



Оригинальная статья / Original article
УДК 620.91(510)
<http://dx.doi.org/10.21285/1814-3520-2017-12-174-184>

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В КИТАЕ

© С.П. Попов¹, К.А. Корнеев², Д.В. Максакова³

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,
Российская Федерация, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 130.

РЕЗЮМЕ. ЦЕЛЬ. Характеристика современного состояния и определение тенденций развития ветроэнергетики Китая в увязке с проблемами энергетической безопасности и потенциалом новых и возобновляемых источников энергии как неотъемлемой части региональных (провинциальных) электроэнергетических систем. **МЕТОДЫ.** В основе методологии исследования лежит системный анализ ветроэнергетической стратегии Китая с учетом многосторонности рассматриваемой проблемы и неочевидности использования прерывистых возобновляемых источников энергии для энергоснабжения больших групп потребителей. **РЕЗУЛЬТАТЫ.** Китай является несомненным мировым лидером по суммарному объему и ежегодному вводу ветроэнергетических мощностей, а также обладает развитой промышленной базой, позволяющей полностью удовлетворять потребности отрасли в энергетическом оборудовании. Обоснование проблем развития китайской ветроэнергетики формирует понимание того, каким образом и с использованием каких механизмов происходит расширение роли ВИЭ в общей структуре генерации электроэнергии. Кроме того, анализируются изменения принципов энергетической политики в контексте перехода к «чистым» источникам энергии, что актуально в условиях усиления экологических рисков. **ВЫВОДЫ.** Комплексная оценка направлений развития ветроэнергетики Китая позволяет выделить и охарактеризовать перспективные тренды, в рамках которых будет осуществляться дальнейший прогресс отрасли, в том числе и выход на внешние электроэнергетические рынки.

Ключевые слова: регион Северо-Восточной Азии, ветроэнергетика в Китае, энергетическая политика, тенденции развития ветроэнергетики.

Формат цитирования: Попов С.П., Корнеев К.А., Максакова Д.В. Проблемы развития ветроэнергетики в Китае // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 12. С. 174–184. DOI: 10.21285/1814-3520-2017-12-174-184

PROBLEMS OF WIND ENERGY SECTOR DEVELOPMENT IN CHINA

S.P. Popov, K.A. Korneev, D.V. Maksakova

Melentiev Energy Systems Institute,
130 Lermontov St., Irkutsk 664033, Russian Federation

ABSTRACT. The **PURPOSE** of the paper is to characterize the current state of wind energy sector development in China and determine its trends paying attention to the issues of energy security and the potential of new and renewable energy sources as an integral part of regional (provincial) power grid systems. **METHODS.** The research methodology is based on the system analysis of the wind energy strategy of China with regard to the versatility of the problem under consideration and application non-obviousness of intermittent renewable energy sources for energy supply of large groups of consumers. **RESULTS.** China is an undisputed world leader in total volume and annual commissioning of wind energy capacities. It also has a developed industrial base that fully meets the needs of the industry in energy equipment. Substantiation of the problems in the development of Chinese wind energy sector forms an understanding of how and using what mechanisms the importance of renewable energy sources rises in the overall structure of electrical energy generation. The paper also analyzes the changes of the energy policy principles in the context of the transition to clean

¹Попов Сергей Петрович, кандидат технических наук, директор Международного исследовательского центра «Энергетическая инфраструктура в Азии», e-mail: popovsp@isem.irk.ru
Sergei P. Popov, Candidate of technical sciences, Director of the International Research Centre “Energy Infrastructure in Asia”, e-mail: popovsp@isem.irk.ru

²Корнеев Константин Анатольевич, кандидат исторических наук, научный сотрудник Международного исследовательского центра «Энергетическая инфраструктура в Азии», e-mail: kor_inf@isem.irk.ru
Konstantin A. Korneev, Candidate of History, Researcher at the International Research Centre “Energy Infrastructure in Asia”, e-mail: kor_inf@isem.irk.ru

³Максакова Дарья Владимировна, инженер Международного исследовательского центра «Энергетическая инфраструктура в Азии», e-mail: maksakova@isem.irk.ru
Daria V. Maksakova, Engineer at the International Research Centre “Energy Infrastructure in Asia”, e-mail: maksakova@isem.irk.ru



energy sources that is especially relevant in the face of growing environmental risks. **CONCLUSION.** A comprehensive assessment of development courses of Chinese wind energy sector allows to identify and characterize promising trends of further progress of the industry including its access to foreign electrical energy markets.

Keywords: region of Northeast Asia, wind energy sector in China, energy policy, development trends of the wind energy sector

For citation: Popov S.P., Korneev K.A., Maksakova D.V. Problems of wind energy sector development in China. Proceedings of Irkutsk State Technical University. 2017, vol. 21, no. 12, pp. 175–184. (In Russian) DOI: 10.21285/1814-3520-2017-12-175-184

Введение

В настоящей статье приводится результат оценки современного состояния ветроэнергетики Китая и тенденций ее развития. Исследование китайской ветроэнергетики основывается не только на отчетах и прогнозах профильных международных организаций, таких как Мировое энергетическое агентство и Международное агентство

по возобновляемым источникам энергии, но и на информации из китайских источников, что способствует более полному раскрытию темы. Актуальность исследования обусловливается возрастающей ролью возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в структуре генерации электроэнергии Китая и других стран Северо-Восточной Азии.

Современное состояние ветроэнергетики в Китае

Первая демонстрационная ветроэлектростанция в Китае была построена в мае 1986 г. В 2002 г. суммарная установленная мощность ветроэнергетических установок (ВЭУ) в стране составляла всего лишь 873 МВт. К 2017 г. этот показатель вырос до 149 ГВт [1]. По состоянию на январь 2017 г. продолжалось строительство нескольких ветропарков суммарной установленной мощностью 27,56 ГВт. Несмотря на некоторое снижение темпов строительства по сравнению с 2015 г., Китай обеспечил 38% прироста мощностей ветрогенерации всего мира [2].

Доля ВЭУ в установленной мощности электростанций Китая – более 9%, тогда как в генерации электроэнергии этот показатель составляет чуть менее 4% (рис. 1). Генерация электроэнергии на основе энергии ветра в 2016 г. достигла 241 ТВт·ч и занимает третье место после тепловых электростанций (4289 ТВт·ч) и ГЭС (1181 ТВт·ч), несколько превышая производство электроэнергии АЭС (213 ТВт·ч) [3].

С учетом небольшой разницы статистических данных из национальных и международных источников можно утверждать, что с 2011 г. Китай является абсолютным

мировым лидером по масштабам строительства сухопутных и прибрежных ветроэнергетических установок. Высокие темпы роста мощностей ВЭУ в 2006–2015 гг. указывают на возможности промышленности, которые позволяют вводить по 15–33 ГВт ежегодно. Для сравнения: в Европе уровень развития промышленности не позволяет строить больше 11 ГВт в год, а в США максимум ввода мощностей ВЭУ достигнут в 2012 г. и составил порядка 14 ГВт [2].

Однако высокие темпы строительства ВЭУ не согласованы с развитием ЛЭП и изменением институтов электроэнергетического рынка. Слабая организация надзора и координации между национальным и провинциальными уровнями управления развитием энергосистем зачастую приводит к отсутствию согласования планов строительства ветропарков и развития магистральных сетей. Если строительство ветропарка мощностью 200 МВт обычно требует полтора года, то для строительства ЛЭП, необходимой для его присоединения к энергосистеме, может дополнительно потребоваться срок более одного года [4]. Такие задержки существенно снижают эффективность ветроэнергетики.

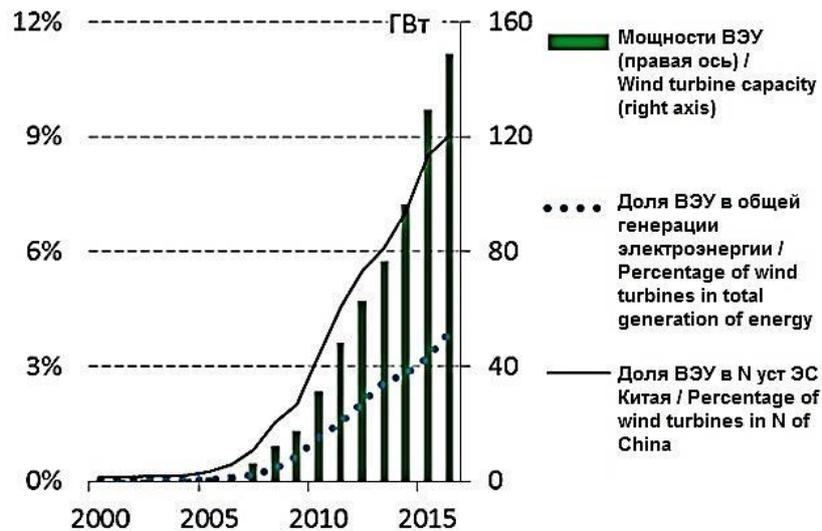


Рис. 1. Изменение доли ВЭУ в установленной мощности и генерации электроэнергии в Китае (2000–2016 гг.)
Fig. 1. Variation of wind turbine percentage in the installed capacity and electrical energy generation in China (2000–2016)

Наиболее значимым фактором влияния на относительно низкий коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) ветропарков остаются потери вследствие ограничений мощности, что наглядно видно на графике изменения среднего КИУМ (рис. 2). Поскольку в энергосистемах Китая доминируют маломаневренные угольные ТЭС, диспетчеры энергосистем в нарушение законодательства и правил предпочитают отключать от сети

ветропарки [5]. Отсутствие интеграции систем управления режимами энергосистем соседних провинций является дополнительным фактором, усугубляющим ситуацию. Масштаб проблем развития ветроэнергетики полностью осознается всеми уровнями власти в стране, однако на их решение с учетом темпов роста отрасли даже в самом оптимистическом варианте потребуется несколько лет.

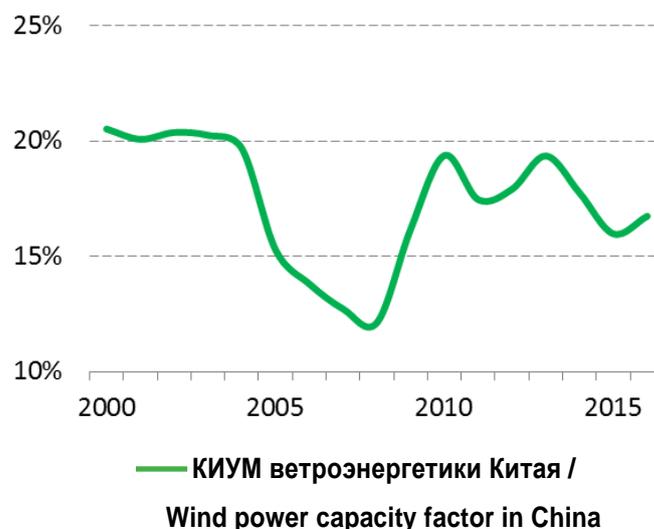


Рис. 2. Изменение КИУМ ветроэнергетики в Китае (2000–2016 гг.)
Fig. 2. Change of wind power capacity factor in China (2000–2016)



В стране сложилась ситуация нехватки мощностей магистральных ЛЭП, связывающих центры генерации в северных и северо-западных районах Китая (наиболее благоприятных для развития ветроэнергетики) с центрами электропотребления в центральных и прибрежных провинциях страны. Отставание строительства таких ЛЭП является дополнительным фактором, усугубляющим проблему ограничений выдачи мощности наиболее эффективных ветропарков, и для некоторых провинциях такие ограничения могут достигать 30–40%.

В наиболее удаленном от экономически развитых прибрежных провинций Синьцзян-Уйгурском автономном районе Китая (СУАР) при росте установленной мощности ВЭУ с 2,6 ГВт в 2012 г. до 17,8 ГВт в 2016 г. (в 6,8 раза) потери вследствие ограничений по выдаче мощности возросли с 5% до 38% (в 7,6 раза). В примыкающей к СУАР с востока провинции Ганьсу аналогичный показатель возрос с 24% до 43% [6]. Значение фактора ограничения выдачи мощности несколько снизилось после начала политики развития магистральных ЛЭП провинциального, и особенно межпровинциального назначения, но темпы не соответствовали развитию генерации на возобновляемых источниках энергии.

Вследствие недостаточного развития магистральных ЛЭП фактор расстояния в настоящее время приводит к смещению развития ветрогенерации в центральные и восточные провинции Китая. Это позволяет использовать сочетание наличия благоприятных площадок в горных районах с их относительной близостью к крупным потребителям в условиях относительно развитых локальных энергосистем. Данный процесс набирает силу на провинциальном уровне, несмотря на менее благоприятные условия и меньшую экономическую эффективность генерации (рис. 3., табл. 1).

По мере реформирования рынка электроэнергии и стимулирования межрегиональных ЛЭП сверхвысокого напряжения, позволяющих передавать из западных районов страны электроэнергию на основе ВИЭ (энергии ветра и солнечного излучения), а также с дальнейшим технологическим развитием генераторов на основе ВИЭ и решения проблем надежности в изолированной системе с большой долей источников стохастической генерации будет происходить переход к этапу массового снижения зависимости электроэнергетики Китая от использования органического топлива.

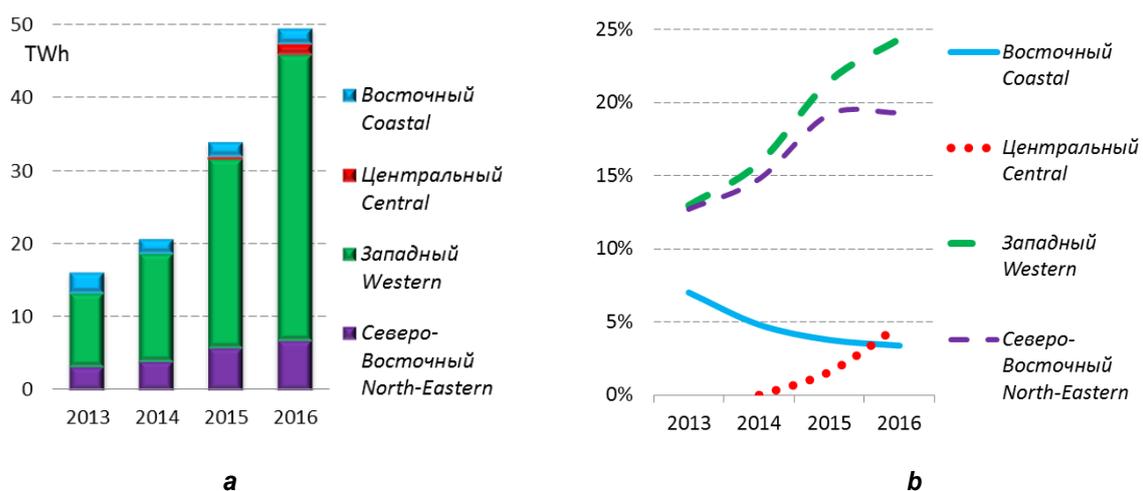


Рис. 3. Изменение потерь вследствие ограничений в выдаче мощности ВЭУ по регионам Китая: а – ограничения, ТВт·ч (2013–2016 гг.); б – доля потерь в возможной генерации ВЭУ (2013–2016 гг.)

Fig. 3. Changes of losses due to wind energy power output curtailment by Chinese regions: а – curtailments, TWh (2013–2016); б – percentage of losses in possible wind generation (2013–2016)



Таблица 1

**Доля ветрогенерации в электропотреблении
и потери выработки ВЭУ по регионам Китая, %**

Table 1

**Percentage of wind power generation in electrical energy consumption and losses
of wind power output by the regions of China**

Регионы / Regions	Доля ветрогенерации в электропотреблении / Percentage of wind power generation in electricity consumption, %	Потери выработки ВЭУ / Wind power output curtailment, %	
		2015	2016
Китай / China	3,4	15,4	17,1
Восточный / Coastal	1,7	3,8	3,4
Центральный / Central	1,8	1,6	4,8
Западный / Western	7,2	21,5	24,4
Северный / North-Eastern	7,0	19,2	19,3

Перенос строительства новых ВЭУ ближе к потребителю между 2013 и 2015 гг. идентифицируется на основе данных, представленных в табл. 2. При общем росте количества утвержденных проектов в 1,58 раза непосредственно на стадии строительства рост составил лишь 16%, в первую очередь, за счет снижения строительства ветропарков в Северном и Западном регионах и роста их строительства в Восточном и Центральном регионах. В 2016 г. указанные тенденции приближения отрасли к потребителям, к центрам генерации прибыли только усилились.

В табл. 3. для провинций, в которых расположено наибольшее количество вет-

ропарков страны, приведены изменения показателя ограничений по выдаче мощности, определенного относительно реальной мощности, поступившей в энергосистему. В Северном регионе показатель снижался, и наименьшие потери зафиксированы в 2014 г., однако уже к 2015 г. он вернулся на свой традиционно высокий уровень. В наиболее удаленных от побережья провинциях Китая (СУАР, НХАР, Ганьсу) потери растут, в то время как на территории более близких, таких как Внутренняя Монголия, Хэбэй (граничит с Пекином и Тяньцзином), Юньнань (экономически быстро развивающаяся провинция, граничащая с Бирмой и Вьетнамом) они снижаются.

Таблица 2

Изменение региональной структуры строительства ВЭУ в Китае (2013–2015 гг.), %

Table 2

Changes in the regional structure of wind turbine construction in China (2013–2015), per cent

Регион Region	2013			2015		
	Утверждено / Approved	Строится / Under construction	Введено / Commissioned	Утверждено / Approved	Строится / Under construction	Введено / Commissioned
Китай / China	137,4	60,2	14,5	216,4	87,1	19,3
Восточный / Coastal	25	23	23	28	26	31
Центральный / Central	11	15	16	22	15	23
Западный / Western	50	51	47	40	49	38
Северный / North-Eastern	15	12	14	10	10	7



Как уже указывалось выше, одной из основных причин при ограничении выдачи мощности является нежелание и/или неспособность региональной системы операторов дать приоритет использованию ВИЭ, который предполагается в рамках Закона о возобновляемых источниках энергии. Эта проблема будет сохраняться до реального реформирования рынка электроэнергии в Китае. В частности, в 2017 г. вводится в действие национальная система торговли эмиссией парниковых газов – «зеленых сертификатов» [7], что может способствовать снижению ограничений выдачи мощности ветропарков с помощью финансовых инструментов.

По состоянию на февраль 2017 г. в Китае имелось 75 проектов морских ветро-

парков общей мощностью 21,2 ГВт, из которых утверждено 55 проектов на 17,84 ГВт, а в стадии строительства находилось 5 ветропарков на 1,17 ГВт. Возрастание институциональных рисков привело к тому, что впервые за всю историю развития ветроэнергетики Китая в 2016 г. было зафиксировано снижение инвестиций в данную отрасль в целом по стране на 25,3 %. Однако в региональном разрезе отмечено существенное отличие. Наибольшее снижение произошло в благоприятных для ветроэнергетики Западном и Северном регионах – соответственно 49,7% и 46,8%. В то же время в Восточном регионе инвестиции возросли на 35,1%, а в Центральном – на 13,1% [8].

Таблица 3

Ограничения в выдаче мощности ВЭУ по ключевым провинциям Китая в 2012–2016 гг, %

Table 3

Curtailments in wind power output by the key provinces of China, 2012–2016, per cent

Провинции / Provinces	2012	2013	2014	2015	2016
Северный / North-Eastern					
Хэйлунцзян / Heilongjiang	17,4	14,6	11,7	21	19
Цзилинь / Jilin	32,2	21,8	15,7	32	30
Ляонин / Liaoning	12,5	5,0	7,0	10	13
Западный / Western					
СУАР / Xinjiang	4,3	5,2	14,8	32	38
Ганьсу / Gansu	24,3	20,7	10,8	39	43
НХАР / NHAR	1,2	0,7	0,5	13	13
АРВМ (восточная ЭС) / Inner Mongolia (East Grid)	34,3	19,5	18,4	18	21
АРВМ (западная ЭС) / Inner Mongolia (West Grid)	26,0	12,2	10,5	н.д./n.a.	н.д./n.a.
Хэбэй / Hebei	12,5	16,6	13,7	10	9
Юньнань / Yunnan	6,0	3,7	4,3	3	4

Примечание / Note. АРВМ – автономный район Внутренняя Монголия (разделяется на западную и восточную энергосистемы), НХАР – Нинся-Хуэйский автономный район, СУАР – Синьцзян-Уйгурский автономный район / ARIM - autonomous region of Inner Mongolia (is divided into western and eastern grids), NHAR - Ningxia Hui Autonomous Region, XUAR - Xinjiang Uygur Autonomous Region

Производство ветроэнергетического оборудования

Развитие ветроэнергетики в Китае первоначально финансировалось преимущественно за счет иностранных кредитов. Поддержка китайского правительства была направлена на развитие производства вет-

ровых турбин и инвестиции в небольшие ветропарки. Последовательная политика поддержки собственного машиностроения привела к его превращению в отрасль мирового уровня: если в 2005 г. из 1,26 ГВт



установленных мощностей 82% турбин были импортными, то к 2009 г. эта доля упала до 14%, а после 2013 г. не превышает 10%. По состоянию на 2016 г. половину из десяти крупнейших мировых производителей ветровых турбин составляют китайские компании – Goldwind (1 место), United Power, Mingyang Envision, CSIC Haizhuang (7–10 места), которые обеспечивают 29% потребностей мирового рынка [9].

Наиболее высокими темпами развитие ветроэнергетической промышленности осуществлялось в 2006–2014 гг. После повышения требований к локализации оборудования в 2006 г. ведущие мировые производители начали создавать в Китае собственные производственные базы. Государственные и частные предприятия стали появляться в 2007 г., и увеличение числа стартапов постепенно привело к созданию высококонкурентного рынка. Уже в сентябре 2009 г. производство ветроэнергетического оборудования было квалифицировано в качестве одной из шести отраслей с наиболее высоким уровнем избытка производственных мощностей. С 2012 г. в стране не осуществляется строительство новых предприятий такого профиля. При этом из 29 национальных компаний лишь три крупнейшие в 2015 г. обеспечили более 40% потребности всего китайского рынка ветровых турбин [10].

Регулирование электроэнергетического рынка

Особенностью электроэнергетики Китая на современном этапе является то, что балансирование спроса и предложения мощности происходит на провинциальном уровне. Хотя торговля мощностями между провинциями в пределах каждой из шести региональных энергосистем осуществляется относительно динамично, перетоки между регионами существенно ограничены. При этом следует указать на один технический аспект, побуждающий операторов системы ограничивать выдачу мощности ветропарков – это опасения по поводу надежности ветрогенераторов, преимущественно внутрикитайского производства.

Производством лопастей для ВЭУ в 2014 г. занималось 62 компании, из которых только 20 демонстрировали высокие производственные показатели, выпуская более 100 наборов. В целях снижения транспортных затрат большинство производств тяготеют к крупным ветроэнергетическим базам, создаваемым в северных и западных регионах страны. В противоположность этому производство редукторов, генераторов, инверторов, систем управления и другого оборудования обеспечивается промышленно развитым провинциям в Восточном и Северном регионах.

Избыток мощностей является главной проблемой, стоящей перед китайскими производителями ветроэнергетического оборудования, что, в свою очередь, является следствием политики местных органов власти, привлекавших инвесторов для производства ветроэнергетического оборудования. Эта отрасль представляет растущий и долгосрочный бизнес, который в 2016 г. оценивался в 20–25 млрд долл. [10]. При этом зависимость компаний от местных органов власти, отсутствие у многих из них устойчивого инновационного потенциала, избыток производственных мощностей ведет к низкой их загрузке и снижению прибыли. Основным направлением развития отрасли должна стать политика властей, направленная на поощрение инноваций.

Уровни оптовых и розничных цен на электроэнергию определяются Национальной комиссией по развитию и реформам. В результате роста цен на уголь и укоренившейся практики относительно нечастого и ограниченного изменения привязанных к цене топлива оптовых цен на генерируемую ТЭС электроэнергию происходил рост финансовых рисков и прямых потерь для генерирующих компаний.

В 2009 г. введены поправки к Закону о ВИЭ, в которых более четко были прописаны правила покупки и приоритетность диспетчеризации ВИЭ, включая штрафы за нарушение данных правил операторами



энергосистем. Для повышения эффективности ветрогенерации Национальная энергетическая администрация Китая (НЭА) в июне 2011 г. опубликовала временные правила по прогнозированию силы ветра, которые требуют внедрения систем прогнозирования для всех подключенных к энергосистеме ветропарков. В 2013 г. для всех категорий потребителей (кроме населения и сельского хозяйства) была удвоена ставка целевого сбора на развития ВИЭ [11].

Одним из основных технологических мероприятий по снижению ограничений в выдаче мощности от ВИЭ, в том числе для ветроэнергетики Китая, является увеличение мощности ГАЭС от 30 ГВт к 2015 г. до 70 ГВт к 2020 г [12]. В 2006 г. началось осуществление программы строительства ЛЭП сверхвысокого напряжения, которые позволяют минимизировать потери при передаче мощности на большие расстояния. В конце 2014 г. в эксплуатации было девять таких ЛЭП, соединяющих северо-запад с юго-востоком страны, еще три находились в стадии строительства [13]. Предполагается, что к 2020 г. общая пропускная способность ЛЭП, связывающих западные и восточные провинции, достигнет 300 ГВт, а к 2030 г. – 400 ГВт [14].

В период 12-й пятилетки (2011–2015 гг.) НЭА приняла ряд мер для повышения качества планирования, в том числе перестала утверждать новые проекты в провинциях с высоким уровнем ограничений на выдачу мощности. В 2011 г. из представленных к получению разрешения на строительство проектов суммарной мощностью 28,8 ГВт в Северном регионе разрешение было получено только для ветропарков на 8,9 ГВт; в 2012 г. – на 1,2 ГВт из представленных 16,8 ГВт. НЭА в 2012 г. объявила об ужесточении условий, понизив предельно допустимое ограничение по мощности до 20% [12]. В 2015 г. правительство официально заявило о приоритетности строительства ВЭУ в Восточном и Центральном регионах [15].

Большинство торговых сделок между продавцами и покупателями электро-

энергии осуществляется на основе долгосрочных контрактов, в которых цены определяются на ежегодной основе и лишь небольшая часть торгуется на спотовом рынке. В марте 2015 г. правительство приняло новый документ об углублении реформ в электроэнергетике, в котором предлагается более широкое использование рыночных механизмов [16]. В частности, речь идет о распространении на всю страну пилотной схемы сетевой компании Шэньчжэнь. В этой схеме применяется существенно реформированный механизм ценообразования на сетевые услуги, что позволяет обеспечивать стабильный денежный поток и развитие сетевых компаний. Предполагается, что внедрение такого механизма ценообразования станет важным этапом на пути перехода бизнес-модели отрасли от объемов продажи электроэнергии к поддержке использования потребителями экологически чистой энергии и распределенных ВИЭ.

Другим примером институтов развития возобновляемой энергетики в Китае является представленный НКРР, Министерством финансов и Национальной энергетической администрацией Китая механизм «зеленых сертификатов», запуск которого заявлен на вторую половину 2017 г. Предлагаемый механизм является добровольной схемой, в которой могут участвовать как покупатели, так и продавцы электроэнергии, покупая и продавая на специальной торговой площадке сертификаты на 1 МВт·ч «зеленой» электроэнергии. При этом производители больше не будут получать государственные субсидии в рамках льготного тарифа. В будущем этот механизм должен заменить существующую систему субсидирования развития ВИЭ [17]. В перспективе важным фактором, способствующим росту доли ВИЭ в Китае вообще, и ветроэнергетики в частности, станет усиление межгосударственных связей с соседними странами, которые могут перерасти в создание регионального энергообъединения стран Восточной Азии.



Результаты исследования

Результатом исследования является характеристика состояния ветроэнергетической отрасли Китая и раскрытие основных проблем ее развития. Китай становится ориентиром в вопросах реализации ветроэнергетического потенциала не только для стран Восточной Азии, но и для всего мира. Анализ проблем, с которыми сталкивается китайская ветроэнергетика, позволяет корректировать направления развития отрасли, в том числе и для России. В настоящий момент выделяются следующие основные тренды развития китайской ветроэнергетики:

1. Замедление темпов ввода новых мощностей, что обусловлено отставанием строительства линий электропередач для выдачи мощности ветропарков к местам потребления.

2. Перенос строительства новых ветроэнергетических мощностей ближе к центрам потребления электроэнергии, как

следствие п. 1 и необходимости снижения затрат на транспортную и системную составляющие оптовых цен.

3. Трансформация диспетчерского управления электроэнергетическими системами как на провинциальном уровне, так и в масштабах страны вследствие роста доли нерегулируемых источников генерации (на основе ветровой и солнечной энергии).

4. Достижение высокого технологического уровня развития собственной промышленности по производству ВЭУ и занятие существенной ниши на международном рынке оборудования.

5. Переход к изучению перспектив создания международных электроэнергетических объединений на основе стремления энергетического бизнеса к повышению эффективности использования ресурсов ВИЭ (в том числе на основе ветровой и солнечной энергии).

Заключение

Рассмотрению проблем развития ветроэнергетики Китая посвящено немало публикаций, подготовленных как отечественными, так и зарубежными исследователями. Настоящая статья отличается тем, что предоставляет комплексную оценку тенденций развития ветроэнергетической отрасли Китая, среди которых на первое

место выходят не только темпы ввода новых мощностей, но и задачи трансформации институциональной структуры электроэнергетического рынка в целом, проблемы формирования энергосистем в условиях возрастающей доли ВИЭ, изменения механизмов ценообразования.

Библиографический список

1. Renewable Energy Statistics / International Renewable Energy Agency Publication. Abu Dhabi, 2017. 334 p.
2. Renewable Capacity Statistics / International Renewable Energy Agency Publication. Abu Dhabi, 2017. 48 p.
3. Предварительный годовой отчет Электроэнергетического совета Китая за 2016 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cec.org.cn/guihuayutongjijitongjixinxi/niandushuju/2017-01-20/164007.html> (26.10.2017).
4. Публикации Государственной электросетевой корпорации Китая за 2013 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sgcc.com.cn/ztl/newzndw/cy/z/04/290847.shtml> (23.10.2017).

5. Laust Riemann. China's expensive wind curtailment- Unleashed value from down regulating power plants. [Электронный ресурс]. URL: <http://boostre.cnrec.org.cn/index.php/2015/09/29/chinas-expensive-wind-curtailment-unleashed-value-from-down-regulating-power-plants/?lang=en> (24.10.2017).
6. Статистика Национальной энергетической администрации Китая. [Электронный ресурс]. URL: http://www.nea.gov.cn/2017-01/26/c_136014615.htm (23.10.2017).
7. Steve Sawyer. Global wind energy insight: strong year ahead. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.renewableenergyworld.com/ugc/articles/2017/02/15/strong-year-ahead-for-global-wind-power.html> (25.10.2017).



8. Электроэнергетический совет Китая: Аналитический прогноз спроса и предложения в электроэнергетике на период 2016–2017 гг. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cec.org.cn/yaowenkuaidi/2017-01-25/164285.html> (23.10.2017)
9. Wind turbine manufacturers' market share in 2016. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.statista.com/statistics/271031/market-share-of-the-largest-wind-turbine-manufacturers-in-the-world/> (24.10.2017).
10. Koch-Weser I., Meick E. China's Wind and Solar Sectors: Trends in Deployment, Manufacturing and Energy Policy / U.S - China economic and security review commission. March 2017, 49 p.
11. Li Junfeng et al. China Wind Energy Outlook / Global Wind Energy Council and others. Beijing, 2012. 75 p.
12. Национальная энергетическая администрация Китая. Принципы планирования развития энергетики в 12-й пятилетке [Электронный ресурс]. URL: http://www.nea.gov.cn/2013-01/28/c_132132808.htm (26.10.2017).
13. Jianxiang Y., Shan G. Analysis: China adds to UHV network to transfer surplus wind energy // WindPower Monthly. 2017. August 28. 3 p.
14. Mao P., Wang C. China: Wind has renewed spring in its step // Wind Power Monthly. – 2014. April 1. 5 p.
15. Данные Национальной энергетической администрации Китая. [Электронный ресурс]. URL: http://zfxgk.nea.gov.cn/auto87/201504/t20150407_1900.htm (25.10.2017).
16. Dupuy M., Weston F. A new framework for China's power sector. [Электронный ресурс]. URL: <http://raponline.org/featured-work/a-new-framework-for-chinas-power-sector> (23.10.2017).
17. Liu Yuanyuan. China to launch green certificates in renewable energy sector. [Электронный ресурс]. URL: www.renewableenergyworld.com/articles/2017/03/china-to-launch-green-certificates-in-renewable-energy-sector.html (26.10.2017).

References

1. Renewable Energy Statistics / International Renewable Energy Agency Publication. Abu Dhabi, 2017, 334 p.
2. Renewable Capacity Statistics / International Renewable Energy Agency Publication. Abu Dhabi, 2017, 48 p.
3. *Predvaritel'nyi godovoi otchet Elektroenergeticheskogo soveta Kitaya za 2016 god* [2016 Preliminary report of China electricity council]. Available at: <http://www.cec.org.cn/guihuayutongji/tongjixinxi/niandushuju/2017-01-20/164007.html> (accessed 26 October 2017).
4. *Publikatsii Gosudarstvennoi elektrosetevoi korporatsii Kitaya za 2013 god* [State Grid Corporation of China publications]. Available at: <http://www.sgcc.com.cn/ztzl/newzndw/cy/z/04/290847.shtml> (accessed 23 October 2017).
5. Laust Riemann. China's expensive wind curtailment- Unleashed value from down regulating power plants. Available at: <http://boostre.cnrec.org.cn/index.php/2015/09/29/chinas-expensive-wind-curtailment-unleashed-value-from-down-regulating-power-plants/?lang=en> (accessed 24 October 2017).
6. *Statistika Natsional'noi energeticheskoi administratsii Kitaya* [China National Energy Administration Statistics]. Available at: http://www.nea.gov.cn/2017-01/26/c_136014615.htm (accessed 23 October 2017).
7. Steve Sawyer. Global wind energy insight: strong year ahead. Available at: <http://www.renewableenergyworld.com/ugc/articles/2017/02/15/strong-year-ahead-for-global-wind-power.html> (accessed 25 October 2017).
8. *Elektroenergeticheskii sovet Kitaya: Analiticheskii prognoz sprosа i predlozheniya v elektroenergetike na period 2016–2017 godov*. [China electricity council: analytical forecast of supply and demand in electric power industry for the period of 2016–2017]. Available at: <http://www.cec.org.cn/yaowenkuaidi/2017-01-25/164285.html> (accessed 23 October 2017).
9. Wind turbine manufacturers' market share in 2016. Available at: <https://www.statista.com/statistics/271031/market-share-of-the-largest-wind-turbine-manufacturers-in-the-world/> (accessed 24 October 2017).
10. Koch-Weser I., Meick E. China's Wind and Solar Sectors: Trends in Deployment, Manufacturing and Energy Policy / U.S - China economic and security review commission. March 2017, 49 p.
11. Li Junfeng et al. China Wind Energy Outlook / Global Wind Energy Council and others. Beijing, 2012, 75 p.
12. *Natsional'naya energeticheskaya administratsiya Kitaya. Printsipy planirovaniya razvitiya energetiki v 12-oi pyatiletke* [China National Energy Administration. The planning principles of energy sector development in the 12th five-year plan]. Available at: http://www.nea.gov.cn/2013-01/28/c_132132808.html (accessed 26 October 2017).
13. Jianxiang Y., Shan G. Analysis: China adds to UHV network to transfer surplus wind energy // WindPower Monthly. 2017, August 28, 3 p.
14. Mao P., Wang C. China: Wind has renewed spring in its step // WindPower Monthly. 2014, April 1, 5 p.
15. *Dannye Natsional'noi energeticheskoi administratsii Kitaya* [China National Energy Administration Data]. Available at: http://zfxgk.nea.gov.cn/auto87/201504/t20150407_1900.htm (accessed 25. October 2017).
16. Dupuy M., Weston F. A new framework for China's power sector. Available at: <http://raponline.org/featured-work/a-new-framework-for-chinas-power-sector> (accessed 23 October 2017).



17. Liu Yuanyuan. China to launch green certificates in renewable energy sector. Available at: www.renewableenergyworld.com/articles/2017/03/china

-to-launch-green-certificates-in-renewable-energy-sector.html (accessed 26 October 2017).

Критерии авторства

Попов С.П., Корнеев К.А., Максакова Д.В. заявляют о равном вкладе в получение научных результатов и в равной мере несут ответственность за плагиат.

Authorship criteria

Popov S.P., Korneev K.A., Maksakova D.V. declare equal participation in obtaining scientific results and bear equal responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

Статья поступила 01.11.2017 г.

The article was received 01 November 2017