГВт в 2017 г., что позволило стране выйти на отметку в 2,1 ГВт установленных мощностей [6].

К факторам, способствующим развитию солнечной энергетики в Чили, относятся: 1) ограниченные внутренние запасы традиционных энергоресурсов; 2) рост спроса на электроэнергию; 3) энергетические кризисы (например, кризис 2008 г. и скачок цен на произведенную электроэнергию); 4) высокий потенциал для развития ВИЭ; 5) сильная государственная поддержка; 6) требование к энергоснабжающим компаниям выполнять целевой показатель в отношении ВИЭ; 7) самый высокий в Латинской Америке кредитный рейтинг из-за макроэкономической стабильности и интегрированности в мировые рынки капитала; 8) привлекательность для прямых иностранных инвестиций; 9) самые низкие налоги в Латинской Америке; 10) отсутствие требования о минимальном участии местных компаний в итоговом производстве.

Вместе с тем ряд факторов препятствует полноценному разворачиванию отрасли в стране, среди которых: 1) нехватка доступного финансирования проектов ВИЭ в связи с недостаточным пониманием функционирования нетрадиционных источников энергии и непривлекательными ценами в рамках договоров о покупке электроэнергии; 2) высокая концентрация энергетического рынка: 90% всего производства и продажи электроэнергии контролируются всего тремя компаниями; 3) сложности в передаче электроэнергии по сетям, связанные с тем, что необходимые ресурсы расположены чаще всего в удаленных районах или в районах с маломощными сетями, что увеличивает транспортные издержки; 4) длительный процесс получения лицензии; 5) высокая степень конкуренции между иностранными фирмами, которой обусловлена необходимость наличия местной чилийской компании-партнера; 6) низкая доля квалифицированной рабочей силы; 7) значительная роль личных контактов и связей и т.д.

Таким образом, в Чили действительно начался процесс энергетического перехода на чистую электроэнергию, однако для развития отрасли и становления солнечной энергетики как полноценной составляющей национального топливно-энергетического комплекса необходимо расширять сферу производственных компетенций оперирующих энергетических компаний и таргетированную аудиторию, в которую, помимо крупных энергетических корпораций, должны войти и индивидуальные потребители.

## **РАЗВИТИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В БРАЗИЛИИ**

Электропроизводящий комплекс Бразилии характеризуется преобладанием в структуре производства возобновляемых источников (более 85%), так как около 60% электроэнергии генерируются за счет ГЭС. Тем не менее производительность бразильских ГЭС с каждым годом снижается из-за сокращения объема осадков. Сопротивление со стороны индейского населения, в том числе племен, проживающих вдоль берегов рек, высокая стоимость компенсации за экологический и социальный ущерб, сильная засуха в пределах водосборных бассейнов, на которые приходится больше всего произведенной электроэнергии, а также экономический спад последних лет прервали череду крупномасштабных проектов по строительству ГЭС. Комплекс ГЭС Белу-Монти мощностью 11,2 ГВт в штате Пара, запущенный в 2016 г., возможно, станет последним гидроэнергетическим мегапроектом в Бразилии [7].

Кризис в энергетическом секторе и сокращение выработки электроэнергии на ГЭС в последние годы привели к увеличению использования ископаемого топлива, что превратило энергетический комплекс Бразилии в значительно более дорогой и «грязный». Проблема привела к тому, что вопрос о необходимости диверсификации источников электроэнергии был поднят на государственном уровне.

В 2009 г. в Бразилии была утверждена и успешно реализована программа стимулирования альтернативных источников энергии PROINFA, что способствовало значительному снижению рыночной цены на ветровую электроэнергию. Понижение цены в свою очередь привело к обеспечению ветровой энергетике сетевого паритета в отношении электроэнергии, произведенной на ГЭС. Дополнительным стимулом стала специальная линия финансирования бразильского Национального банка экономического и социального развития (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, BNDES), которая предоставляется при условии 60% индекса локализации оборудования (другими словами, более 60% используемого при установке электростанции оборудования должно быть отечественного происхождения). Это привело к тому, что в Бразилии были созданы крупные компании, производящие необходимые компоненты ветровых установок как для применения внутри страны, так и на экспорт. Сейчас Бразилия входит в первую десятку стран мира по развитию ветровой энергетики.

В начале 2000-х годов многие страны воспользовались быстрым снижением цен на солнечные панели, в то время как правительство Бразилии сделало ставку на гидро-, био- и ветроэнергетику. Теперь стало ясно, что,

учитывая снижение цены на солнечную электроэнергию за последнее десятилетие на 80%, правительство, возможно, упустило выгодную возможность. Бразилия является одной из самых солнечных стран в мире с большими свободными земельными территориями и находится на 30-м месте в мировом рейтинге по суммарным установленным солнечным мощностям [8].

Развитие солнечной энергетики в Бразилии началось, по сути, только с 2013 г. До этого правительство придерживалось мнения, что солнечные технологии еще недостаточно развиты, чтобы их можно было включать в энергетическую политику наравне с другими источниками. В результате страна существенно отстает от общемировых тенденций, но пытается активно ликвидировать образовавшийся разрыв.

После успешного старта в рамках развития ветровой энергетики на государственном уровне было принято решение о стимулировании развития и солнечных технологий. В соответствии с решением были предусмотрены следующие меры поддержки: система компенсации для микроэнергопроизводства, а также государственные аукционы для закупки солнечной энергии, в рамках которых приоритет отдавался солнечной энергии, которая не конкурировала с остальными источниками. Первый такой аукцион прошел в конце 2014 г., государство тогда закупило 890 МВт электроэнергии, произведенной посредством солнечных технологий. На втором аукционе в 2015 г. были закуплены 833 МВт общей мощности солнечных электростанций (далее — СЭС).

Сегодня бразильское правительство не только активно реализует проекты солнечной энергии, но и пытается создать собственную материально-техническую базу, включая производственные мощности, технологические ноу-хау и т.д. В результате Бразилия стала второй после Чили латиноамериканской страной, преодолевшей отметку в 1 ГВт установленных солнечно-энергетических мощностей.

Согласно статистическим данным, опубликованным Бразильской ассоциацией фотовольтаической солнечной энергетики (*Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, ABSOLAR*), в 2017 г. суммарная установленная мощность СЭС в стране достигла 1.099,6 МВт, из которых 935,3 МВт представлены СЭС промышленного масштаба, а 164,3 МВт — индивидуальными солнечными установками в рамках распределенной генерации (до 5 МВт) [9, 10].

В отношении СЭС промышленного масштаба значительное увеличение мощности произошло из-за ввода в эксплуатацию солнечных установок в рамках контрактов, заключенных федеральным правительством на аукционах в 2014 и 2015 г. Эти СЭС расположены в основном в штатах Баия, Пиауи, Минас-Жерайс, Риу-Гранди-ду-Норти и Пернамбуку. Среди них — крупнейшие СЭС Бразилии «Ituverava» и «Nova Olinda». Установленная мощность «Ituverava» составляет 254 МВт, а «Nova Olinda» — 292 МВт [7].

Кроме того, распространению солнечных технологий способствует и тот факт, что пиковое потребление электроэнергии в Бразилии в настоящее время наблюдается в районе 15:00, а не ранним вечером, как раньше. С учетом этого возможна интеграция ГЭС и СЭС, комплементарность которых намного выше и значительно более управляема, чем совмещение ГЭС

с ТЭС, работающих на тяжелом ископаемом топливе, широко используемом в Бразилии, и которым требуется больше времени для включения или выключения. СЭС могут обеспечивать в том числе и пиковые нагрузки, работая в базовом режиме. Солнечная энергетика в Бразилии уже доказывает свою эффективность. На Северо-востоке, в самом ветренном регионе Бразилии, где установлены около 8 ГВт мощностей ветровой энергетике, в начале марта 2018 г. СЭС, расположенная в том же регионе, вырабатывала больше электроэнергии, чем все местные ветровые парки [7].

По состоянию на декабрь 2018 г. суммарная установленная мощность фотоэлектрических солнечных систем в Бразилии составляла уже 2,3 ГВт: 1,3 ГВт в пределах Северо-восточного региона и 0,8 ГВт — в Юго-восточном регионе, причем установленная мощность индивидуальных микроустановок распределенной солнечной генерации (27 тыс. ед.) составила 320 МВт. Прирост индивидуальных солнечных установок составил 270% в 2016 г., 304% в 2017 г. и 358% в 2018 г. [11].

Учитывая тот факт, что цены на электроэнергию в стране растут практически ежемесячно, но при этом существует механизм государственной компенсации в отношении солнечной энергии, использование солнечных установок домохозяйствами и мелкими предприятиями становится все более выгодным. Так, установка солнечной микросистемы на крыше дома/предприятия позволяет в течение дня потреблять получаемую электроэнергию, отправляя избыток в сеть, а вечером компенсировать потребленную электроэнергию, используя уже энергию из сети. Тем самым за счет механизма компенсации решается проблема хранения избытков произведенной электроэнергии при пока еще относительно высокой стоимости самих солнечных электростанций.

На данный момент солнечная установка пиковой мощностью в 2 кВт, состоящая из восьми модулей мощностью в 255 Вт каждый, при уровне солнечной радиации в 5 Вт·ч/м<sup>2</sup> может в среднем вырабатывать в месяц около 260 кВт·ч, что позволит обеспечить электроэнергией среднестатистический дом, в котором проживает семья из четырех человек.

Стоимость системы вместе с ее установкой в Бразилии неуклонно падает: еще пять лет назад цена составляла от 150 тыс. до 200 тыс. реалов (от 40 тыс. до 54 тыс. долл.), сегодня — около 30 тыс. реалов (около 8,1 тыс. долл.). Было подсчитано, что для дома или компании, чей счет за электричество составляет от 500 до 700 реалов (от 135 до 190 долл.) в месяц, солнечная панель стоимостью в 30 тыс. реалов окупится в течение четырех с половиной лет. Учитывая тенденцию роста цены на электроэнергию, срок окупаемости солнечной установки, вероятно, будет еще менее указанного срока.

В соответствии с государственным планом диверсификации источников электроэнергии к 2024 г. доля солнечной энергетике в общем энергетическом балансе страны составит 3%; а в структуре производства электроэнергии — 30% [12]. В рамках нового государственного плана к 2026 г. суммарные установленные мощности должны превысить 9,6 ГВт. При этом данный итоговый показатель не учитывает распределенную солнечную генерацию, объем которой, по прогнозам, достигнет 3,5 ГВт. То есть к 2026 г. установленная мощность всех СЭС различного масштаба в стране суммарно превысит 13 ГВт [11].

Таким образом, к факторам, способствующим развитию солнечной энергетики в Бразилии, относятся: 1) значительный природно-ресурсный потенциал; 2) наличие свободных территорий, необходимых для функционирования СЭС промышленного масштаба; 3) высокая стоимость компенсации за экологический и социальный ущерб в рамках мегапроектов ГЭС; 4) сильная засуха в пределах водосборных бассейнов, на которые приходится больше всего произведенной электроэнергии; 5) необходимость диверсификации источников энергии; 6) обеспокоенность экологическими последствиями использования ископаемых источников энергии; 7) желание индивидуальных потребителей сократить затраты на электроэнергию и обеспечить свой «энергетический суверенитет»; 8) изменение времени пикового потребления электроэнергии; 9) сильная господдержка; 10) привлекательность страны для прямых иностранных инвестиций и т.д.

Впрочем, есть и серьезные препятствия. Бразилия только что вышла из рецессии 2015—2017 г., и, хотя экономика восстанавливается, рост ВВП в 2017 г. по-прежнему составлял всего 1%. Проведенные в 2016 г. солнечные аукционы были отменены в связи с экономическим спадом и снижением прогнозируемого спроса на электроэнергию. Ожидается, что в период 2019—2020 г. в связи с отменой аукционов развитие солнечной энергетики несколько замедлится. В конце 2017 г. и в начале 2018 г. прошли уже два аукциона, что позволяет прогнозировать продолжение полномасштабного развертывания отрасли в 2021—2022 г. [13]. Кроме того, к факторам, замедляющим внедрение солнечных технологий в стране, также относятся: 1) низкий уровень информированности населения о солнечных технологиях; 2) высокие налоги; 3) усложненный доступ к финансированию проектов, особенно для бытовых потребителей и жителей сельских районов; 4) высокая концентрация энергетического рынка; 5) удаленность от основных центров потребления наиболее перспективных мест для размещения СЭС; 6) значительная роль личных контактов и связей и т.д. На пути дальнейшего развития солнечной энергетики в Бразилии есть и другие барьеры. Цены на солнечную электроэнергию все еще не такие низкие, как в других странах Латинской Америки. Например, Мексика значительно опередила Бразилию в рамках установления цены на «солнечный» МВт/ч на аукционе в ноябре 2017 г.: 20,57 долл. по сравнению с 43,88 долл. за МВт/ч на аукционе Бразилии в декабре 2017 г. [7]. Такая ситуация в Мексике связана с недавней реформой в отношении национальной энергосистемы, направленной на облегчение процессов присоединения к энергосети для малых компаний (до этого на рынке доминировала всего одна государственная компания). Это в свою очередь привело к здоровой конкуренции между компаниями за право строительства СЭС в рамках проводимых аукционов, и, как следствие, к снижению заявленной цены на солнечную электроэнергию.

Можно констатировать, что процесс использования солнечной энергетики в Бразилии начался. Обладая значительным природным потенциалом, территорией и испытывая проблему электрификации труднодоступных удаленных территорий, Бразилия имеет все предпосылки для вхождения в мировую десятку лидеров по развитию солнечной энергетики.

**ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ  
В ЧИЛИ И БРАЗИЛИИ, 2017 г.**

	Бразилия	Чили
Среднегодовая суммарная солнечная радиация, кВт·ч/м <sup>2</sup>	до 2.300	до 3.300
Суммарная установленная мощность солнечной энергетики, МВт	1.097	2.183
Доля в структуре производства электроэнергии, %	0,02	5,13
Стоимость солнечного кВт·ч, в центах США	4,4	2,5

**Источник:** Составлено автором по данным Международного энергетического агентства (IEA), Международного агентства по возобновляемой энергетике (IRENA), портала SolarGis, Государственной компании для исследования рынка энергетики Бразилии (EPE), Министерства энергетики Чили.

Следует подчеркнуть, что в Бразилии и Чили солнечная энергетика пока не получила повсеместного распространения, однако в перспективе обе страны обладают существенным потенциалом с учетом рыночного, природного и других факторов. По сути, для Чили солнечная энергетика является неким «условием для выживания» в свете отсутствия собственных энергоресурсов и высокой зависимости от импорта; для Бразилии же это — эффективный способ обеспечения электроэнергией труднодоступных районов и одно из ключевых направлений в рамках политики диверсификации.

ИСТОЧНИКИ И ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Akimova V. Solar energy production: specifics of its territorial structure and modern geographical trends. *Geography, Environment, Sustainability*, 2018, Vol. 11, N 3, pp. 100—110.
2. Proaño M. Is an energy revolution underway in Chile? Available at: <https://energytransition.org/2018/07/is-an-energy-revolution-underway-in-chile/> (accessed 10.02.2019)
3. Statistical Dataset EIA. Available at: <http://www.eia.gov/beta/international/?fips=su> (accessed 05.02.2019).
4. Solar Gis. Available at: [www.solargis.info](http://www.solargis.info) (accessed 10.02.2019).
5. Renewable Power Generation Costs in 2017, IRENA. Available at: <https://irena.org/publications/2018/Jan/Renewable-power-generation-costs-in-2017> (accessed 10.02.2019).
6. REN 21. Available at: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652\\_GSR2018\\_FullReport\\_web\\_-1.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_-1.pdf) (accessed 10.02.2019).
7. Cuff M. Sunshine rollercoaster? Brazil tipped for solar boom. Available at: <https://www.businessgreen.com/bg/analysis/3028740/sunshine-rollercoaster-brazil-tipped-for-solar-boom> (accessed 10.02.2019).
8. IRENA Capacity statistics. Available at: [https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Mar/IRENA\\_RE\\_Capacity\\_Statistics\\_2018.pdf](https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2018.pdf) (accessed 10.02.2019).
9. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Available at: <http://absolar.org.br/noticia/noticias-externas/brasil-ultrapassa-1-gw-em-usinas-solares-em-operacao-diz-associacao-do-setor.html> (accessed 10.02.2019).

#### Сравнительный анализ развития солнечной энергетики в Чили и Бразилии

10. Bellini E. Brazil hits 1 GW solar milestone. Available at: <https://www.pv-magazine.com/2018/01/09/brazil-hits-1-gw-renewables-milestone/> (accessed 10.02.2019).

11. Hill J.S. Brazil To Hit 2 Gigawatts of Installed Solar by End of 2018. Available at: <https://cleantechnica.com/2018/05/15/brazil-to-hit-2-gigawatts-of-installed-solar-by-end-of-2018/> (accessed 13.02.2019).

12. Osava M. From Mega to Micro, a Transition that Will Democratise Energy in Brazil. Available at: <http://www.ipsnews.net/2018/04/mega-micro-transition-will-democratise-energy-brazil/> (accessed 14.02.2019).

13. Bellini E. Interview: Solar is paving its own road in Brazil, regardless of politics and economy. Available at: <https://www.pv-magazine.com/2018/09/06/interview-solar-is-paving-its-own-road-in-brazil-regardless-of-politics-and-economy/> (accessed 10.02.2019).

Varvara V. Akimova (varvaraakimova1576@gmail.com)

PhD in Geography, Research Fellow, Department of Socio-Economic Geography of Foreign Countries, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University (Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia); Research Fellow, Centre for strategies of regional development, Institute of Applied Economic Research, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (Vernadskogo prospect, 84, 119571, Moscow, Russia)

#### **Comparative analysis of the trajectories of solar energy development in Chile and Brazil**

**Abstract.** This article is dedicated to a comparative analysis of the current state and prospects for future development of solar energy, one of the most rapidly growing sectors of the fuel and energy complex in two countries in South America, with significant natural potential for its development. Despite the fact that solar energy has not yet become widespread in Brazil and Chile, in the future, these countries constitute one of the main regions for the development of this industry due to high energy demand and high levels of solar radiation over a large part of the territory. As a result of the analysis, factors contributing to the development of solar energy in Chile and Brazil, and factors hindering the development of the industry were identified.

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

**DOI:** 10.31857/S0044748X0006155-9

Received 18.03.2019.