

Опыт поддержки развития технологий накопления энергии в зарубежных странах

Леонид В. Калимуллин ¹	KalimullinLV@rushydro.ru
Денис К. Левченко ¹	LevchenkoDK@rushydro.ru
Юлия Б. Смирнова ¹	SmirnovaIUB@rushydro.ru
Екатерина С. Тузикова ¹	TuzikovaES@rushydro.ru

¹ ПАО «РусГидро», ул. Малая Дмитровка, 7, г. Москва, 127006, Россия

Аннотация. Цель исследования – анализ механизмов поддержки развитыми странами систем аккумулирования и хранения энергии. Проведен анализ основных мировых глобальных и региональных вызовов/проблем и их влияния на перспективы развития систем аккумулирования и хранения энергии в России. Рассмотрены различные механизмы и инструменты государственной и частной поддержки технологии аккумулирования и хранения энергии в странах-лидерах по развитию данной энергетической отрасли (страны Европейского Союза, США, Китай). Сформулированы ключевые рекомендации для обеспечения возможности создания рынка систем накопления энергии в России. Научная новизна заключается в разработке теоретических и методологических положений системы стимулирования развития технологий аккумулирования и хранения энергии, базирующихся на опыте стран с высоким уровнем технологического развития в энергетической сфере, способной обеспечивать постановку и достижение стратегических технологических фронтов развития государства. Рекомендации могут быть использованы в практике разработки стратегических и программных документов энергетической отрасли, включая отраслевые программы развития и корпоративные документы энергетических компаний; в обосновании проектов по реализации инициатив по созданию и развитию систем накопления энергии; в процессе разработки образовательных программ в сфере энергетики и проектов сотрудничества вузов с предприятиями реального сектора экономики.

Ключевые слова: накопление энергии; аккумуляторы, технологии; системы поддержки; энергетика; возобновляемые источники энергии

Foreign experience of supporting development of technologies of storage of energy

Leonid V. Kalimullin ¹	KalimullinLV@rushydro.ru
Denis K. Levchenko ¹	LevchenkoDK@rushydro.ru
Yulia B. Smirnova ¹	SmirnovaIUB@rushydro.ru
Ekaterina S. Tuzikova ¹	TuzikovaES@rushydro.ru

¹ RusHydro, Malaya Dmitrovka Street, 7, Moscow, 127006, Russia

Abstract. The purpose of the research is to analyze the needs for supporting developed systems of energy storage and storage systems. The analysis of the main global global challenges and challenges associated with the prospects for the development of energy storage and storage systems in Russia. Energy storage and storage technologies in the leading countries for the development of this energy industry (European Union countries, USA, China). Recommendations are formulated to ensure the possibility of creating energy storage systems in Russia. Scientific novelty lies in the development of theoretical and methodological provisions of a system for stimulating the development of energy storage and storage technologies, based on experiments with a high level of technological development in the energy sector, capable of setting and achieving strategic technological fronts of state development. Energy industries, including industry development programs and corporate documents of energy companies; in support of projects for the implementation of initiatives for the development and development of energy storage systems; in the process of developing educational programs in the field of energy and cooperation projects.

Keywords: energy storage, batteries, technologies, support systems, energy, renewable energy sources

Введение

Сложность понимания рынка хранения энергии представляет собой серьезное препятствие для инвесторов и производителей технологий. Среди влияющих факторов – структура оптового энергетического рынка, характер кривых

локального спроса для различных потребителей, региональная архитектура генерации и сетевой инфраструктуры и, прежде всего, ценовая политика, регулирующая интеграцию систем накопления энергии (СНЭ), которая может быть возмездной или иметь право на получение

Для цитирования

Калимуллин Л.В., Левченко Д.К., Смирнова Ю.Б., Тузикова Е.С. Опыт поддержки развития технологий накопления энергии в зарубежных странах // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 2. С. 341–351. doi:10.20914/2310-1202-2019-2-341-351

For citation

Kalimullin L.V., Levchenko D.K., Smirnova Yu.B., Tuzikova E.S. Foreign experience of supporting development of technologies of storage of energy. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 2. pp. 341–351. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-2-341-351

компенсации. Учитывая тот факт, что СНЭ совмещают в себе свойства как генератора, так и потребителя, порядок и механизм стимулирования является более сложным, чем механизмы поддержки ветра или солнца. Учитывая дополнительные эффекты от применений СНЭ, такие, как: снижение пиковой нагрузки, управление спросом и предложением, регулирование частоты, более эффективная интеграция возобновляемых источников энергии (ВИЭ, Smart Grid), управление энергией с помощью виртуальных электростанций, перенос нагрузки, регулировка частоты плюс потенциальная выгода от многочисленных синергетических денежных потоков, доходов всей цепочки производства-потребления, общая картина развития СНЭ на глобальном уровне приобретает совершенно другой вид.

Проблематика развития систем накопления энергии широко представлена в материалах международных аналитических агентств: IRENA [1–2], ESA [3], IEA [4–5], GTM Research [6], Bloomberg New Energy Finance [7–9], Lazard [10]. В России в рамках реализации дорожной карты «Энерджинет» ведется активная работа Центром стратегических разработок по аккумулированию знаний, прогнозам развития технологий накопления энергии (Концепция развития рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации, «Рынок систем накопления электроэнергии в России: потенциал развития») [11–13].

Несмотря на формирование в странах и регионах минимально необходимой нормативной базы, обеспечивающей поддержку и развитие СНЭ, существует ряд сложностей, без преодоления которых масштабное развитие СНЭ затруднено. Обобщенно, с учетом рассматриваемых стран и регионов, можно выделить следующие «болевые точки».

1) Фрагментированная структура регулирования, то есть отсутствие единообразного подхода к регулированию, нормативные и политические особенности приводят к неравномерностям возможностей и развития СНЭ даже в рамках одной страны или макрорегиона.

2) Хранение размывает традиционные линии между генерацией, передачей и потреблением – традиционно классификация субъекта электрического рынка используется для определения как оплачиваются / компенсируются оказанные услуги. При использовании СНЭ происходит размывание производителей и потребителей, что усложняет процесс взаимодействия между различными службами и регулирующими органами.

3) Несовершенная структура рынков услуг по регионам и территориям, в частности, инертное потребление, услуги государственного регулирования, аварийный старт и реактивная мощность отсутствуют в ряде регионов и компенсируются через другие механизмы, предназначенные для централизованной энергосистемы.

4) Отсутствие преимуществ для хранилища, расположенного на стороне клиента, – умные сети и распределенная генерация направлены на повышение эффективности в энергосистеме. При этом большинство конечных пользователей не осведомлены и не настроены на переход к динамическому ценообразованию и модернизации энергосистемы за счет встраивания современных технологических решений.

5) Низкий уровень интеграции СНЭ в энергосистему, сопровождающийся при этом несинхронизацией в достаточной мере планов строительства СНЭ с планами сетевых операторов, в том числе оставление без учета перспективных балансов мощности.

Кроме этого, в числе сложностей есть проблема выделения потока электроэнергии по структуре владения и установлению соответствующих тарифов и субсидий, а также порядок получения лицензий / разрешений на продажу электрической энергии (по аналогии с генератором). Кроме того, в части планов регионов и стран по переходу на ВИЭ и снижению выбросов углекислого газа зачастую отсутствуют целевые ориентиры по использованию СНЭ.

Результаты и обсуждение

Рассмотрение механизмов поддержки СНЭ, исходя из мирового опыта развития и совершенствования технологий хранения энергии, можно представить в виде иерархии, которая основана на целях и масштабах государства по развитию направления и отображает технологическую зрелость технологий (рисунок 1).

Когда государство только прорабатывает возможные сценарии создания и развития области СНЭ и ее внедрение и встраивание в существующую инфраструктуру, система поддержки может быть определена в формате государственного, частного фондированного финансирования НИОКР (R&D) разработок и создания пилотных опытных образцов.

В качестве одной из мер поддержки инновационных технологий государства реализуют различные программы стимулирования развития новых технологий в энергетике, отвечающих современным приоритетам как в обеспечении собственных потребностей в энергоресурсах,

так и в осуществлении поставок на мировые энергетические рынки. При этом многие государства стремятся повышать долю стабильного и надежного обеспечения своих потребностей в безопасной и чистой энергии, вкладывая в соответствующие разработки большие ресурсы (рисунок 2).

Для коммерческих игроков и стартапов в сфере технологии хранения энергии достаточно тяжело оставаться в курсе фундаментальных исследований, проводимых во всем мире. Для новичков в хранении энергии – задача еще более масштабная. Основное внимание

уделяется научно-исследовательской деятельности, которая направлена на совершенствование практических технологий хранения энергии в отличие от теоретических. С учетом доминирования на рынке СНЭ литий-ионных технологий в области R&D в настоящее время научные и финансовые ресурсы сосредоточены именно в этих технологиях. В части технологий гидроаккумулирования энергии (ГАЭС), воздушных и проточных накопителей, маховиков и других более зрелых технологий, бесспорно, введутся значительные НИОКР, но масштаб действия значительно меньший.

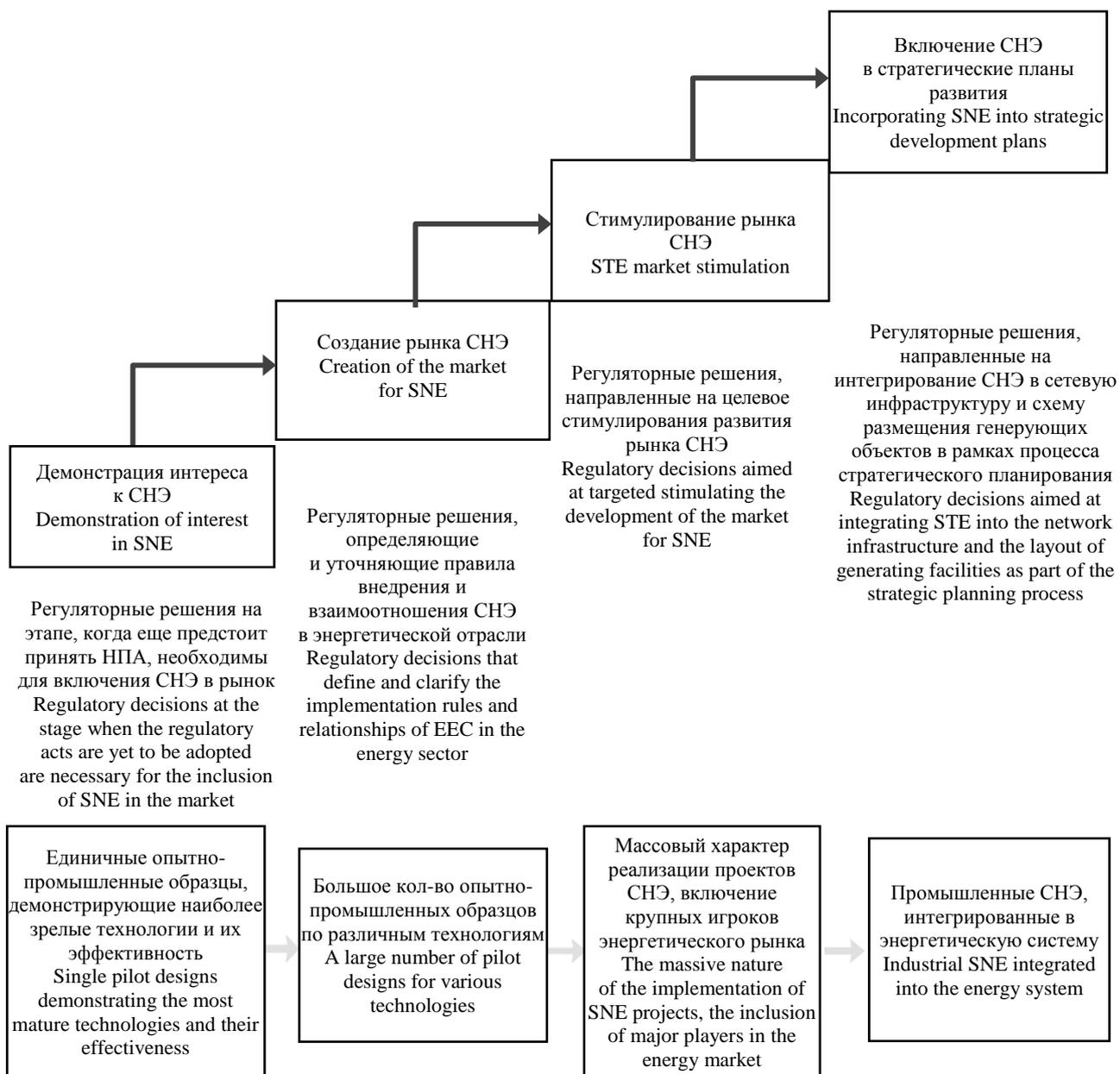


Рисунок 1. Механизмы поддержки систем накопления энергии

Figure 1. Energy storage systems' supporting mechanisms

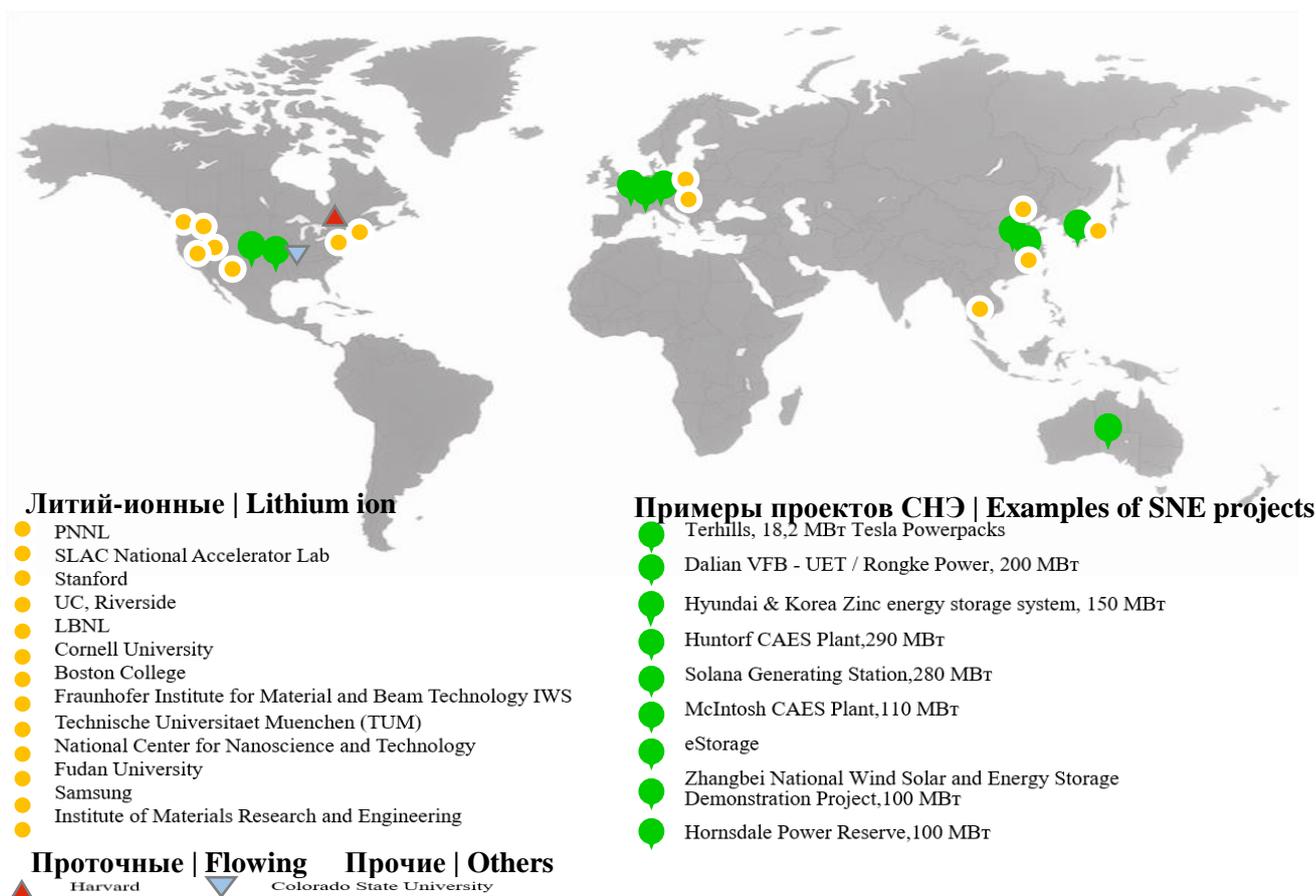


Рисунок 2. R&D центры по хранению энергии в мире
Figure 2. R&D energy storage centers in the world

Европейский Союз (ЕС) является одним из мировых технологических лидеров. В целях поддержки и поощрения исследований Европейская комиссия последовательно реализует программы научно-технологического развития «Framework Programmes» (рамочные программы), которые финансируются за счет государственных и частных источников. С 1984 г. насчитывается восемь программ – FP1-FP8 (рисунок 3). В седьмую

рамочную программу исследований и разработок (FP7), завершившуюся в 2013 г., вошли 377 исследовательских проектов в области энергетики по развитию ВИЭ, СНЭ и сетей. Один из таких проектов – eStorage (2012–2017 гг.) – направлен на повышение рентабельности решений для интеграции СНЭ в масштабе сетевой инфраструктуры Европейского Союза.

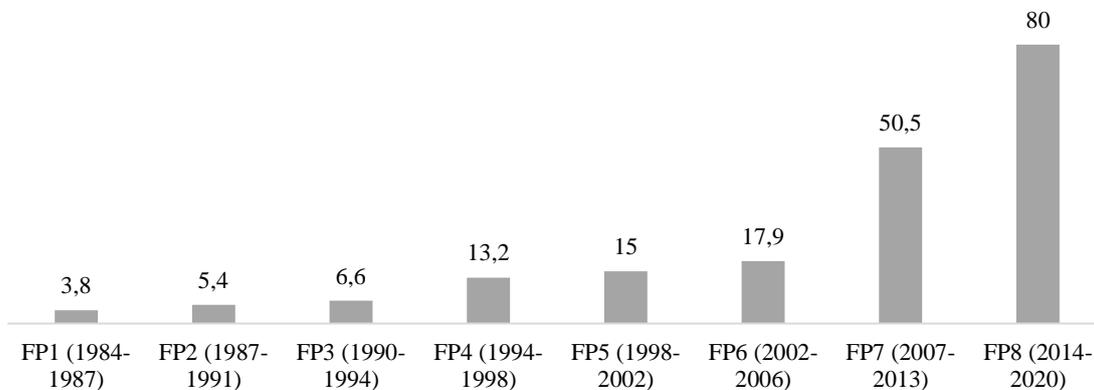


Рисунок 3. Объем финансирования программы научно-технологического развития ЕС, млрд евро
Figure 3. Funding of the EU program of scientific and technological development, billion euros

Основными механизмами инновационной поддержки, реализуемыми посредством рамочной программы, являются:

- предоставление льготного кредитования и налоговых льгот;
- частные вложения в инновации;
- программа развития венчурного инвестирования в технологии (инвестиционное агентство TBG);
- высокоэффективная система защиты прав на интеллектуальную собственность (реализуемая через законодательство, судебную систему, надзорные механизмы);
- патентная библиотека (открытая информация);
- протекционистская политика (при проведении разработок, ведущихся на государственные средства подрядчики должны использовать отечественное оборудование).

В 2011 г. по инициативе Европейской Комиссии была образована Европейская Ассоциация по хранению энергии (EASE), деятельность которой направлена на уточнение и применение СНЭ в рамках энергетической политики ЕС. В 2013 г. EASE для целей декарбонизации Европы выпустила дорожную карту технологии СНЭ, устанавливающую все потенциальные площадки для применения СНЭ в секторах генерации, продажи и транспортировки электроэнергии исходя из состояния технологии СНЭ, возможных путей развития, стоимостных и технических показателей.

Государственное финансирование исследовательских проектов, связанных с СНЭ, обеспечивается программой Intelligent Energy Europe Program (IEE) и Объединенным исследовательским центром (JRC). В рамках первой подобной программы (2003 г.) с бюджетом в 730 млн евро на три проекта по интеграции ВИЭ и СНЭ выделено 3,2 млн евро. Финансирование на уровне ЕС осуществляется в основном посредством финансирования НИОКР (R&D), в то время как финансирование на уровне стран идет либо на исследования, либо на демонстрационные проекты.

Европа является ключевой площадкой для развития технологии хранения энергии по нескольким причинам. Во-первых, в Европе самая совершенная экологическая и углеводородная политика, направленная на переход от углеводородной генерации на ВИЭ. Во-вторых, Европа имеет передовую промышленную базу по технологиям хранения энергии и инновациям, крупные R&D центры и промышленные

производства, а также значительный опыт внедрения технологий СНЭ. В-третьих, правительства европейских стран признают ценность хранения и на уровне ЕС в целом, и на уровне стран, в связи с чем предпринимают шаги по созданию стимулов и рыночной структуры, необходимых для содействия накоплению энергии. Однако возможности для хранения существенно различаются в зависимости от страны. Каждая страна обладает различными ресурсами, например, Франция обладает большой атомной генерацией, в Англии почти отсутствует солнечная генерация, в Норвегии – большое количество ГЭС и ГАЭС. По странам отличаются структура рынков электроэнергии, ценообразование и уровень цен, сетевая инфраструктура. Ряд стран хорошо интегрированы, а другие имеют узкие места в передаче энергии.

Ключевые функции СНЭ в Европе:

- регулирование баланса мощности (генерация и потребление), частоты энергосистемы, оперативное резервирование мощности, снижение величины перетоков по транзитным ЛЭП и потерь в сетях;
- использование запасенной энергии в аварийных и послеаварийных режимах энергосистемы;
- улучшение коэффициента использования установленной мощности (КИУМ), режимов работы и безопасности АЭС;
- продление ресурса оборудования за счет снижения количества пусков и остановов генерирующего оборудования ТЭС, улучшение удельных показателей расхода топлива;
- увеличение КИУМ ГЭС за счет исключения недовыработки электроэнергии в период холостых сбросов;
- переход к онлайн платформе по планированию спроса и потребления энергии за счет балансирования потоков и интеграции СНЭ.

С точки зрения накопителей, в ЕС действует более 9,3 ГВт ГАЭС [14], при этом страны различаются по структуре и объему платы за передачу и распределение, интеграцию ВИЭ и СНЭ.

Если рассматривать политику отдельных стран, в Германии существуют более 200 программ государственной поддержки предпринимателей, осуществляемой через государственные банки и организации-операторы государственных программ, такие как High-Tech Gründerfonds, организованные как государственно-частное партнерство, имеющие портфель порядка 500 компаний.

Правительство Германии активно участвует в исследованиях и разработке технологий СНЭ [15]. В 2012 г. соответствующая среднесрочная программа получила финансирование в объеме 200 млн евро при участии Министерства образования и исследований (BMBWF), Министерства окружающей среды, охраны природы и ядерной безопасности (BMU) и Министерства экономики и технологии (BMWt). Несколько главных немецких научно-исследовательских институтов также участвуют в разработках технологии хранения энергии. Что касается специализации, то Германия фокусирует усилия R&D на батареях NaS и проточных батареях. Демонстрационные проекты в Германии, как правило, финансируются за счет частных или государственных фондов.

Дополнительно к поддержке пилотных проектов и R&D Германия проводит политику субсидирования СНЭ, интегрированных в проекты солнечных генераторов. Размер гранта составляет до 600 долл. на 1 кВт или до 30 % от цены аккумулятора. В свою очередь, Великобританией с 2016 г. обеспечена возможность полноценного включения СНЭ в национальные рынки мощности и их участия в аукционах [16], тем самым сформирован для СНЭ источник окупаемости.

США остаются мировым центром инноваций в области энергетических технологий и энергоресурсов. За последние годы Калифорнийские венчурные инвесторы обеспечили основную часть инвестиций в разработку ветровых, солнечных, аккумуляторных и других технологий. Рост инновационных разработок активно стимулируется энергетическими грантами и гарантиями по кредитам. Подобным примером является учрежденная Конгрессом в 2007 г. программа DARPA-E. Многие технологии ВИЭ получили первое (субсидированное) коммерческое развертывание именно в США. В некоторых случаях коммунальные службы США такие, как и American Electric Power (AEP), AES и ConEd имеют более чем десятилетний опыт разработок и внедрения технологий накопления энергии для разнообразного применения в сети. Агентством ARPA-E недавно запущена программа Duration Addition to Electricity Storage (DAYS), в рамках которой реализуется конкурс разработок накопителей, позволяющих с низкой стоимостью хранить электроэнергию для ее использования в течение 10–100 ч.

В целом поддержка инноваций в США охватывает следующие значимые направления:

- поддержка исследований в университетах и исследовательских институтах [17];

- система федеральных лабораторий и трансфера технологий;

- университетские исследования и научные фонды [18];

- система коллаборации в промышленности [19];

- создание инновационных кластеров (кластер включает в себя направление аккумуляции Triangle Park – FREEDM System Center, который занимается разработкой систем по хранению и распределению энергии. Центр поддерживают 60 компаний, производящих электроэнергию);

- стимулирование малого бизнеса на проведение инновационных исследований (The Small Business Innovation Research Program – SBIR);

- программа по распространению технологий, реализуемых малым бизнесом (The Small Business Technology Transfer Program – STTR);

- программа по стимулированию инвестиционных компаний для малого бизнеса (The Small Business Investment Company – SBIC);

- налоговые преференции;

- федеральные гранты и гарантии по займам для развития технологий, предоставляемые в соответствии American Recovery and Reinvestment Act (ARRA).

Также в США активно развита практика финансирования разработок и проектов со стороны независимых инвестиционных фондов по направлению СНЭ. Примерами подобных фондов выступают следующие:

- фонд I2BF – венчурный фонд, осуществляющий инвестиции, в том числе в производителей аккумуляторов США – Primus Power, имеющий запатентованную технологию аккумуляции электрической энергии, работающей на основе химического соединения бромид цинка и технологий в области потоковых систем. Сумма инвестиций – 6 млн долл. плюс 32 млн долл.;

- Breakthrough Energy Ventures (BEV) – фонд развития возобновляемой энергетики (основатель Б. Гейтс). Фонд инвестирует в коммерциализацию новых технологий по сокращению выбросов парниковых газов и другие смежные направления, в том числе производство электроэнергии, ее транспортировку и хранение, сельское хозяйство, промышленные процессы, а также энергоэффективность. Общий бюджет – более 1 млрд долл.;

- Energy storage fund (Gore street Capital) – основанный в Великобритании фонд, инвестирующий в технологии накопления, сотрудничающий с компанией NEC.

- Ontario Teacher's Pension Plan – пенсионный фонд Онтарио (323 тыс. учителей-пенсионеров), активно инвестирующий в ВИЭ и системы накопления;

- проект GigaFactory (инвестиции со стороны компании Panasonic);

- QuantumScape (инвестиции компании Volkswagen в размере 100 млн долл.) проект направлен на разработку твердотельных батарей для применения в электромобилях;

- компания Stem (занимается вопросами повышения энергетической эффективности с применением интеллектуальных технологий, в том числе и систем накопления энергии) была проинвестирована в I квартале 2018 г. на сумму 80 млн долл. компаниями Activate Capital, Ontario Teacher's Pension Plan, Temasek;

- Ionic Materials (разработка нового полимерного аккумулятора в качестве конкурента литий-ионным аккумуляторам) в I квартале 2018 г. получили 65 млн долл. от Dyson, Samsung, A123, Hitachi, Renault, Nissan, Mitsubishi.

Федеральная поддержка СНЭ исходит из целей повышения надежности [20], эффективности энергосистемы и лучшего использования волатильных ВИЭ, таких как солнечная и ветровая энергия. Федеральная политика поддержки представлена в различных формах, включая:

- общую структуру рынка;
- законы, принятые Конгрессом для поддержки конкуренции, доступа и хранения;
- нормативные директивы Федеральной комиссии по регулированию энергетики (FERC).

Общая структура оптового энергетического рынка США достаточно хорошо развита и включает рынки мощности, передачи, вспомогательных услуг и сервисов, а также торговлю квотами на выбросы загрязняющих веществ и возобновляемые источники энергии. Сложность этой структуры и участие множества децентрализованных участников государственного и частного рынка призывает регуляторов внимательно следить за барьерами для новых игроков и новых технологий, а также обеспечения надлежащих стимулов для предоставления необходимых услуг по низким ценам. Для примера, с учетом опыта великих отключений 1970-х гг. во многих регионах существует относительно высокая плата за дополнительные услуги. Теперь, когда возобновляемая энергия достигла коммерческого масштаба во многих зонах США, политики воспринимают накопление энергии как следующий логический шаг, который согласуется с энергетической политикой для электромобилей, а также в целом соответствует

национальным целям технологического и промышленного лидерства. Как в случае с ВИЭ, США взяли на себя технологическое лидерство и сейчас стремятся также занять лидирующие позиции в области СНЭ [21].

Чтобы подчеркнуть необходимость сохранения технологического лидерства в области хранения энергии, Конгресс еще в 2007 г. принял закон об энергетической независимости и безопасности, содержащий раздел, посвященный конкурентоспособности хранения энергии. В частности, закон предусматривал создание финансируемых из федерального бюджета исследовательских лабораторий по хранению энергии, а также нового национального комитета по разработке пятилетнего плана по хранению энергии. Закон определил приоритетные направления развития СНЭ:

- накопление энергии для повышения эффективности использования микросистем в сельских районах;

- интеграция системы накопления энергии с самовосстанавливающейся сетью;

- использование накопителей энергии для повышения безопасности инфраструктуры при чрезвычайных и аварийных ситуациях;

- интеграция ВИЭ и источников удаленной автономной генерации и контроль напряжения;

- использование накопителей энергии для предоставления дополнительных услуг;

- продвижение систем преобразования энергии, внедрение «умных» систем;

- использование СНЭ для оптимизации передачи и распределения энергии, управления пиковой нагрузкой домов, предприятий и сети, хранения энергии во время непикового потребления;

- эффективное использование существующих сетевых активов.

На федеральном уровне FERC является самым важным игроком в области СНЭ. В последние годы FERC занимает активную позицию в снижении энергетических барьеров в области хранения энергии, что нашло выражение в принятии целого ряда нормативных актов, последовательно определявших положение СНЭ на рынке и их полноценную интеграцию в энергосистему (в частности, FERC Order № 719, 745, 755, 764, 784,792). В 2018 г. (FERC Order № 841, 845) были устранены ограничения на участие СНЭ в оптовых рынках для обеспечения эффективного и недискриминационного доступа СНЭ, конкуренции и равных условий, а также пересмотрен порядок техприсоединения генерирующих объектов и накопителей к сетям. Цель изменений – «более эффективно интегрировать ресурсы накопителей энергии в организованные оптовые

рынки в целях совершенствования конкуренции и способствовать тому, чтобы на этих рынках устанавливались справедливые и разумные цены» [22]. Принятие директив в 2018 г. является ключевым шагом к широкомасштабному внедрению СНЭ, а также показателем их экономической состоятельности и признания полноправными участниками рынка.

Кроме того, в США поддержка СНЭ реализуется и на уровне отдельных штатов. В частности, штат Нью-Йорк в июне 2018 г. утвердил «дорожную карту» по внедрению до 2025 г. СНЭ суммарной мощностью 1,5 ГВт [23]. Проект ориентирован в том числе на максимально эффективную интеграцию растущего сегмента ВИЭ в энергосистему, а также снижение на 1 млн т выбросов парниковых газов и создание 30 тыс. рабочих мест до 2030 г. В «дорожной карте» представлены конкретные меры по ускорению развертывания СНЭ в штате.

В их числе финансовое стимулирование внедрения накопителей путем изменения коммунальных тарифов для «отражения экологических преимуществ» и сохранения работоспособности системы, которые СНЭ приносят в сетевое хозяйство. Изменения касаются отраслевого регулирования, они направлены на эффективное интегрирование накопителей как участников оптовых и розничных рынков электроэнергии и мощности.

Китай. В 2016 г. был утвержден Национальный 5-летний энергетический план [24], продолживший в части СНЭ вектор развития, заложенный в предшествовавшем National Energy Technology 12th Five-Year Plan, в котором определены ключевые технологии СНЭ и НИОКР, предполагающие реализацию демонстрационных проектов. Основные усилия страны в сфере опытно-промышленных объектов сосредоточены на проектах по установке хранения энергии на сжатом воздухе, а также проектах маховика, магнитного суперконденсатора, никель-солевого аккумулятора, проточного аккумулятора (на 1 МВт) [25].

В качестве ключевых направлений и проектов НИОКР определены:

- разработка металл-воздушных или любых более современных технологий;
- разработка технологий крупномасштабного сверхкритического аккумулятора на сжатом воздухе;
- дальнейшее развитие ионообменных мембран для проточных аккумуляторов;
- создание платформы для разработки технологических и инженерных стандартов;
- разработка платформы для защиты интеллектуальной собственности СНЭ;

- налаживание и развитие широкой международной кооперации и сотрудничества в области новых технологий СНЭ.

Китайское правительство уже поддержало ряд пилотных проектов, таких как Zhangbei National Wind Solar and Energy Storage Demonstration Project (100 МВт ветровой энергии, 40 МВт солнечной и 20 МВт аккумуляторы), пилотные проекты накопителей в Guangdong и Hunan (на 10 МВт), а также большое количество небольших по масштабу проектов СНЭ, интегрированных с солнечными батареями.

Согласно изданному в 2017 г. «Руководство по продвижению технологий хранения энергии и развитию соответствующей промышленности» (Guidance on the Promotion of Energy Storage Technology and Industry Development) в течение следующих 5 лет планируется ускорение развития накопителей энергии в Китае [26]. Кроме того, Национальной комиссией по развитию и реформам (National Development and Reform Commission) к концу 2020 г. предусмотрена реализация пилотных проектов по строительству систем накопления энергии на 100 МВт, функционирующих на основе ванадиевых проточных аккумуляторов и дальнейшим масштабированием аналогичных проектов.

Для стимулирования инновационных разработок в Китае используются следующие механизмы поддержки:

- утверждено положение об обязательном использовании части освобождаемой от налога прибыли на инновационные цели;
- создан координационный административный орган инновационной деятельности малого и среднего предпринимательства (МСП);
- предоставлены налоговые преференции для инновационных МСП;
- созданы системы финансовой поддержки инновационных МСП;
- обеспечено консультационное и техническое обслуживание инновационных МСП;
- созданы бизнес-инкубаторы для поддержки быстроразвивающихся инновационных МСП;
- приняты меры по содействию государства в организации венчурных фондов для финансирования инновационных МСП (наиболее крупный – Sinovation Ventures).

Другой мерой государственной поддержки отрасли хранения энергии является прямое государственное финансирование проектов и разработок. В частности, реализованы демонстрационные проекты по работе солнечной станции в паре с аккумуляторной батареей; развитию технологии стабилизации производства ветровой энергии

за счет СНЭ; верификации работы СНЭ с крупными солнечными станциями; созданию крупных систем аккумулирования энергии с приоритетом на удешевление технологий.

В течение последних лет центральное правительство Китая реализовало ряд проектов поддержки СНЭ. При этом большая часть китайской политики основывается на целевых показателях, установленных в 5-летних программах развития. Соответственно большинство регламентирующих документов связано с процессом промышленного планирования Китая.

В частности, в 2014 г. был утвержден Национальный 5-летний энергетический технологический план («National Energy Technology 12th Five-Year Plan»), в котором определены ключевые технологии СНЭ и НИОКР, далее вектор развития этих технологий был подтвержден в 13 пятилетних планах, запущенных в 2016 г. (с учетом плановых периодов) [27], включая «13th Five Year Plan for Power Sector Development».

Данные программные документы среди прочего содержат руководящие принципы или предложения, предназначенные для правительств провинций и городов по разработке собственных планов развития. Следуя этим общим рекомендациям, региональные и муниципальные органы власти реализуют локальные меры поддержки хранения энергии в своих 5-летних планах развития.

Из действующих регуляторных решений необходимо отметить, что в Китае объекты ГАЭС классифицируются как элементы системы передачи электрической энергии. Для объектов, введенных до 2004 г., устанавливается двухставочная система оплаты электрической энергии (более низкая цена для покупки энергии и высокая цена во время продажи).

Отдельно в стране с 2009 г. реализована поддержка электромобилей и подзаряжаемых гибридов, по числу которых Китай с 2016 г. занимает первое место в мире. Меры включают субсидии на покупку, налоговые льготы, сниженные тарифы на электроэнергию, бесплатную парковку, упрощенную регистрацию,

возможность въезда в центр города. В дополнение к этому государство субсидирует инфраструктурное развитие, устанавливает экологические стандарты, перевод общественного транспорта на электричество.

Отдельно стоит отметить и выстроенную систему государственно-частного партнерства в части поддержки технологического развития, в том числе технологий систем накопления энергии, включающую более чем 130 особых экономических зон, в которых технологическим компаниям, осуществляющим технологические инновации по приоритетным направлениям деятельности, предоставляются налоговые и иные преференции.

Заключение

На основании международного опыта развития и поддержки систем аккумулирования и хранения энергии в качестве рекомендаций по созданию рынка СНЭ в России предлагаются последовательные поступательные шаги по таким ключевым направлениям.

1. Устранение барьеров и старт реализации демонстрационных проектов по наиболее перспективным, конкурентоспособным СНЭ и проведение НИОКР по развитию и созданию технологий аккумулирования и хранения энергии.

2. Обеспечение поддержки проектов СНЭ в целях их внедрения и встраивания в энергосистему и выход на экономическую привлекательность для инвесторов и собственников.

3. Создание комплекса мер по поддержке технологий и обеспечение возможности внедрения и тиражирования проектов как на уровне малого и среднего предпринимательства, так и на уровне конечных потребителей систем накопления и аккумулирования энергии.

4. Снятие регуляторных барьеров и совершенствование нормативно-правового и нормативно-технического регулирования с целью сокращения формальных препятствий и сложностей в применении СНЭ для различных субъектов электроэнергетики, а также повышения эффективности использования данных систем для потребителей.

ЛИТЕРАТУРА

1 Battery Storage for Renewables: Market Status and Technology Outlook. IRENA, 2015. URL: https://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena_battery_storage_report_2015.pdf

2 Electricity storage and renewables: costs and markets to 2030. IRENA, 2017. URL: http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Oct/IRENA_Electricity_Storage_Costs_2017.pdf

3 35x25: A Vision for Energy Storage. The Energy Storage Association (ESA). URL: <http://energystorage.org/vision2025>

4 Technology Roadmap. Energy storage. The International Energy Agency (IEA). 2014.

5 World Energy Outlook 2017. IEA. 2017.

6 The Next Five Years in Energy Storage According to 500 Energy Professionals. GTM Research. URL: http://storage.pardot.com/264512/44552/The_Next_Five_Years_in_Energy_Storage_According_to_500_Energy_Professionals.pdf

7 Global Storage Market to Double Six Times by 2030. Bloomberg New Energy Finance. URL: <https://about.bnef.com/blog/global-storage-market-double-six-times-2030>

8 Nereim V., Cunningham S. Saudis, SoftBank Plan World's Largest Solar Project. Bloomberg. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-03-28/saudi-arabia-softbank-ink-deal-on-200-billion-solar-project>

9 Shankleman J. Contact Lens Technology Could Revolutionize Electric Vehicles. Bloomberg. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-12-06/contact-lens-technology-could-revolutionize-electric-vehicles>

10 Lazard's Levelized Cost of Storage Analysis. Lazard. 2017. 60 с. URL: <https://www.lazard.com/perspective/levelized-cost-of-storage-2017>.

11 Концепция развития рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации. Министерство энергетики Российской Федерации URL: <https://minenergo.gov.ru/view-pdf/9013/74739>

12 Экспертно-аналитический доклад «Новая технологическая революция: Вызовы и возможности для России». ЦСР. 2017. URL: <https://csr.ru/wp-content/uploads/2017/10/novaya-tehnologicheskaya-revolutsiya-2017-10-13.pdf>

13 Экспертно-аналитический доклад «Рынок систем накопления электроэнергии в России: потенциал развития». ЦСР. 2018. URL: <https://www.csr.ru/issledovaniya/rossijskij-rynok-nakopitelej-elektroenergii-mozhet-vyrasti-do-3-mlrd-dollarov-v-god>.

14 Energy Storage Trends and Opportunities in Emerging Markets. 2017. URL: <https://www.esmap.org/sites/default/files/esmap-files/7151-IFC-EnergyStorage-report.pdf>

15 The New High-Tech Strategy. Innovations for Germany. Federal Ministry of Education and Research of Germany. 2014. URL: <https://www.bmbf.de/en/index.html>.

16 Stoker L. Storage secures 3.2GW of Capacity Market contracts in auction success. 2016. URL: https://www.solarpowerportal.co.uk/news/battery_storage_secures_3.2gw_of_capacity_market_contracts_in_auction_success

17 Инновационная система США: политика развития инновационной среды. 2017 URL: <http://integral-russia.ru/2017/08/03/innovatsionnaya-sistema-ssha-politika-razvitiya-innovatsionnoj-sredy>.

18 Strategy for American Innovation. US National Economic Council, US Office of Science and Technology Policy. 2015. URL: <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/uploads/InnovationStrategy.pdf>

19 Performance of Commercially Available Supercapacitors, Mazen Yassine and Drazen Fabris, Mechanical Engineering Department, Santa Clara University, USA. 2017. URL: <http://www.mdpi.com/1996-1073/10/9/1340/pdf>

20 Energy Storage. Office of Electricity Delivery & Energy Reliability. 2013.

21 Maloney P. FERC order opens 'floodgates' for energy storage in wholesale markets. Utilitydive. 2018. URL: <https://www.utilitydive.com/news/ferc-order-opens-floodgates-for-energy-storage-in-wholesale-markets/517326>

22 FERC Issues Final Rule on Electric Storage Participation in Regional Markets. 2018. URL: <https://www.ferc.gov/media/news-releases/2018/2018-1/02-15-18-E-1.asp#.W87OA2j7SF4>

23 New York State Energy Storage Roadmap and Department of Public Service / New York State Energy Research and Development Authority Staff Recommendations. 2018. URL: <https://www.ethree.com/wp-content/uploads/2018/06/NYS-Energy-Storage-Roadmap-6.21.2018.pdf>.

24 Power Sector Reforms Announced in China's 13th Five Year Plan. Chinese energy storage alliance. 2016. URL: <http://www.chinapower.com.cn/focus/20161108/64097.html>.

25 Li Y., Li Y., Ji P., Yang J. Development of energy storage industry in China: A technical and economic point of review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. № 49. P. 805–812.

26 Guidance on the Promotion of Energy Storage Technology and Industry Development. 2017. URL: <https://chinaenergyportal.org/guiding-opinions-promoting-energy-storage-technology-industry-development>.

27 Solomon D., Cai J., Haacke O. New Five-Year Plans Promote Energy Industry Reform. China business review. 2017. URL: <https://www.chinabusinessreview.com/new-five-year-plans-promote-energy-industry-reform>

REFERENCES

1 Battery Storage for Renewables: Market Status and Technology Outlook. IRENA, 2015. Available at: https://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena_battery_storage_report_2015.pdf

2 Electricity storage and renewables: costs and markets to 2030. IRENA, 2017. Available at: http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Oct/IRENA_Electricity_Storage_Costs_2017.pdf

3 35x25: A Vision for Energy Storage. The Energy Storage Association (ESA). Available at: <http://energy-storage.org/vision2025>

4 Technology Roadmap. Energy storage. The International Energy Agency (IEA). 2014.

5 World Energy Outlook 2017. IEA. 2017.

6 The Next Five Years in Energy Storage According to 500 Energy Professionals. GTM Research. Available at: http://storage.pardot.com/264512/44552/The_Next_Five_Years_in_Energy_Storage_According_to_500_Energy_Professionals.pdf

7 Global Storage Market to Double Six Times by 2030. Bloomberg New Energy Finance. Available at: <https://about.bnef.com/blog/global-storage-market-double-six-times-2030>

8 Nereim V., Cunningham S. Saudis, SoftBank Plan World's Largest Solar Project. Bloomberg. Available at: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-03-28/saudi-arabia-softbank-ink-deal-on-200-billion-solar-project>

9 Shankleman J. Contact Lens Technology Could Revolutionize Electric Vehicles. Bloomberg. Available at: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-12-06/contact-lens-technology-could-revolutionize-electric-vehicles>

10 Lazard's Levelized Cost of Storage Analysis. Lazard. 2017. 60 p. Available at: <https://www.lazard.com/perspective/levelized-cost-of-storage-2017>.

11 The concept of development of the electricity storage systems market in the Russian Federation. Ministry of Energy of the Russian Federation. Available at: <https://minenergo.gov.ru/view-pdf/9013/74739> (in Russian).

12 Expert-analytical report «New technological revolution: Challenges and opportunities for Russia». CSR. 2017. Available at: <https://csr.ru/wp-content/uploads/2017/10/novaya-tehnologicheskaya-revolutsiya-2017-10-13.pdf>. (in Russian).

13 Expert-analytical report “The market of power storage systems in Russia: the development potential”. CSR. 2018. Available at: <https://www.csr.ru/issledovaniya/rossijskij-rynok-nakopitelej-elektroenergii-mozhet-vyrasti-do-3-mlrd-dollarov-v-god>. (in Russian).

14 Energy Storage Trends and Opportunities in Emerging Markets. 2017. Available at: <https://www.esmap.org/sites/default/files/esmap-files/7151-IFC-EnergyStorage-report.pdf>

15 The New High-Tech Strategy. Innovations for Germany. Federal Ministry of Education and Research of Germany. 2014. Available at: <https://www.bmbf.de/en/index.html>.

16 Stoker L. Storage secures 3.2GW of Capacity Market contracts in auction success. 2016. Available at: https://www.solarpowerportal.co.uk/news/battery_storage_secures_3.2gw_of_capacity_market_contracts_in_auction_success

17 Innovation System: Innovative Environment Development Policy (USA). 2017. Available at: <http://integral-russia.ru/2017/08/03/innovatsionnaya-sistema-ssha-politika-razvitiya-innovatsionnoj-sredy> (in Russian).

18 Strategy for American Innovation. US National Economic Council, US Office of Science and Technology Policy. 2015. Available at: <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/uploads/InnovationStrategy.pdf>

19 Performance of Commercially Available Supercapacitors, Mazen Yassine and Drazen Fabris, Mechanical Engineering Department, Santa Clara University, USA. 2017. Available at: <http://www.mdpi.com/1996-1073/10/9/1340/pdf>

20 Energy Storage. Office of Electricity Delivery & Energy Reliability. 2013.

21 Maloney P. FERC order opens 'floodgates' for energy storage in wholesale markets. Utilitydive. 2018. Available

at: <https://www.utilitydive.com/news/ferc-order-opens-floodgates-for-energy-storage-in-wholesale-markets/517326>

22 FERC Issues Final Rule on Electric Storage Participation in Regional Markets. 2018. Available at: https://www.ferc.gov/media/news-releases/2018/2018-1/02-15-18_E1.asp#.W87OA2j7SF4

23 New York State Energy Storage Roadmap and Department of Public Service / New York State Energy Research and Development Authority Staff Recommendations. 2018. Available at: <https://www.ethree.com/wp-content/uploads/2018/06/NYS-Energy-Storage-Roadmap-6.21.2018.pdf>.

24 Power Sector Reforms Announced in China's 13th Five Year Plan. Chinese energy storage alliance. 2016. Available at: <http://www.chinapower.com.cn/focus/20161108/64097.html>.

25 Li Y., Li Y., Ji P., Yang J. Development of energy storage industry in China: A technical and economic point of review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. no. 49. pp. 805–812.

26 Guidance on the Promotion of Energy Storage Technology and Industry Development. 2017. Available at: <https://chinaenergyportal.org/guiding-opinions-promoting-energy-storage-technology-industry-development>.

27 Solomon D., Cai J., Haacke O. New Five-Year Plans Promote Energy Industry Reform. China business review. 2017. Available at: <https://www.chinabusinessreview.com/new-five-year-plans-promote-energy-industry-reform>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Леонид В. Калимуллин к.э.н., начальник управления, управление стратегического развития, ПАО «РусГидро», ул. Малая Дмитровка, 7, г. Москва, 127006, Россия, KalimullinLV@rushydro.ru

Денис К. Левченко главный эксперт, управление стратегического прогнозирования, ПАО «РусГидро», ул. Малая Дмитровка, 7, г. Москва, 127006, Россия, LevchenkoDK@rushydro.ru

Юлия Б. Смирнова главный эксперт, управление стратегического прогнозирования, ПАО «РусГидро», ул. Малая Дмитровка, 7, г. Москва, 127006, Россия, SmirnovaUB@rushydro.ru

Екатерина С. Тузикова начальник управления, управление инвестиционного анализа, ПАО «РусГидро», ул. Малая Дмитровка, 7, г. Москва, 127006, Россия, TuzikovaES@rushydro.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.02.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.04.2019

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Leonid V. Kalimullin Cand. Sci. (Econ.), head of department, department of strategic development, RusHydro, Malaya Dmitrovka Street, 7, Moscow, 127006, Russia, KalimullinLV@rushydro.ru

Denis K. Levchenko chief expert, department of strategic forecasting, RusHydro, Malaya Dmitrovka Street, 7, Moscow, 127006, Russia, LevchenkoDK@rushydro.ru

Yulia B. Smirnova chief expert, department of strategic forecasting, RusHydro, Malaya Dmitrovka Street, 7, Moscow, 127006, Russia, SmirnovaUB@rushydro.ru

Ekaterina S. Tuzikova head of department, department of investment analysis, RusHydro, Malaya Dmitrovka Street, 7, Moscow, 127006, Russia, TuzikovaES@rushydro.ru

CONTRIBUTION

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 2.10.2019

ACCEPTED 4.19.2019