

Вовлечение потребителей электроэнергии в процесс низкоуглеродного развития Китайской Народной Республики

Ван Лянчжэ

Аспирант, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9099-5782>, e-mail: wz99999@yandex.com

Государственный университет управления, 109542, Рязанский пр-т, 99, г. Москва, Россия

Аннотация

Целью исследования является разработка нового организационно-экономического механизма развития объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии в системе электроснабжения Китайской Народной Республики. В статье анализируется разница в объемах суммарной установленной мощности ветряных и солнечных электростанций с их выработкой электроэнергии в китайской энергосистеме. Автором консолидированы проблемы развития объектов возобновляемой энергетики, непосредственно влияющие на невысокий уровень эффективности их использования. Основной задачей исследования является изучение организационных и экономических возможностей китайской политики по вовлечению простаивающих избыточных мощностей ветряной и солнечной генерации без дополнительных прямых государственных вложений в энергетический сектор. Актуальность темы исследования подтверждается широким освещением на самых высоких политических уровнях всех стран концепции низкоуглеродного развития. В статье рассматриваются основные тенденции развития ветряной и солнечной энергетики Китая, а также приводятся многочисленные инструменты по нивелированию проблем, связанных с подключением объектов возобновляемой энергетики к общей системе энергоснабжения. Предлагается применение косвенных механизмов государственного регулирования потребительского спроса на чистую электроэнергию с активным вовлечением потребителей в процесс перехода к рациональным моделям потребления и производства в целях поддержки низкоуглеродного развития Китайской Народной Республики.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, энергопереход, углеродная нейтральность, энергетика Китая, низкоуглеродное развитие, управление спросом, потребление электроэнергии, чистая электроэнергия

Цитирование: Ван Лянчжэ. Вовлечение потребителей электроэнергии в процесс низкоуглеродного развития Китайской Народной Республики // Управление. 2022. Т. 10. № 4. С. 14–25. DOI: [10.26425/2309-3633-2022-10-4-14-25](https://doi.org/10.26425/2309-3633-2022-10-4-14-25)



Received: 13.10.2022

Revised: 21.11.2022

Accepted: 08.12.2022

Engaging electricity consumers in low-carbon development process in the People's Republic of China

Wang Liangzhe

Postgraduate Student, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9099-5782>, e-mail: wlz99999@yandex.com

State University of Management, 99, Ryazansky prospekt, Moscow 109542, Russia

Abstract

The aim of the study is to create a new organisational and economic mechanism for the development of facilities operating on renewable energy sources in the power supply system of the People's Republic of China. The article analyses the difference in the total installed capacity of wind and solar power plants with their electricity generation in the Chinese energy system. The author consolidated the problems of development of renewable energy facilities that directly affect the low level of efficiency of their use. The main objective of the study is to examine the organisational and economic possibilities of the Chinese policy to involve idle excess capacities of wind and solar generation without additional direct government investments in the energy sector. The relevance of the research topic is confirmed by the wide coverage at the highest political levels of all countries of the concept of low-carbon development. The article discusses the main trends in the development of wind and solar energy in China, and provides numerous tools for leveling the problems associated with connecting renewable energy facilities to the general energy supply system. The author proposes the use of indirect mechanisms of state regulation of consumer demand for "clean" electricity with the active involvement of consumers in the process of transition to rational consumption and production patterns in order to support the low-carbon development of the People's Republic of China.

Keywords: renewable energy, energy transition, carbon neutrality, Chinese energy, low-carbon development, demand-side management, electricity consumption, clean electricity

For citation: Wang Liangzhe (2022) Engaging electricity consumers in low-carbon development process of the People's Republic of China. *Upravlenie / Management (Russia)*, 10 (4), pp. 14–25. DOI: 10.26425/2309-3633-2022-10-4-14-25



Введение / Introduction

В соответствии с парижскими климатическими целями^{1,2} появилась энергетическая трилемма: производимая и потребляемая энергия должна быть «безопасной», «доступной», а также ориентирована на «более низкий уровень выбросов углерода». Страны, которые взяли курс на углеродную нейтральность, начали активно сооружать электростанции, работающие на возобновляемых источниках энергии и, в первую очередь, энергии ветра и солнца, а также биотоплива, водорода и других. Энергопереход от углеродной энергетики к низкоуглеродной стал возможен в результате действия двух основных драйверов [Панибратов, Белоусова, 2021]:

- развития технологий, позволяющих производить электроэнергию из возобновляемых источников, а также снижать себестоимость возведения и обслуживания электростанций, работающих на возобновляемых источниках энергии (далее — ВИЭ);
- проведения государственных энергетических политик, направленных на обеспечение конкурентоспособности национальных экономик за счет соблюдения климатической повестки, снижения зависимости от импорта углеводородов и получения доступной неисчерпаемой энергии в необходимых объемах.

Мировая выработка электроэнергии на ВИЭ составила 13 % от общего объема генерации за 2021 г., увеличение мировой солнечной и ветровой мощности составило 36 % и 40 % соответственно³. В то же время, согласно данным отчета Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA) «Затраты на производство возобновляемой энергии в 2021 году», коэффициент использования установленной мощности ветряных электростанций в среднем по миру составил 39 %, а солнечных — 17 %⁴.

Китайская Народная Республика (далее — КНР), как и другие государства, взяла на себя обязательства по стремлению к углеродной нейтральности и является ключевым драйвером в наращивании генерирующих мощностей, работающих на ВИЭ. Одновременно Китай столкнулся с противоречием: с одной стороны, ВИЭ являются условно бесплатными и неисчерпаемыми, а с другой стороны, при подключении к сети генерирующих мощностей, работающих на ВИЭ, электроэнергия выходит для коммунальных предприятий дороже, чем электроэнергия, произведенная из традиционных ископаемых видов топлива (таких как нефть, уголь и газ).

Целью исследования является разработка организационно-экономического механизма развития объектов, функционирующих на основе использования ВИЭ в системе электроснабжения КНР.

Задачи настоящего исследования заключаются в следующем:

- сравнение объемов произведенной на объектах ВИЭ электроэнергии с другими объектами электрогенерации в системе электроснабжения КНР, выделение объемов установленной мощности ВИЭ в КНР;
- консолидация проблемы развития объектов ВИЭ в системе электроснабжения КНР;
- изучение организационных и экономических возможностей китайской политики по вовлечению простаивающих избыточных мощностей ветряной и солнечной генерации без дополнительных прямых государственных вложений в энергетический сектор;
- освещение взаимозависимости широкой поддержки низкоуглеродного развития в Китае и обеспечения будущей международной конкурентоспособности для своей продукции;
- предложение механизма вовлечения потребителей электроэнергии в процесс низкоуглеродного развития КНР.

Установленная мощность электрогенерирующего оборудования в КНР / Installed capacity of electric generating equipment in China

Несмотря на превалирующее значение угля в топливном балансе, генерация электроэнергии на основе ВИЭ за последние 10 лет выросла в 10 раз (табл. 1), что подтверждает стремление Коммунистической партии Китая построить эффективную энергетическую систему с расширением чистой, низкоуглеродной и безопасной энергетики.

В таблице 2 представлена детализация источников возобновляемой энергии в генерации электроэнергии в Китае. Основной акцент смещается в сторону развития ветроэнергетики.

¹ *United Nations* (2015). Paris Agreement. Режим доступа: https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf (дата обращения: 17.09.2022).

² *United Nations* (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Режим доступа: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication> (дата обращения: 17.09.2022).

³ *BP* (2021). BP Statistical review of world energy 2022. Режим доступа: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf> (дата обращения: 31.09.2022).

⁴ *IRENA* (2021). Renewable power generation costs in 2021. Режим доступа: https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jul/IRENA_Power_Generation_Costs_2021.pdf (дата обращения: 31.09.2022).

Таблица 1

Генерация электроэнергии по видам топлива в Китае

Table 1. Electricity generation by fuel type in China

Год / year	Вырабатываемая мощность, ТВт·ч / power generated, TW·h							
	нефть / oil	природный газ / natural gas	уголь / coal	АЭС / nuclear energy	ГЭС / hydro electric	ВИЭ / RES	прочие / other	всего / total
2021	12,3	272,7	5 339,1	407,5	1 300,0	1 152,5	50,2	8 534,3
2020	10,3	252,6	4 920,9	366,4	1 321,8	863,2	43,9	7 779,1
2019	10,6	232,5	4 855,2	348,7	1 272,5	742,0	41,9	7 503,4
2018	10,9	215,5	4 763,9	295,0	1 198,9	636,4	45,5	7 166,1
2017	9,8	203,2	4 430,0	248,1	1 165,1	502,0	46,2	6 604,4
2016	10,5	188,3	4 156,4	213,2	1 153,3	369,5	42,2	6 133,2
2015	9,7	166,9	4 046,2	171,4	1 114,5	279,1	26,8	5 814,6
2014	9,6	133,3	4 203,1	133,2	1 059,7	229,5	26,1	5 794,5
2013	10,0	116,4	4 077,4	111,5	909,6	183,8	23,0	5 431,6
2012	10,9	110,3	3 748,2	98,3	862,8	136,8	20,3	4 987,6
2011	12,1	108,8	3 690,9	87,2	688,0	104,3	21,7	4 713,0

АЭС – атомные электростанции; ГЭС – гидроэлектростанции; ВИЭ – возобновляемые источники энергии;

RES – renewable energy sources

Источники⁵ / Sources⁵

Таблица 2

Возобновляемая энергия: генерация по источникам

Table 2. Renewable energy: generation by sources

Год / year	Вырабатываемая мощность, ТВт·ч / power generated, TW·h			
	ветер / wind	солнце / solar	прочие ВИЭ / other RES*	всего / total
2021	655,6	327,0	169,9	1 152,5
2020	466,5	261,1	135,6	863,2
2019	405,3	224	112,7	742,0
2018	365,8	176,9	93,7	636,4
2017	304,6	117,8	79,6	502,0
2016	240,9	66,5	62,1	369,5
2015	185,6	39,5	54,0	279,1
2014	159,8	23,5	46,2	229,5
2013	138,3	8,4	37,1	183,8
2012	103,0	3,6	30,2	136,8
2011	74,1	2,6	27,6	104,3

*Прочие ВИЭ: электроэнергия, произведенная из геотермальной энергии, биомассы и других недетализированных источников возобновляемой энергии / Other renewable energy sources: Electricity generated from geothermal energy, biomass and other undetermined renewable energy sources

Источники⁶ / Sources⁶

Сегодня Китай является лидером по установленной мощности ветроэнергетики, ведущей мировой державой, которая прошла путь от коммерческой разведки «зеленых» технологий Запада до крупномасштабного строительства на своей территории. Одновременно с ветряной энергетикой достаточно быстрыми темпами развиваются и генерирующие объекты солнечной энергетики (табл. 3).

Несмотря на то что установленные генерирующие мощности, работающие на ВИЭ, по своим объемам сопоставимы с установленными мощностями тепловых электростанций (ТЭС) Китая, они не могут обеспечить сопоставимого объема вырабатываемой электроэнергии. Исходя из статистических данных национальной электроэнергетики Китая за первое

⁵ BP (2021). Статистический обзор мировой энергетики – все данные, 1965–2021 гг. Режим доступа: <https://www.bp.com/en/global/>

corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/power-by-fuel.html (дата обращения: 31.09.2022).

⁶ Там же.

Установленная мощность возобновляемых источников энергии в Китае

Table 3. Installed energy capacity of renewable energy sources in China

ВИЭ / RES	Мощность, ГВт / Capacity, GW										
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Солнечная энергия / solar energy	3,1	6,7	17,7	28,4	43,5	77,8	130,8	175,0	204,6	253,4	306,4
Ветровая энергия / wind energy	46,4	61,6	76,7	96,8	131,0	148,5	164,4	184,7	209,6	282,1	329,0

ВИЭ – возобновляемые источники энергии; RES – renewable energy sources

Источники⁷ / Sources⁷

полугодие 2022 г., среднее время использования энергетического оборудования по всей стране составило для ветряных электростанций 1 154 часов, для солнечных – 690 часов, при этом для тепловых электростанций – 2 057 часов, для атомных – 3 673 часов⁸. Таким образом, количество часов использования ветряных энергоустановок в общей энергосистеме в два раза ниже, чем тепловых, и в три раза меньше, чем атомных.

Проблематика развития объектов ВИЭ в системе электроснабжения КНР / Problems in the development of renewable energy facilities in China's power supply system

Из-за чувствительности к погодным условиям (наличию ветра и солнечных лучей) и сезонным воздействиям производительность ветряной и солнечной энергетики неустойчива, что, в свою очередь, приводит к нестабильности напряжения, а это противоречит требованиям потребителей. Указанное обстоятельство диктует высокие стандарты инфраструктуры энергосистемы, а именно расширенное строительство передающих на сверхдальние расстояния сетей и распределительных сетей, способных интегрировать электроэнергию от разных первичных ресурсов. Все это, а также общественное сопротивление проектам по возобновляемым источникам энергии и ужесточение экологических стандартов, приводит к еще большему удорожанию справедливой интеграции в сеть для ветроэнергетики и солнечных электростанций.

Из-за длительности инвестиционных проектов в области энергетики от государственной власти обычно ожидают соответствующей поддерживающей политики: налоговых преференций; финансовых субсидий и стимулов; квот на возобновляемую энергию; обязанности коммунальных предприятий

закупать экологически чистые варианты энергии для клиентов и т.д. [Zhao et al, 2016; Yang, 2016].

До 2018 г. Китай использовал систему закупочных обязательств и тарифов для стимулирования развития возобновляемых источников энергии. На китайском рынке в 2018 г. была введена тендерная система. За ней последовала новая реформа 2019 г., в которой была представлена дорожная карта перехода к системе без субсидий: проекты, утвержденные до 2018 г., по-прежнему пользуются тарифом гарантированного доступа, если они будут подключены до конца 2020 г.; начиная с 1 января 2021 г., все новые проекты должны соответствовать сетевому паритету, то есть иметь цену ниже регулируемой цены на электроэнергию, произведенную из угля [Абрамова, 2020].

Как сообщает Международное агентство новостей «Рейтер», китайское правительство больше не будет выделять субсидии на новые солнечные электростанции, распределенные солнечные проекты коммерческими пользователями или наземные ветровые проекты из бюджета центрального правительства, начиная с 1 августа 2021 г. Электроэнергия, генерируемая на указанных энергообъектах, будет продаваться по местным базовым ценам на угольную электроэнергию или по рыночным ценам. Цены на электроэнергию для проектов офшорной ветроэнергетики и концентрированной солнечной энергетики, которые получают одобрение в 2021 г., будут определяться правительствами провинций, в которых они расположены⁹.

Несмотря на то что за последние годы китайские коммунальные предприятия, в первую очередь инфраструктурные сетевые компании, сделали очень много для того, чтобы передать энергию из ветроэнергетических и солнечных районов в районы с большой нагрузкой, а именно построили высоковольтные линии передачи электроэнергии на большие расстояния, проблема с прерывистым

⁷ Там же.⁸ *Kитай* (2021). Список статистических данных национальной электроэнергетики. Режим доступа: <http://www.ccedia.com/news/5808.html> (дата обращения: 31.09.2022).⁹ *Reuters Staff* (2021). China to end subsidies for new solar, onshore wind projects in 2021. Режим доступа: <https://www.reuters.com/article/china-renewable-subsidies-idAFL2N2NT04M> (дата обращения: 31.09.2022).

и крайне неустойчивым характером как производства электроэнергии из ВИЭ, так и самой электрической нагрузки, а также преобладанием тепловой энергии в качестве основного источника для регулирования пиковых нагрузок в энергосистеме Китая, до сих пор ограничивает использование энергии ветра и солнца.

Количество ветровой или солнечной энергии, сокращаемой ветровой или солнечной электростанцией, равно разнице между теоретической генерирующей мощностью и фактической потребляемой сетью мощностью электростанции. Однако это количество электроэнергии не включает ту часть, которую электростанция не может вырабатывать по техническим или погодным условиям, и включает именно ту часть, которую диспетчерские центры не могут принять в сеть и передать до потребителя.

С января по сентябрь 2021 г. средний национальный коэффициент использования энергии ветра составил 96,9 %, заброшенная энергия ветра составила около 14,78 млрд кВт·ч, средний коэффициент использования фотоэлектрической энергии по стране составил 98,0 %, а количество заброшенной фотоэлектрической энергии составило около 5,02 млрд кВт·ч¹⁰. Но в некоторых регионах диспетчерское ограничение ветра сказывается гораздо больше. Среди китайских авторов распространено понятие «феномен сдерживания ветра», который наиболее ярко проявляется в регионах «трех северо-востоков» (северо-запад, север и северо-восток Китая). Ганьсу, Синьцзян и Внутренняя Монголия — эти три региона по-прежнему являются провинциями с самым высоким уровнем ограничения ветра в стране. Сезон ветров на трех северных территориях Китая длится с октября по апрель, но в это время в регионе пик отопительного сезона, и несоответствие между периодом выработки и потребления электроэнергии приводит к явному сокращению потребления ветряной электроэнергии. По последним данным, уровень сокращений в провинции Хунань достиг ужасающих значений — 35 % [Zhang J. et al., 2022].

Как отмечает информационное агентство Bloomberg, энергетическая сеть Китая не способна на текущий момент принять и доставить до потребителя всю вырабатываемую чистую энергию. Почти 12 % электроэнергии, вырабатываемой ветряными турбинами во Внутренней Монголии в этом году,

было потрачено впустую, потому что сеть не могла ее принять, наряду с 10 % солнечной энергии в Цинхае. В солнечной и продуваемой всеми ветрами, но малонаселенной провинции Ганьсу коэффициент использования энергии ветра и солнца может упасть ниже 90 % в 2022 г. с почти 97 % в 2021 г.¹¹

По мнению Р.А. Епихиной [2019], такой невысокий уровень эффективности использования ВИЭ и наличие простаивающих избыточных мощностей ветряной и солнечной генерации может быть следствием не только технической незрелости сетевой инфраструктуры и невысокого локального спроса на электроэнергию, но также и искусственных ограничений со стороны представителей местной власти. Среди них выделяют следующие:

- чрезмерное политическое рвение в развитии возобновляемой энергетики не было согласовано с развитием генерации, использующей традиционные виды топлива, соответствующей сетевой инфраструктуры и технологий интеллектуальной диспетчеризации;
- несогласованность тепловых балансов: тепловые электростанции, работающие в режиме когенерации, имеют право на приоритетные продажи электроэнергии в сеть в связи с тем, что поставляют тепло потребителям. Тогда энергия ВИЭ в регионах присутствия ТЭС закупается по остаточному принципу и в отопительный сезон остается невостребованной;
- самостоятельное определение местными властями объемов электроэнергии, импортируемых из других провинций. Чтобы не создавать излишней конкуренции местным угольным ТЭС, они предпочитают минимизировать электроэнергию из ВИЭ из других провинций в целях максимизации сборов местных налогов и сохранения рабочих мест для населения собственных провинций. Не исключаются и конфликты интересов представителей местной власти;
- центральная власть КНР обязала государственные электросетевые компании закупать у генерирующих компаний, владеющих объектами ВИЭ, весь объем произведенной чистой электроэнергии, и до 1 августа 2021 г. еще и по специально установленному для них тарифу, но при этом никаких льгот, субсидий или других поощрений сетевой компании для скорейшего технологического присоединения объектов ВИЭ нет.

¹⁰ Национальное управление энергетики (2021). Стенограмма онлайн-пресс-конференции Национального управления энергетики в четвертом квартале 2021 г. 08.11.2021. Режим доступа: http://www.nea.gov.cn/2021-11/08/_1310298464.htm (дата обращения: 31.09.2022).

¹¹ Bloomberg Europe Edition (2022). China's renewable energy fleet is growing too fast for its grid. Режим доступа: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-06-06/china-s-renewable-energy-fleet-is-growing-too-fast-for-its-grid-1425v47z> (дата обращения: 31.09.2022).

Как отмечает Б.Г. Ивановский [2022], нежелание электросетевых компаний подключать объекты ВИЭ также продиктовано неготовностью коммунальных предприятий к диспетчеризации нестабильной энергии. Правительство требует увеличения доли чистой энергии в общем объеме энергопотребления, что, с одной стороны, приводит к нерыночному регулированию спроса. Экономически выгодные на текущий момент традиционные виды топлива необходимо оставлять в стороне, а выбирать более дорогую солнечную или ветряную энергию. С другой стороны, энергосистема всегда должна иметь в резерве готовые традиционные мощности для предотвращения провала напряжения в сети. Получается, что стоимость электроэнергии в общей системе энергоснабжения в процессе интеграции объектов ВИЭ дополнительно увеличивается из-за ввода резервных систем, которые либо простаивают (когда есть ветер и солнце), либо длительно работают с низкими нагрузками, что существенно снижает коэффициент полезного действия этих энергетических объектов.

Стоит отметить, что энергоблоки тепловых электростанций, работающих преимущественно на угле, не являются гибкими, имеют низкую скорость линейного изменения, а также длительное время запуска и остановки, а их частое включение и отключение требует дополнительных затрат на внеплановый ремонт и обслуживание.

Как отмечают специалисты [Chen et al., 2022], использование ветряной (но в целом это же соответствует и солнечной) энергии на текущий момент приводит к более высоким ценам на электроэнергию именно у конечных пользователей вследствие более высоких затрат на исследования, разработки и производство нетрадиционного ветрового турбинного оборудования и солнечных панелей, чем у традиционных тепловых и гидроэнергетических систем. Кроме того, передача энергии от объектов ВИЭ на большие расстояния увеличивает инвестиции в расширение сетей электроснабжения и приводит к более высоким потерям.

Политика льготных тарифов на чистую энергию защищала интересы инвесторов проектов, связанных с ВИЭ, но не конечных потребителей электроэнергии, что в результате снизило готовность последних покупать именно такую энергию. А в соответствии с развитием рыночного механизма, на энергетических рынках Китая именно потребление является предпосылкой для расширения технологического присоединения к сети. Если сохранятся диспетчерские отключения, нормирование мощности установок ВИЭ и повышенная стоимость электроэнергии, генерируемой ими, то впоследствии это приведет

к ограничениям в новых подключениях к энергосистеме и уменьшит предполагаемую выгоду от данных проектов, а также снизит инвестиционную привлекательность развития чистой энергетики.

Возможности государственной политики КНР по вовлечению простаивающих избыточных мощностей ветряной и солнечной генерации / Opportunities for Chinese government policy to tap idle wind and solar overcapacity

Обозначенные выше проблемы в той или иной степени остаются актуальными для Китая, и специалисты все больше рассматривают различные варианты для их нивелирования.

В частности, они предлагают следующие решения.

1. Органам местного самоуправления: составлять планы развития солнечной и ветроэнергетики; формулировать долгосрочные и стабильные цели развития ВИЭ; планировать подключение сети так, чтобы инфраструктура была готова еще до финального строительства энергообъектов [Zhang J. et al., 2022].

2. Национальной энергетической администрации и Министерству экологии и окружающей среды: взять под контроль создание долгосрочного и эффективного специального механизма регулирования потребления чистой энергии для обеспечения полного потребления возобновляемой энергии. В то же время следует активизировать реформу рынка ВИЭ для совершенствования рыночного механизма баланса количества электроэнергии и механизма ценообразования [Yan et al., 2019].

3. Расширять децентрализованное распределение объектов ВИЭ вследствие ускоренного развития оффшорной ветроэнергетики Китая: применение ветряных турбин большей мощности; использование эффекта масштаба из-за большого количества ветряков на выделенной территории; применение передовых технологий судостроения и т.д. Считается, что в результате популяризации 5G и привлечения профессиональной команды строителей и наработанных технологий эффективно снизится совокупная стоимость владения объектами ветряной энергетики Китая, а стоимость электроэнергии, поставляемой данными генерирующими компаниями, снизится до предложений угольных электростанций уже в следующие три года [Zhang J. et al., 2022].

4. Развивать технологии хранения (накопления) энергии. Конечно, электроэнергию, генерируемую объектами ВИЭ, можно накапливать в существующих аккумуляторах: натрий-серных, проточных и литий-ионных. Но они требуют обслуживания, и, главное, нуждаются в утилизации, что порой

наносит еще больший экологический ущерб, чем производство электроэнергии на традиционном топливе. Наиболее перспективным вариантом является разработка технологий проточной батареи ванадия [Тутнова, 2021]. На этапе опытных образцов находятся системы хранения энергии с использованием механических сил, например: в ночное время избыток энергии можно направлять на перекачивание воды на более высокую отметку или подъем камней, а при необходимости — генерировать энергию при их обратном возвращении; сжимать и спускать воздух в резервуарах высокого давления или сжижать, а затем возвращать в исходное состояние¹². Рядом с ветряной или солнечной электростанциями также развиваются технологии производства зеленого водорода с помощью электролиза воды, однако и здесь есть достаточно непроработанных проблем: потребность в больших объемах чистой пресной воды и высокая стоимость получаемого топлива по сравнению с выработкой водорода из натурального газа [Ивановский, 2022].

5. Экономическое и технологическое развитие ВИЭ требует обязательного строительства новой и модернизации текущей системы передачи и распределения электроэнергии, соответствующей гибкой и нестабильной генерации электроэнергии, наличию множества различных накопителей электроэнергии, а также распределенной генерации и потребления электроэнергии. Развитие технологий адаптивной энергосети включает и развитие интеллектуальных и автоматизированных технологий диспетчеризации электроэнергии, а также информационных технологий (большие данные, интернет вещей и т.п.) [Zhang, Guo, 2015].

6. Колледжам и университетам, научно-исследовательским институтам совместно с энергетическими компаниями, ориентированными на ВИЭ: создавать национальную платформу тестирования новейшего энергетического оборудования; осуществлять открытое междисциплинарное сотрудничество; обеспечивать высокий уровень инновационных исследований, включая экспериментальные разработки соответствующего оборудования [Xingjia et al., 2016].

Взаимозависимость низкоуглеродного развития и международной конкурентоспособности производимой продукции / Interdependence of low-carbon development and international competitiveness of manufactured products

В последнее время концепция низкоуглеродного развития освещается на высших политических уровнях и поддерживается всеми странами мира, доказательством этому служат «Парижское соглашение по климату» (2015 г.)¹³, а также «Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 г.» (2015 г.)¹⁴. По данному вопросу нас в большей степени интересует седьмая («Недорогостоящая и чистая энергия») и двенадцатая («Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства») цели в области устойчивого развития. В первую очередь, это, конечно, касается значительного развития и внедрения генерирующих мощностей на основе ВИЭ в системе электроснабжения стран, а во-вторую, развитые страны должны взять на себя обязанности активизировать потребление продукции, в основе производства которой используются исключительно низкоуглеродная чистая энергия и другие технологии, снижающие воздействие на окружающую среду и, соответственно, на климат.

Начиная с 2016 г., Правительство КНР выпустило ряд документов в поддержку концепции низкоуглеродного развития страны:

- «13-й пятилетний план развития энергетики» (2016 г.)¹⁵;
- «Национальный план Китая по реализации Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» (2016 г.)¹⁶;

¹³ *United Nations* (2015). Paris Agreement. Режим доступа: https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf (дата обращения: 17.09.2022).

¹⁴ *United Nations* (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Режим доступа: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication> (дата обращения: 17.09.2022).

¹⁵ *Green Growth Knowledge Platform* (2016). 13-й пятилетний план развития энергетики. Режим доступа: <http://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/policy-database/China%2013th%20Five-year%20Energy%20Development%20Plan.pdf> (дата обращения: 18.09.2022).

¹⁶ Министерство иностранных дел КНР (2016). Китай опубликовал «Национальный план Китая по реализации Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года». Режим доступа: https://www.mfa.gov.cn/web/ziliao_674904/tytj_674911/201610/t20161012_7948490.shtml (дата обращения: 18.09.2022).

¹² *Пазы М., Лейбин В.* (Понедельник 1 нояб. 2021). Наука зеленого хайпа // Эксперт. № 45 (1228). Режим доступа: <https://expert.ru/expert/2021/45/nauka-zelenogo-khaypa/> (дата обращения: 31.09.2022).

- «Стратегия революционных преобразований в области производства и потребления энергии (2016–2030 гг.)» (2016 г.)¹⁷;
- «Трехлетний план действий — одержим победу в борьбе за голубое небо» (2018 г.)¹⁸.

Председатель КНР Си Цзиньпин 24 июня 2022 г. выступил с важной речью в Пекине и еще раз выразил национальную поддержку Повестке дня ООН в области устойчивого развития, подтвердил увеличение инвестиций в глобальное сотрудничество и развитие многосторонних отношений в области экологически чистой энергии, цифровых технологий и модернизации промышленности в целях снижения антропогенного загрязнения¹⁹.

Широкая поддержка низкоуглеродного развития для Китая — возможность обеспечения будущей международной конкурентоспособности для своей продукции на рынках ведущих мировых держав в соответствии с расширением их политики декарбонизации до введения пограничных углеродных налогов [Бобылев и др., 2020].

В Европейском союзе (далее — ЕС) планируется уже с 2023 г. запустить механизм трансграничного углеродного регулирования (англ. Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) для отдельных продуктов. При этом импортеры должны будут сообщать о выбросах, заложенных в их товарах, и таким образом производитель, не входящий в ЕС, понесет дополнительные расходы, равные цене углерода, которая была бы уплачена, если бы товары были произведены в соответствии с правилами ценообразования на выбросы углерода в ЕС²⁰. Согласно статистике ЕС, в 2021 г. Китай был третьим по величине партнером ЕС по экспорту товаров (10,2 %) и крупнейшим партнером ЕС по импорту товаров

(22,4 %), при этом стоит отметить, что объем экспортно-импортных отношений с каждым годом возрастает²¹.

В связи с реальной возможностью потери конкурентоспособности на европейском рынке из-за дополнительных таможенных пошлин в будущем, уже сегодня необходимо начать модернизировать производство экспортных товаров Китая таким образом, чтобы минимизировать выбросы углерода. Одним из возможных способов является использование ветряной или солнечной энергии вместо ископаемого топлива при производстве указанных товаров. Как отмечается в «Руководстве по федеральному инвестиционному налоговому кредиту для коммерческих солнечных фотоэлектрических систем (США)»: «Компании, решившие перейти на устойчивую энергетику, с большей вероятностью завоевывают доверие потребителей благодаря своей приверженности относительно экологичного будущего»²².

Механизм вовлечения потребителей электроэнергии в процесс низкоуглеродного развития КНР / Mechanism for engaging electricity consumers in China's low-carbon development process

Британская компания по анализу рынка YouGov подсчитала, что 60 % покупателей в Германии согласны нести дополнительные расходы, чтобы покупать продукты, которые более безопасны для окружающей среды. Ту же склонность к экологичности показывают в США (58 % респондентов), в Великобритании (57 %) и Австралии (53 %)²³. Это свидетельствует о том, что китайские компании, способные подтвердить, что их товары произведены с использованием электроэнергии с объектов ВИЭ, обладают конкурентным преимуществом на зарубежных рынках. Кроме того, такие предприятия

¹⁷ Центральное народное правительство КНР (2016). Стратегия революционных преобразований в области производства и потребления энергии (2016–2030 гг.). Режим доступа: <http://www.gov.cn/xinwen/2017-04/25/5230568/files/286514af354e41578c57ca38d5c4935b.pdf> (дата обращения: 18.09.2022).

¹⁸ Центральное народное правительство КНР (2018). Трехлетний план действий — одержим победу в борьбе за голубое небо. Режим доступа: http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-07/03/content_5303158.htm (дата обращения: 18.09.2022).

¹⁹ Министерство иностранных дел КНР (2022). Си Цзиньпин: Китай примет прагматичные меры для продолжения поддержки Повестки дня ООН в области устойчивого развития на период до 2030 года. Режим доступа: https://www.mfa.gov.cn/web/zyxw/202206/t20220624_10709710.shtml (дата обращения: 20.09.2022).

²⁰ European Union (2021). Carbon Border Adjustment Mechanism. Режим доступа: https://taxation-customs.ec.europa.eu/green-taxation-0/carbon-border-adjustment-mechanism_en (дата обращения: 31.09.2022).

²¹ Eurostat statistics explained (2022). China-EU — international trade in goods statistics. Режим доступа: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=China-EU_-_international_trade_in_goods_statistics#EU_and_China_in_world_trade_in_goods (дата обращения: 31.09.2022).

²² US Department of Energy (2021). Guide to the federal investment tax credit for commercial solar photovoltaics. Режим доступа: <https://www.energy.gov/sites/default/files/2021/02/f82/Guide%20to%20the%20Federal%20Investment%20Tax%20Credit%20for%20Commercial%20Solar%20PV%20-%202021.pdf> (дата обращения: 31.09.2022).

²³ Пази М., Лейбин В. (Понедельник 1 нояб. 2021). Наука зеленого хайпа // Эксперт. № 45 (1228). Режим доступа: <https://expert.ru/expert/2021/45/nauka-zelenogo-khaipa/> (дата обращения: 31.09.2022).

будут обладать большей инвестиционной привлекательностью, поскольку, благодаря признанию решающей роли зеленой энергетики для устойчивого развития, компании могут подтвердить свою приверженность 17 целям устойчивого развития в Повестке дня ООН [Мишина и др., 2022].

Под руководством Национальной комиссии по развитию и реформам (англ. National Development and Reform Commission, NDRC) и Национального энергетического управления (англ. Nuclear Energy Agency, NEA) на текущий момент в Китае построена система «зеленых» сертификатов для подтверждения использования электроэнергии, генерируемой на объектах ВИЭ, в производстве товаров или услуг китайских предприятий, а также заработал пилотный проект торговли «зеленой» энергией на биржах в Пекине и Гуанчжоу. На них крупные промышленные потребители, заинтересованные в чистой электроэнергии, смогут напрямую покупать ее у соответствующих энергетических компаний, владеющих ветровыми и/или солнечными электростанциями, а биржи будут передавать покупателям электроэнергию, произведенную на основе возобновляемых источников, их «зеленые» сертификаты²⁴.

Автор настоящей статьи предлагает новый организационно-экономический механизм развития объектов ВИЭ в системе энергоснабжения Китая, основанный на активном вовлечении потребителей чистой электроэнергии.

1. Ввиду специфики электроэнергии как товара, энергопотребление существенно влияет на генерацию электроэнергии. Соответственно, для модернизации структуры энергоснабжения необходимо усовершенствовать структуру потребления электроэнергии, поэтому, с точки зрения развития ВИЭ, потребление чистой электроэнергии следует дополнительно популяризовать среди конечных потребителей и в большей степени среди промышленной группы потребителей. Стоит обратить внимание производителей экспортных товаров на возможности применения инструментов «зеленого» маркетинга (англ. green marketing) для продвижения своих товаров на международном рынке на основании подтверждения использования в производстве товаров чистой электроэнергии. Это могут быть и обязательные учебные курсы в рамках университетского образования, и бесплатные курсы

для руководителей промышленных предприятий, а также широкая популяризация инструментов «зеленого» маркетинга в профессиональных журналах и сообществах.

2. На государственном уровне рекомендуется ввести для предприятий, использующих электроэнергию с объектов ВИЭ, либо налоговые льготы при производстве товаров, либо пониженные налоговые ставки или другие преференции при экспорте таких товаров. Таким образом, с одной стороны, будет обеспечен спрос на чистую электроэнергию, а с другой стороны, не снизится экспорт продукции и не будет потеряна конкурентоспособность китайских товаров на внешних рынках, в частности на европейском.

3. В связи с возможным увеличением спроса на электроэнергию, произведенную на объектах ВИЭ, остается проблема с технологическим присоединением таких объектов к сети, так как электросетевые компании никак дополнительно не стимулируются к ускорению таких подключений и, как уже было сказано выше, не успевают модернизировать текущую систему диспетчеризации для интегрирования нестабильной энергии ВИЭ в общую систему электроснабжения. Генерирующие компании, инвестирующие в строительство объектов ВИЭ (далее – Генератор ВИЭ), заинтересованы в скорейшем подключении их объектов к сети. Определенная группа потребителей, особенно нацеленная на экспорт своей продукции, заинтересована в чистой электроэнергии от объектов ВИЭ (далее – Потребитель ВИЭ), а соответственно, она тоже заинтересована в подключении объектов ВИЭ к сети.

Генератор ВИЭ заключает перспективные долгосрочные контракты с Потребителями ВИЭ, подтверждая электросетевой компании ценность своей электроэнергии, вырабатываемой в будущем. По завершении строительства и до начала эксплуатации Генератор ВИЭ должен обратиться в местный орган по надзору за качеством электроэнергетических проектов (который регулируется NEA) для утверждения межсетевого соединения и пройти проверку, далее подать заявку на приемку станции в местную сетевую компанию. В Китае диспетчерская функция отдана двум государственным электросетевым компаниям, таким образом, нет различий между системным оператором и сетевой компанией. Соответственно, сетевая компания при обращении к ней Генератора ВИЭ (с заключенными контрактами с Потребителями ВИЭ) имеет возможность определить необходимые объемы накопителей электроэнергии для обеспечения стабилизации напряжения и выравнивания пиковых нагрузок.

²⁴ Сидорович В. (Четверг 9 сент. 2021). Китай запустил биржевую торговлю зеленой электроэнергией // Информационный ресурс об инновациях и передовых технологиях в энергетике RenEn. 09.09.2021. Режим доступа: <https://renen.ru/kitaj-zapustil-birzhevuyu-torgovlyu-zelyonoj-elektroenergij/> (дата обращения: 31.09.2022).

Сетевая компания и Генератор ВИЭ подписывают соглашение о присоединении к сети и диспетчеризации в отношении присоединенной электростанции к сети передачи или распределения. Сетевая компания и Потребители ВИЭ подписывают соглашение об установке необходимого объема накопителей электроэнергии на стороне и за счет Потребителей ВИЭ. Впоследствии эти Потребители ВИЭ освобождаются от платы за передачу электроэнергии на срок, необходимый для возмещения понесенных ими единовременных затрат на установку накопителей, а все расходы за обслуживание, ремонт и замену накопителей Потребители ВИЭ берут на себя.

4. Следует усовершенствовать механизм торговли зеленой электроэнергией таким образом, чтобы потребители электроэнергии этого вида с установленными у них накопителями электроэнергии могли подавать свободные объемы таких накопителей на биржу и Системному оператору (электросетевой компании). При условии наличия невостребованной в энергосистеме электроэнергии с солнечных или ветряных электростанций данный объем передается в заявленные накопители по сниженному тарифу, который устанавливается на первоначальном этапе Национальной комиссией по развитию и реформам, а затем с помощью рыночного механизма. Эта мера стимулирует развитие технологий накопителей, компенсирует затраты потребителей на их установку и обслуживание и убирает излишки электроэнергии, генерируемые объектами ВИЭ, из системы электроснабжения и дополнительно увеличивает спрос на чистую электроэнергию.

Заключение / Conclusion

Суммарная установленная мощность ветряных и солнечных электростанций в китайской энергосистеме практически сравнялась с мощностью угольных тепловых электростанций, но выработка электроэнергии на объектах возобновляемой энергетики в общем балансе составляет только половину от выработки тепловых электростанций. Невысокий уровень эффективности использования китайских генерирующих объектов на основе ВИЭ связан в первую очередь с наличием простаивающих избыточных

мощностей ветряной и солнечной генерации, так называемого «феномена сдерживания ветра», из-за несбалансированной китайской политики по развитию энергосистемы и искусственных ограничений со стороны представителей местной власти.

Для дальнейшего полномасштабного расширения концепции низкоуглеродного развития страны без дополнительных прямых государственных вложений в энергетический сектор КНР правительству необходимо начать применение косвенных механизмов государственного регулирования потребительского спроса на «чистую» электроэнергию с активным вовлечением потребителей в процесс перехода к рациональным моделям потребления. Автором предложен новый организационно-экономический механизм развития объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии в системе электроснабжения КНР, основанный на активном вовлечении потребителей чистой электроэнергии, в результате:

- продвижения в промышленных кругах потребителей электроэнергии (производителей экспортных товаров) инструментов зеленого маркетинга;
- введения налоговых льгот (пониженных налоговых ставок или других преференций при экспорте) для предприятий-экспортеров, использующих электроэнергию с объектов ВИЭ для производства своих товаров;
- расширения трехсторонних договорных отношений между Генератором ВИЭ — Электросетевой компанией — Потребителем ВИЭ в отношении установки необходимых объемов накопителей электроэнергии для обеспечения стабилизации напряжения и выравнивания пиковых нагрузок;
- усовершенствования механизма торговли «зеленой» электроэнергией для стимулирования развития технологий накопителей и компенсации затрат потребителей на их установку и обслуживание.

Предложенный механизм должен способствовать увеличению спроса на чистую электроэнергию, сокращению простаивающих избыточных мощностей ветряной и солнечной генерации, активному расширению объемов подключения новых генерирующих мощностей возобновляемых источников энергии.

Список литературы

Абрамова А. Ю. (2020). Государственные меры поддержки возобновляемой энергетики в Китае // Окружающая среда и энерговедение. № 4. С. 6–14. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4428263>

References

Abramova A. Yu. (2020), "Policy Measures for Renewable Energy in China", *Journal of Environmental Earth and Energy Study (JEEES)*, no. 4, pp. 6–14, <http://doi.org/10.5281/zenodo.4428263>

- Бобылев С.Н., Барабошкина А.В., Джу Сюан (2020). Приоритеты низкоуглеродного развития для Китая // Государственное управление. Электронный вестник. № 82. С. 114–139. <http://doi.org/10.24411/2070-1381-2020-10095>
- Епихина Р.А. (2019). Ветроэнергетика в Китае: проблемы развития и роль рынка в их решении // Вестник Института экономики Российской академии наук. № 5. С. 163–177. <http://doi.org/10.24411/2073-6487-2019-10065>
- Ивановский Б.Г. (2022). Проблемы и перспективы перехода к «зеленой» энергетике: опыт разных стран мира (обзор) // Экономические и социальные проблемы России. № 1 (49). С. 58–78. <https://doi.org/10.31249/espr/2022.01.04>
- Мишина Н.А., Котова Л.Г., Смирнова Д.К., Носкова А.С. (2022). «Зеленая» энергетика в системе мировой экономики: опыт разных стран, современное состояние и перспективы // Известия вузов. Поволжский регион. Общественные науки. № 2 (62). С. 167–179. <https://doi.org/10.21685/2072-3016-2022-2-16>
- Панибратов Ю.П., Белоусова А.Д. (2021). Экономическая и экологическая целесообразность использования возобновляемых источников энергии // Экономика строительства. № 6 (72). С. 4–21.
- Тутнова Т.А. (2021). Возобновляемые источники энергии и ядерная энергетика в безуглеродной стратегии Китая // Общество: философия, история, культура. № 12 (92). С. 140–147. <https://doi.org/10.24158/fik.2021.12.22>
- Chen H., Chen J., Han G., Cui Q. (2022). Winding down the wind power curtailment in China: What made the difference? // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. V. 167. Art. Num. 112725. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112725>
- Xingjia Y., Yingming L., Xiaowen S. (2016). Progress and trends of wind power technology in China // *Sol. Energy*. No. 10. Pp. 19–30.
- Yan Y., Li S., Lien W., Pan D. (2019). The experience of integrated energy services in Denmark and its inspiration for China // *China Electr. Enterp. Manag.* No. 34. Pp. 54–59.
- Yang Y. (2016). Subsidy demand and tax effect of wind and solar tariff policies in China // *Finance Trade Res.* No. 27. Pp. 106–116.
- Zhang J., Lu J., Pan J., Tan Y., Cheng X., Li Y. (2022). Implications of the development and evolution of global wind power industry for China – an empirical analysis is based on public policy // *Energy Reports*. V. 8, S. 4. Pp. 205–219. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.01.115>
- Zhang Q.Y., Guo J.K. (2015). The experience and countermeasures of wind power development in the world's strongest wind energy countries // *China Foreign Energy*. No. 20. Pp. 25–34.
- Zhao W., Zhong K., Wang H., Tan Z., Ye D. (2016). A study on government incentives affecting wind power generation decisions // *Power Grid. Clean Energy*. No. 32. Pp. 118–124.
- Bobylev S.N., Baraboshkina A.V., Zhu Xuan (2020), “Priorities of low-carbon development for China”, *E-Journal Public Administration*, no. 82, pp. 114–139, <http://doi.org/10.24411/2070-1381-2020-10095>
- Chen H., Chen J., Han G., and Cui Q. (2022), “Winding down the wind power curtailment in China: What made the difference?”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 167, article number 112725, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112725>
- Epikhina R.A. (2019), “Wind energy in China: problems of development and the role of the market in solving them”, *Vestnik Instituta Ekonomiki Rossiiskoi Akademii Nauk*, no. 5, pp. 163–177, <http://doi.org/10.24411/2073-6487-2019-10065>
- Ivanovskiy B.G. (2022), “Problems and prospects of transition to green energy: experience of different countries of the world (review)”, *Ekonomicheskie i social'nye problemy Rossii*, no. 1 (49), pp. 58–78, <https://doi.org/10.31249/espr/2022.01.04>
- Mishina N.A., Kotova L.G., Smirnova D.K., and Noskova A.S. (2022), ““Green” energy in the system of the world economy: the experience of different countries, the current state and prospects”, *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Obshchestvennye nauki = University proceedings. Volga region. Social sciences*, no. 2 (62), pp. 167–179, <https://doi.org/10.21685/2072-3016-2022-2-16>
- Panibratov Yu.P., Belousova A.D. (2021), “Economic and ecological prospects for development of renewable energy sources”, *Ekonomika stroitel'stva = Economics of construction*, no. 6 (72), pp. 4–21.
- Tutnova T.A. (2021), “Renewables and nuclear power in China's carbon-free strategy”, *Society: philosophy, history, culture*, no. 12 (92), pp. 140–147, <https://doi.org/10.24158/fik.2021.12.22>
- Xingjia Y., Yingming L., and Xiaowen S. (2016), “Progress and trends of wind power technology in China”, *Sol. Energy*, no. 10, pp. 19–30.
- Yan Y., Li S., Lien W., and Pan D. (2019), “The experience of integrated energy services in Denmark and its inspiration for China”, *China Electr. Enterp. Manag.*, no. 34, pp. 54–59.
- Yang Y. (2016), “Subsidy demand and tax effect of wind and solar tariff policies in China”, *Finance Trade Res.*, no. 27, pp. 106–116.
- Zhang J., Lu J., Pan J., Tan Y., Cheng X., and Li Y. (2022), “Implications of the development and evolution of global wind power industry for China – an empirical analysis is based on public policy”, *Energy Reports*, vol. 8, supplement 4, pp. 205–219, <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.01.115>
- Zhang Q.Y., Guo J.K. (2015), “The experience and countermeasures of wind power development in the world's strongest wind energy countries”, *China Foreign Energy*, no. 20, pp. 25–34.
- Zhao W., Zhong K., Wang H., Tan Z., and Ye D. (2016), “A study on government incentives affecting wind power generation decisions”, *Power Grid. Clean Energy*, no. 32, pp. 118–124.