



ЦЕНТР
СТРАТЕГИЧЕСКИХ
РАЗРАБОТОК

ТЕХНОЛОГИИ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ Ю. УДАЛЬЦОВА И Д. ХОЛКИНА

РЫНОК СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИИ: ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ

ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ДОКЛАД



Энерджинет

Национальная
технологическая
инициатива



РОСНАНО

МОСКВА
2018

ПОД РЕДАКЦИЕЙ

Юрия **УДАЛЬЦОВА**, заместителя Председателя Правления ООО «УК «РОСНАНО»,

Дмитрия **ХОЛКИНА**, директора центра развития цифровой энергетики Фонда «ЦСР «Северо-Запад», заместителя руководителя рабочей группы «Энерджинет» Национальной технологической инициативы

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ

Игорь **ЧАУСОВ**, ведущий аналитик центра развития цифровой энергетики Фонда «ЦСР «Северо-Запад»

Илья **БУРДИН**, аналитик центра развития цифровой энергетики Фонда «ЦСР «Северо-Запад»

Игорь **РЯПИН**, руководитель по исследованиям компании First Imagine! Ventures

Юрий **ДОБРОВОЛЬСКИЙ**, руководитель лаборатории ионики твердого тела Института проблем химической физики РАН

Дмитрий **КОРЕВ**, директор программ и проектов АО «РВК»

БЛАГОДАРНОСТИ

Коллектив доклада благодарит за активное участие в обсуждении проблемы формирования рынка СНЭ в России и выработке предложений по его развитию, за участие в экспертных сессиях и обсуждении доклада, а также за ценные замечания к тексту доклада Т.Э. Котляра («РОСНАНО»), В.М. Ворожева («Титан Инжиниринг»), Р.М. Хазиахметова (Техническая инспекция ЕЭС), А.М. Абакумова («Сколтех»), А.А. Брызгалова («Энергозапас»), Ю.В. Власова («Ваттс Бэттери»), А.А. Волошина (МЭИ), В.В. Ворожейкина («Титан Пауэр Солюшнс»), А.М. Кашина («ИнЭнерджи»), Е.А. Григорьева (ТВЭЛ), К.К. Деньщикова (ОИВТ РАН), И.С. Иванова (НИЦЭ), О.А. Калинин (Системный оператор ЕЭС), С.В. Калюжного («РОСНАНО»), А.С. Камашева (ТВЭЛ), А.В. Кацая («Кинемак»), П.Б. Мишустину («Лиотех-Инновации»), А.И. Недолужко («Литэко»), Н.Л. Новикова (НТЦ ФСК ЕЭС), О.Е. Перцовского («Сколково»), Г.Г. Ратца («Литэко»), О.С. Попеля (ОИВТ РАН), Б.П. Тарасова (ИПХФ РАН), В.Л. Туманова (ТЭЭМП), М.Г. Тягунова (МЭИ), С.П. Червонобродова («Конгран»), Е.А. Медведеву (ВШЭ), О.Г. Баркина (НП «Совет рынка»), В.М. Ярмошука («Лиотех-Инновации»), А.Ю. Абрамова («Форсайт»), М.В. Абакумова (ОТЭК), А.В. Батракова (ОГК-2), К.А. Константинова («Газпромнефть»), И.Л. Озерных (МФТИ), Ф.Ю. Опадчего (СО ЕЭС), В.А. Першукова (Росатом), А.Г. Старченко (Сообщество потребителей энергии), Е.И. Фатееву (НП ГП и ЭСК), Ю.А. Холуеву (Аналитический центр Правительства РФ), О.Е. Юрчук («Первая розничная генерирующая компания»), Ю.И. Балашова («4Д Энерджетикс»), Е.А. Ольховича (Россети), М.М. Покалюка (Россети), Б.Г. Аблазова (Россети), В.А. Колесникова («ТИК СНЭ»), О.И. Шуткина («Хэвел»), В.А. Козлова (ООО «РОСНАНО»), А.Ю. Раменского («Национальная ассоциация водородной энергетики»).

СОДЕРЖАНИЕ

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	6
ВВЕДЕНИЕ	10
ГЛАВА 1. РЕВОЛЮЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ	11
ГЛАВА 2. РОССИЙСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ И БАРЬЕРЫ.....	22
ГЛАВА 3. СТРАТЕГИЧЕСКИЙ МАНЕВР И НЕОБХОДИМЫЕ ДЕЙСТВИЯ.....	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
ПРИЛОЖЕНИЕ А. КЛЮЧЕВЫЕ РЕГУЛЯТОРНЫЕ БАРЬЕРЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	55
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ ПИЛОТНЫЕ ПРОЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	65

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АВН	Активный выпрямитель напряжения
АВРЧМ	Автоматическое вторичное регулирование частоты и перетоков активной мощности
АГЭУ	Автономная гибридная энергоустановка
АКБ	Аккумуляторная батарея
АСС	Автономные солнечные станции
АТС	Автоматическая телефонная станция
БПЛА	Беспилотный летательный аппарат
ВИЭ	Возобновляемые источники энергии
ВЭУ	Ветроэлектрическая установка
ГАЭС	Гидроаккумулирующая электростанция
ГЭС	Гидроэлектростанция
ДФО	Дальневосточный федеральный округ
ДН	Делитель напряжения
ДПМ	Договор о предоставлении мощности
ЕЭС	Единая энергетическая система
ИБП	Источник бесперебойного питания
КИУМ	Коэффициент использования установленной мощности
КОМ	Конкурентный отбор мощности
КПД	Коэффициент полезного действия
ЛИАБ	Литий-ионная аккумуляторная батарея
НИОКР	Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
НПРЧ	Нормированное первичное регулирование частоты
НТИ	Национальная технологическая инициатива
ОКР	Опытно-конструкторские работы
ОЭС	Объединенная энергосистема
ПТЭЭП	Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей
ПТЭЭС	Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей
ПУЭ	Правила устройства электроустановок
РП	Распределительная подстанция
РСВ	Рынок на сутки вперед
СНЭ	Система накопления электроэнергии

СОЕЭС	Системный оператор Единой энергетической системы
ТАЭС	Твердотельная аккумулирующая электростанция
ТОТЭ	Твердооксидный топливный элемент
ТП	Трансформаторная подстанция
ТПС	Тяговая подстанция
ТЭ	Топливный элемент
ТЭО	Технико-экономическое обоснование
ТЭС	Тепловая электростанция
BMS	Система управления батареями
CAPEX	Капитальные расходы
IS	Индекс удельного прироста стоимости
LCOE	Приведенная стоимость производства электроэнергии
LCOS	Приведенная стоимость хранения электроэнергии
NPV	Чистая приведенная стоимость
OPEX	Операционные расходы
TRL	Уровень готовности технологии

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Россия с существенным отставанием приступает к формированию национальной промышленности систем накопления электроэнергии (СНЭ) и развитию рынка их применения в различных секторах экономики. Страны-лидеры ведут проактивную политику по данному направлению. В США (штат Калифорния) планируется к 2020 году ввести 1 325 МВт накопительной мощности. В 2016 году компания National Grid (Великобритания) закупила 201 МВт систем накопления энергии для регулирования частоты, а сами СНЭ уже несколько лет представлены на рынке мощности страны. Китай относит накопление энергии к одной из 8 ключевых сфер развития энергетики, до 2021 года планируется ввести 46 ГВт СНЭ. В США и в Китае интенсивно развивается масштабное производство накопителей, ориентированное на насыщение внутреннего рынка и также на массовые экспортные поставки.

По оценке на основе данных агентства Navigant Research, глобальный рынок систем накопления энергии к 2025 году составит 80 млрд долл. США¹. Основная причина роста – масштабное развитие ВИЭ (стационарное применение для сглаживания неравномерности выработки) и электротранспорта (батареи для электромобилей), напрямую или косвенно использующих накопители. Драйвером становится технологический прогресс по ряду решений в области накопления энергии, способный в кратко- и среднесрочной перспективе обеспечить снижение стоимости систем до уровня, приемлемого для рынка.

Системы накопления электроэнергии – важная составляющая энергетического перехода, который в настоящее время намечается и запускается и в России. Характеристики этой глобальной трансформации электроэнергетики и возможная роль нашей страны в ней описаны в докладе «Цифровой переход в электроэнергетике России» Фонда «Центр стратегических разработок». Зарубежные аналитические агентства также рассматривают СНЭ как компоненту новой энергетики и умных энергетических технологий, рынок которых расширяется в контексте роста инвестиций в новую энергетику: за последние 10 лет объем мирового рынка СНЭ вырос почти в три раза.

По нашим оценкам, максимальный объем российского сегмента рынка СНЭ к 2025 году может составить 8,6 млрд долл. США в год (реалистичная оценка рынка – 1,5-3 млрд долл. США в год), что даст экономике страны эффект (за вычетом инвестиций) в 11 млрд долл. США в год (для реалистичного объема рынка – 2,5-5 млрд долл. США в год).

¹ По данным отчетов Energy Storage for the Grid and Ancillary Services – Navigant Research, 2Q 2016; Distributed Generation and Energy Storage in Telecom Networks – Navigant Research, 2Q 2015; Advanced Energy Storage for Automotive Applications – Navigant Research, 4Q 2017; Residential Energy Storage – Navigant Research, 4Q 2017; Energy Storage for Renewables Integration – Navigant Research, 4Q 2017; Stationary Fuel Cells – Navigant Research, 3Q 2016.

В России целесообразно развивать технологии и производства систем накопления электроэнергии, которые будут востребованы как на внутреннем рынке, так и на экспортных площадках. На основе экспертного опроса и аналитической работы были определены следующие перспективные направления:

- **интернет энергии** – использование систем накопления электроэнергии в составе распределенной энергетики;
- **новая генеральная схема** – использование систем накопления электроэнергии в составе централизованной энергетики;
- **водородная энергетика** – аккумулирование электроэнергии в водородном цикле.

Учитывая возникшее отставание по созданию производства СНЭ на базе собственных наилучших технологий, представляется, что в краткосрочной перспективе промышленной политике необходимо ориентироваться прежде всего на развитие инженерных и инжиниринговых компетенций для создания конечных устройств накопления электроэнергии и реализации комплексных решений с использованием накопителей, а также на трансфер наилучших доступных технологий и комплексирование их с конкурентоспособными российскими компонентами. Литий-ионные технологии еще долго будут определять развитие рынка применений СНЭ, и потому важной задачей промышленной политики является формирование собственных производственных компетенций в области СНЭ на базе литий-ионных АКБ и в области производства компонентов таких АКБ. Промышленная политика в сфере освоенных и массово представленных на рынке технологий СНЭ должна быть нацелена на встраивание в мировые цепочки формирования стоимости.

В среднесрочной перспективе одним из приоритетов научно-технической политики России должно стать формирование базы для создания систем накопления энергии на технологиях следующего поколения. При этом необходимо ориентироваться на технико-экономические характеристики, востребованные на перспективных сегментах рынка. Речь идет о приоритетном развитии систем накопления большой энергоемкости с низкими капитальными затратами для сегмента «Новая генеральная схема», стационарных систем с большим сроком службы и низкой стоимостью владения для сегмента «Интернет энергии», а также дешевых и безопасных технологий получения, транспортировки и использования водорода для сегмента «Водородная энергетика». С учетом имеющихся научных заделов и компетенций целесообразно развивать следующие технологические направления:

- **«Пост-литиевые» электрохимические технологии**, основанные на эффекте интеркаляции, к числу которых относятся технологии натрий-ионных, калий-ионных и, возможно, магний-ионных электрохимических аккумуляторов, а также других типов накопителей, схожих с литий-ионными аккумуляторами по принципу работы, но обеспечивающих более высокую плотность энергии и/или возможность еще большего снижения стоимости, а также увеличения ресурса циклирования.

- **Проточные батареи**, основанные на разделении источника мощности (мембраны, где происходит электрохимическая реакция) и электролитов как запаса энергоемкости. К этой группе принадлежат редокс-ванадиевые батареи, на которые делает ставку Китай, а также более перспективные решения – цинк-бромидные, цинк-железные и ряд других разновидностей, отличающихся типом токообразующей реакции.
- **Металл-воздушные аккумуляторы**, такие как цинк-воздушные и алюминий-воздушные батареи, обеспечивающие существенное снижение стоимости энергоемкости при приемлемом количестве циклов, а также чрезвычайно высокую плотность энергии.
- **Водородные технологии**, основанные на сочетании технологий power-to-gas и технологии топливных элементов и обеспечивающие хранение энергии в синтетическом химическом топливе, которое может быть использовано в электрохимических и тепловых машинах.
- **Гравитационные накопители** (в том случае если они обещают существенное снижение удельной стоимости энергоемкости для систем большого, мегаваттного класса). К числу таких технологий принадлежат существенно различающиеся по своей конструкции технологии СНЭ, например, так называемые твердотельные аккумулирующие электростанции (ТАЭС), основанные на принципе лифта твердых грузов. В ряде типов гравитационных накопителей Россия имеет серьезные основания рассчитывать на роль технологического лидера.

Для подтверждения технико-экономических показателей различных вариантов использования систем накопления электроэнергии, формирования доказательной базы необходимости изменения системы регулирования, а также демонстрации потенциальным пользователям реализуемости и эффективности соответствующих практик и бизнес-моделей критически важным представляется реализация пакета пилотных проектов. Предварительно намечено 23 типовых варианта применения СНЭ, которые целесообразно реализовать в пилотно-демонстрационном режиме.

В настоящее время вопросы применения систем накопления электроэнергии, присоединенных к сетям ЕНЭС и участвующих в энергетических рынках, сталкиваются с существующей неопределенностью в нормативно-правовой базе. В частности, отсутствует понятие «система накопления электроэнергии» в НПА, которые регулируют взаимоотношения субъектов в электроэнергетике; отсутствует учет особенностей технологического присоединения СНЭ к сетям, порядок их участия на рынках электроэнергии, мощности, сопутствующих рынках. Существует неопределенность и в учете расходов на покупку электроэнергии и доходов от реализации запасенной электроэнергии в случае владения СНЭ электросетевой организацией, а также относительно порядка агрегации систем и участия их агрегаторов на рынках электроэнергии и мощности. Это ограничивает развитие данной отрасли. На первом этапе необходимо снять регуляторные барьеры и тем самым обеспечить реализацию инициативных и пилотных проектов применения СНЭ. На следующем этапе, по результатам реализации пилотных проектов, необходимо определить и запустить мероприятия по стимулированию спроса на системы накопления электроэнергии и развитию рынка.

Кроме того, целесообразно осуществить мероприятия по развитию научно-технологической инфраструктуры, которые бы стимулировали создание новых технологий и их применение на практике. Необходимо сформировать центры научных или технологических компетенций, испытательно-сертификационные центры.

При участии производителей СНЭ, разработчиков новых технологий, отраслевых экспертов был сформирован проект дорожной карты «Развитие рынка систем накопления энергии в Российской Федерации». Для эффективной реализации данной программы целесообразно сформировать при поддержке Минэнерго, Минпромторга и Министерства высшего образования и науки, а также заинтересованных институтов инновационного развития проектный (программный) центр, который будет осуществлять мониторинг исполнения дорожной карты, экспертно-аналитическую поддержку, координацию организаций и проектных групп, продвигать результаты работы. Кроме того, для практической реализации мероприятий по разработке и/или трансферу новых технологий и формированию на их базе производственных мощностей вдоль всей технологической цепочки производства новых продуктов, а также их применения необходимо сформировать технологические консорциумы.

ВВЕДЕНИЕ

Экспертно-аналитический доклад «Рынок систем накопления электроэнергии в России: потенциал развития» посвящен проблемам и перспективам развития отечественных разработок и российского производства систем накопления электроэнергии, а также различным аспектам формирования массовой практики привлекательного для инвестиций и эффективного использования СНЭ в интересах всех потенциальных потребителей, электроэнергетики России и экономики в целом.

Доклад содержит обоснование необходимости и эффективности применения систем накопления электроэнергии в актуальных экономических и регуляторных условиях, анализ имеющегося научно-технического задела и производственного потенциала в данной области, требования к перспективным системам российской разработки и производства, перечень первоочередных пилотных проектов применения таких систем в России, анализ основных регуляторных барьеров их массового применения и развития соответствующего рынка, а также описание стратегических ориентиров и приоритетных шагов по его развитию.

Доклад адресован представителям профильных органов государственной власти, высокотехнологичного бизнеса, компаний и корпораций российской электроэнергетики, институтов развития; научному, инженерному и предпринимательскому сообществу исследователей, разработчиков и производителей систем накопления электроэнергии. Он будет полезен широкому кругу интересующихся развитием высокотехнологических рынков в России, в том числе школьникам, студентам и аспирантам.

Данный доклад подготовлен в развитие поручений Правительства Российской Федерации (от 17 мая 2016 г. № АД-П9-69пр и от 3 августа 2017 г. № П9-41200). При его подготовке была использована согласованная со всеми заинтересованными федеральными органами исполнительной власти и организациями Концепция развития рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации (<https://minenergo.gov.ru/node/9013>), а также материалы проекта плана мероприятий (дорожной карты) «Развитие рынка систем накопления электроэнергии в Российской Федерации».

При подготовке концепции и доклада в течение 2016–2017 годов было проведено несколько экспертных сессий, заседаний рабочей группы при Минэнерго России, встреч, семинаров и переговоров как с потребителями СНЭ, так и с производителями и поставщиками конечных решений, разработчиками технологий. На данных мероприятиях и встречах проводилось обсуждение предварительных материалов доклада с дальнейшей их корректировкой.



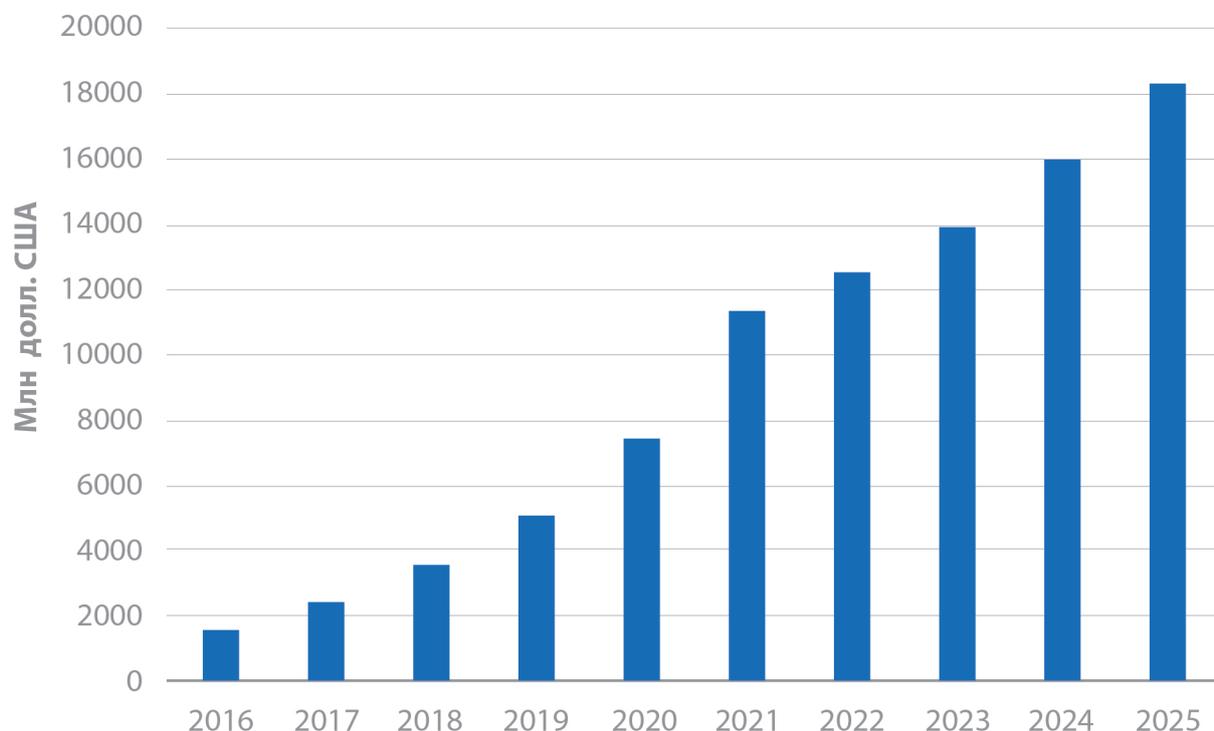
ГЛАВА 1.

РЕВОЛЮЦИОННЫЕ
ИЗМЕНЕНИЯ В
ЭНЕРГЕТИКЕ

РЫНОК СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Системы накопления электроэнергии (СНЭ) – быстро развивающийся класс высокотехнологичных устройств, открывающих принципиально новые возможности для развития электроэнергетики. Они делают электрическую энергию запасаемой и портативной, снимая необходимость строгой одновременности процессов ее генерации и потребления – то основополагающее ограничение по обеспечению баланса мощности, которое выступило ключевым фактором формирования современной архитектуры действующих во всем мире энергосистем. Накопители электроэнергии – принципиально новый элемент их архитектуры, органически дополняющий объекты генерации, передачи и потребления и открывающий широкие возможности по эффективной реализации потенциала новых видов распределенной генерации, созданию активных потребителей, повышению эффективности использования уже введенных в строй и новых энергетических мощностей и работы энергосистем в целом, а также позволяющий перейти к их совершенно новым архитектурам.

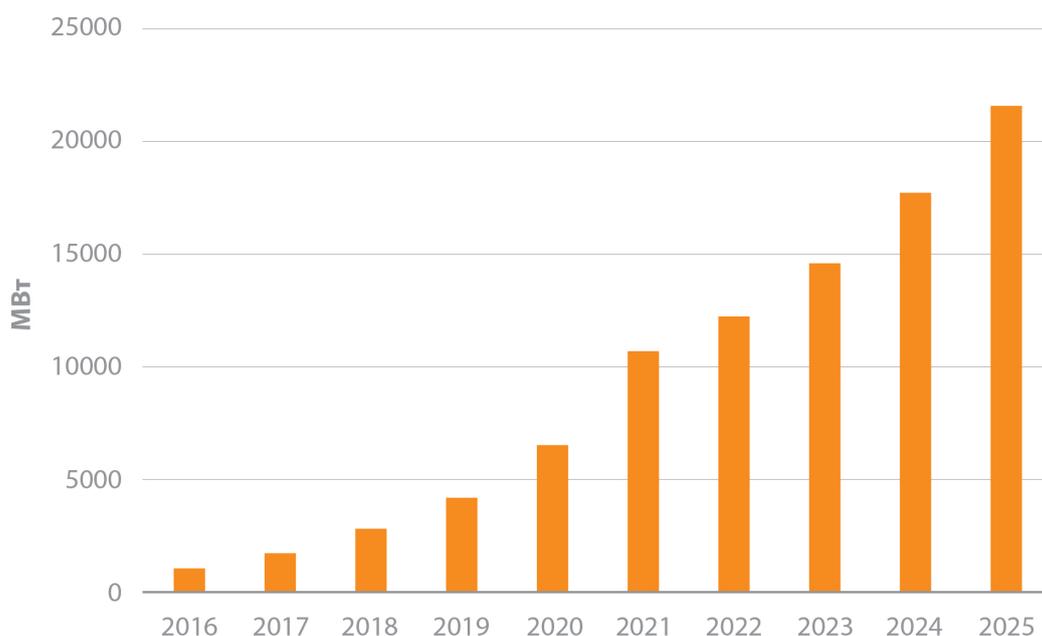
Рисунок 1. Прогноз роста мирового рынка систем накопления электроэнергии, участвующих в сетевых и системных услугах, млн долл. США в год



Источник: Navigant Research

Несмотря на то что физические принципы, используемые в СНЭ, известны очень давно, а «литиевая» технологическая революция в аккумуляторах малой мощности и емкости для носимых устройств стартовала более четверти века назад, СНЭ с относительно большими мощностями (более 10 кВт) и емкостями (более 10 кВт·ч) получили широкое распространение и начали массово менять энергетику менее 5 лет назад. Установленная мощность стационарных СНЭ (без учета ГАЭС) достигла по миру к середине 2017 года 5 ГВт².

Рисунок 2. Прогноз установленной мощности систем накопления электроэнергии в мире, участвующих в сетевых и системных услугах, МВт накопленным итогом



Источник: Navigant Research

По оценкам Navigant Research, к 2025 году рынок систем накопления электроэнергии, используемых в сетевых и системных услугах, превысит 18 млрд долл. США³ (см. рисунок 1), а рынок накопителей, установленных на коммерческих и промышленных объектах, – 10,8 млрд долл. США⁴.

К 2017 году рынок накопителей для всех применений уже достиг 2,6 млрд долл. США и к 2025 году суммарно составит 82 млрд долл. США в год с ежегодными темпами роста до 60%, из

² По данным отчёта Energy storage power capacity in operation worldwide as of mid-2017, by technology (in gigawatts) // The Statistics Portal [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/785677/global-energy-storage-capacity-by-technology>

³ Energy Storage for the Grid and Ancillary Services // Navigant Research, 2Q 2016.

⁴ Annual Revenue for the Commercial and Industrial Energy Storage Industry Is Expected to Reach \$10.8 Billion by 2025 // Navigant Research [Электронный ресурс]. 2013. Режим доступа: <https://www.navigantresearch.com/newsroom/annual-revenue-for-the-commercial-and-industrial-energy-storage-industry-is-expected-to-reach-10-8-billion-by-2025>

которых до 50 млрд долл. США в год будет приходиться на стационарные СНЭ, присоединенные к энергосистемам⁵.

Рынок накопителей электроэнергии для энергетики – один из самых перспективных рынков высоких технологий в мире, демонстрирующий экспоненциальные темпы роста. McKinsey Global Institute включил этот тип технологий в число 12 наиболее значимых для развития мировой экономики⁶. По прогнозу Bloomberg New Energy Finance, за период 2016–2030 годов объем инвестиций в системы накопления электроэнергии превысит 100 млрд долл. США⁷.

ДРАЙВЕРЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА СНЭ

Основными драйверами развития рынка и практики применения СНЭ в мире были – в порядке значимости – пять основных факторов:

1. Удешевление и массовое распространение генерации на основе ВИЭ, эффективное масштабное применение которой невозможно без СНЭ.
2. Развитие и начало массового распространения частного электрического транспорта.
3. Массовое промышленное освоение литий-ионных АКБ, выступающих своего рода строительными блоками наиболее распространенных сегодня СНЭ, и резкое снижение их стоимости.
4. Развитие и снижение стоимости силовой электроники, способной эффективно преобразовывать ток из постоянного в переменный и наоборот, а также развитие систем коммуникаций, позволяющих координировать и управлять значительным количеством объектов в энергосистеме.
5. Рост потребности в пиковых генерирующих и сетевых мощностях (в т.ч. вследствие увеличения доли более неравномерного бытового потребления в совокупном балансе электропотребления), приводящий к росту стоимости мощности для потребителей и к снижению эффективности работы энергосистем.

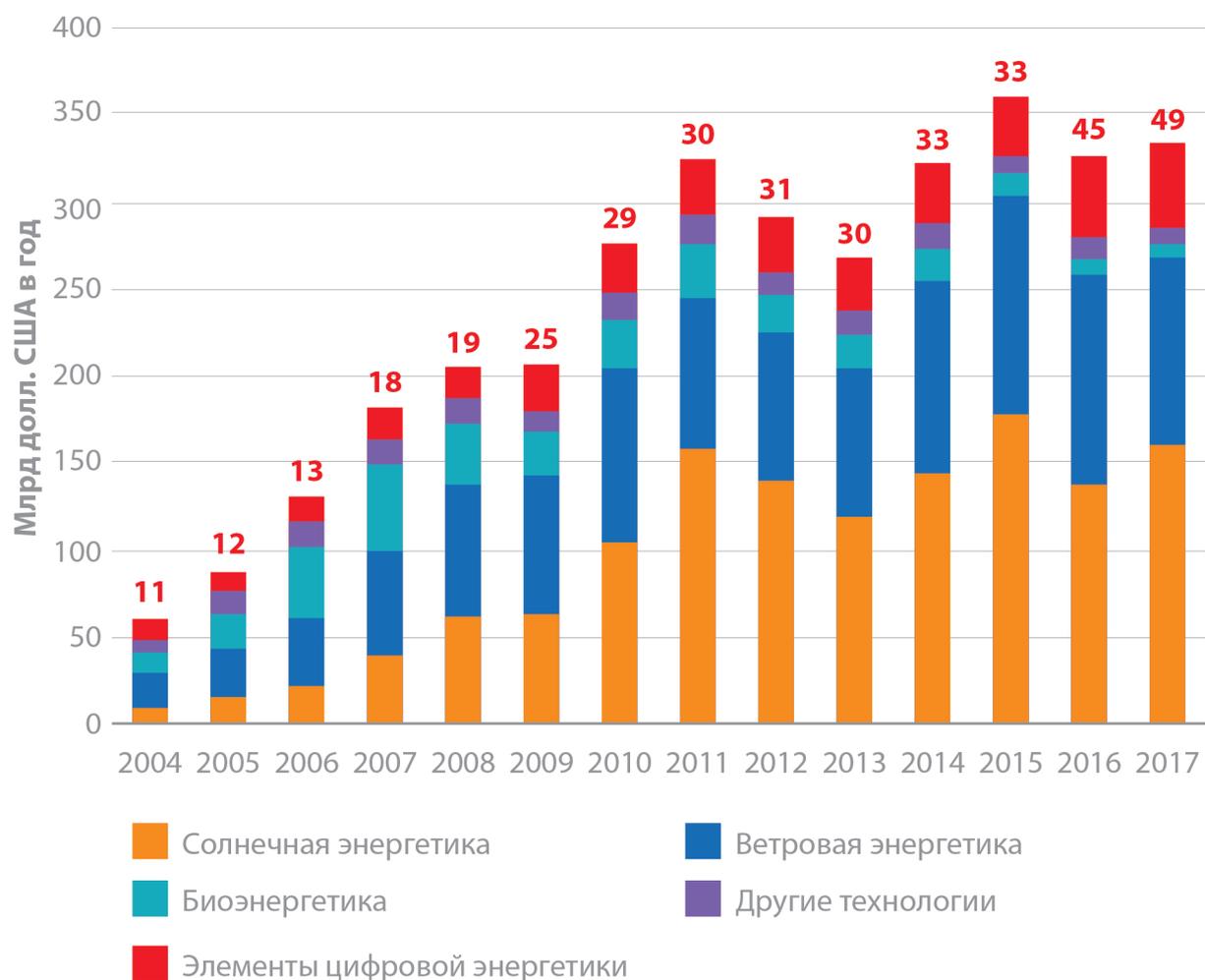
⁵ По данным отчетов Energy Storage for the Grid and Ancillary Services // Navigant Research, 2Q 2016; Distributed Generation and Energy Storage in Telecom Networks // Navigant Research, 2Q 2015; Advanced Energy Storage for Automotive Applications // Navigant Research, 4Q 2017; Residential Energy Storage // Navigant Research, 4Q 2017; Energy Storage for Renewables Integration // Navigant Research, 4Q 2017; Stationary Fuel Cells // Navigant Research, 3Q 2016.

⁶ Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy // McKinsey Global Institute, May 2013.

⁷ Global Storage Market to Double Six Times by 2030 // Bloomberg [Электронный ресурс]. 2017. Ноябрь. Режим доступа: <https://about.bnef.com/blog/global-storage-market-double-six-times-2030>

Сегодня системы накопления электроэнергии сами выступают одним из основных драйверов развития мировой энергетики, ускоряя и облегчая ее цифровой переход: развитие свободного энергообмена, p2p-рынков энергии и мощности; применение распределенных энергетических ресурсов и их агрегаторов, управление спросом (Demand Response); рост доли ВИЭ в энергобалансе, в том числе за счет распределенной и микрогенерации; развитие и массовое распространение электромобилей, беспилотных летательных аппаратов и другого электрического транспорта. Характер этой глобальной трансформации и возможная роль России в ней описаны в докладе «Цифровой переход в электроэнергетике России» Фонда «Центр стратегических разработок»⁸.

Рисунок 3. Инвестиции в новую энергетику* в мире, млрд долл. США в год



Источник: Bloomberg New Energy Finance

⁸Цифровой переход в электроэнергетике России. Экспертно-аналитический доклад // ЦСР [Электронный ресурс]. 2017. Сентябрь. Режим доступа: https://csr.ru/wp-content/uploads/2017/09/Doklad_energetika-Web.pdf

Зарубежные аналитические агентства также рассматривают СНЭ как компоненту новой энергетики и умных энергетических технологий, рынок которых расширяется в контексте роста инвестиций в новую энергетику: за последние 10 лет объем мирового рынка СНЭ увеличился почти в три раза.

СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ СНЭ

Наиболее революционное значение применение СНЭ имеет для электроэнергетики и различных видов транспорта. Функциональные возможности СНЭ позволяют определить четыре основных профиля их использования в этих отраслях:

1. Накопители электроэнергии могут играть роль **основного мобильного или подзаряжаемого (заправляемого) источника энергии**, аналогично емкостям с углеводородным топливом. Характерное время разрядки составляет более 12 часов. В этом качестве они могут применяться:

- как собственный источник энергии для промышленных предприятий, оборудования и объектов инфраструктуры, домохозяйств;
- как бортовой запас энергии для двигателей личного и общественного электрического и гибридного транспорта всех видов, в том числе автомобилей с электрическими двигателями и БПЛА;
- для первичного и вторичного регулирования и поддержания частоты в энергосистемах, заменяя в этой функции генераторы;
- для повышения качества электроснабжения на стороне коммерческих, промышленных потребителей и домохозяйств;
- в пусковых системах для электрических двигателей различного рода, снижающих воздействие на энергосистемы от пусковых токов;
- для рекуперации энергии на электрическом транспорте и промышленном оборудовании с подвижными частями;
- в электрических трансмиссиях на разных видах транспорта.

Сферы применения СНЭ могут быть классифицированы по двум параметрам: перечисленным основным функциям, которые выполняют СНЭ, и типам потребителей, использующих СНЭ в этих функциях. Такая матричная классификация сфер применения накопителей, приведенная в таблице 1, позволяет в дальнейшем анализировать сценарии и эффекты применения СНЭ в России.

Таблица 1. Сферы применения и функции систем накопления электроэнергии

Средний диапазон разряда	Основные функции использования систем хранения электроэнергии	Типы потребителей систем хранения электроэнергии			
		Национальные и региональные энергосистемы (GRID SCALE), от 500 кВт·ч	Коммерческие и промышленные предприятия (COMMERCIAL & INDUSTRIAL SCALE), от 150 до 500 кВт·ч	Частный и общественный электрический транспорт (VEHICLE SCALE), от 50 до 150 кВт·ч	Домохозяйства и промышленное оборудование (RESIDENTIAL & EQUIPMENT SCALE), от 10 до 50 кВт·ч
>12 часов	Основной источник энергии	–	1.2.1. Собственный источник энергии для предприятий	1.3.1. Источник энергии на личном электрическом и гибридном транспорте. 1.3.2. Источник энергии на общественном электрическом и гибридном транспорте	1.4.1. Собственные источники энергии для домохозяйств и промышленного оборудования
0,25–8 часов	Аварийный источник энергии	2.1.1. Вращающийся резерв мощности на загрузку и разгрузку	2.2.1. Источники бесперебойного питания предприятий. 2.2.2. Источники аварийного питания предприятий	–	2.4.1. Источники бесперебойного питания домохозяйств. 2.4.2. Источники аварийного питания социальных объектов и оборудования
0,5–6 часов	Управление графиком потребления	3.1.1. Сглаживание суточного графика нагрузки в энергосистемах. 3.1.2. Сглаживание годовой неравномерности потребления электроэнергии. 3.1.3. Разгрузка центров питания и сечений	3.2.1. Ценовой арбитраж. 3.2.2. Сглаживание графика потребления. 3.2.3. Повышение эффективности собственной генерации, в том числе ВИЭ	–	3.4.1. Ценовой арбитраж. 3.4.2. Сглаживание графика потребления. 3.4.3. Повышение эффективности собственной генерации
<15 минут	Регулирование системных параметров	4.1.1. Первичное и вторичное регулирование частоты в энергосистеме	4.2.1. Регулирование системных параметров. 4.2.2. Пусковые системы	4.3.1. Рекуперация энергии на неподключенном общественном транспорте	4.4.1. Рекуперация энергии на оборудовании. 4.4.2. Электро-трансмиссия. 4.4.3. Пусковые системы

ВЛИЯНИЕ СНЭ НА ИЗМЕНЕНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Такой разнообразный набор функций и сфер применения СНЭ определяется очень широкими возможностями в аккумуляции и последующей выдаче электроэнергии от миллисекунд до часов и дней; широким диапазоном мощности, энергоемкости и их соотношения; большими допустимыми токами зарядки и разрядки; практически моментальным переключением между различными режимами работы; высокой энергетической эффективностью.

Эти качества открывают технологические возможности для реализации принципиально новых архитектур энергосистем:

1. Энергосистема с широкими возможностями по управлению графиками генерации электроэнергии за счет **установки систем накопления электроэнергии большой мощности** в узлах сетей. В такой энергосистеме СНЭ играют роль системной регулирующей мощности, обеспечивающей возможность оптимального использования генерирующих мощностей и взаимного сдвига графиков генерации и потребления электрической энергии.
2. **Интернет энергии (IoEN)**, в котором активные потребители, в том числе владеющие СНЭ и собственной генерацией и имеющие возможность как управлять потреблением, так и предоставлять накопленную электроэнергию и мощности своих СНЭ, реализуют свободный энергетический обмен и другие энергетические транзакции и сервисы на децентрализованных рынках. Для интернета энергии характерны следующие особенности:
 - появление активных потребителей с гибко управляемым потреблением, имеющих значительную долю в энергетическом балансе;
 - гибкое управление загрузкой генерирующих и сетевых мощностей;
 - возможность локального управления качеством электроэнергии на стороне потребителей и групп потребителей;
 - самостоятельная балансировка мощности в малых энергосистемах, в том числе с работой генерации и нагрузки в несинхронном режиме. В этом случае все генераторы и потребители связаны друг с другом через энергетический хаб – устройство контроля и регулирования первичного баланса мощности, выстроенного на базе опорно-балансирующих накопителей энергии и позволяющего каждому генератору работать в оптимальном режиме, свободном от режима энергосистемы;
 - эффективная интеграция генерации на основе ВИЭ, повышение эффективности и доли ВИЭ в энергетическом балансе энергосистемы;

- интеграция электротранспорта с электрическими сетями как элемента энергосистем (V2G);
 - энергоснабжение промышленных, коммерческих потребителей и жилой застройки на постоянном токе со сложно-замкнутой топологией сети. Такие системы электроснабжения, по предварительным оценкам, позволят снизить технические потери на низком напряжении в 4 раза (с 12% до 3%), а стоимость владения системой электроснабжения – на 25%⁹.
3. **Взаимная интеграция электроэнергетики с топливной и газовой инфраструктурой** (power-to-fuel, power-to-gas), включая производство перспективных видов синтетического топлива (водорода, метана, метанола, аммиака) из электроэнергии.

«НАКОПИТЕЛЬНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ»

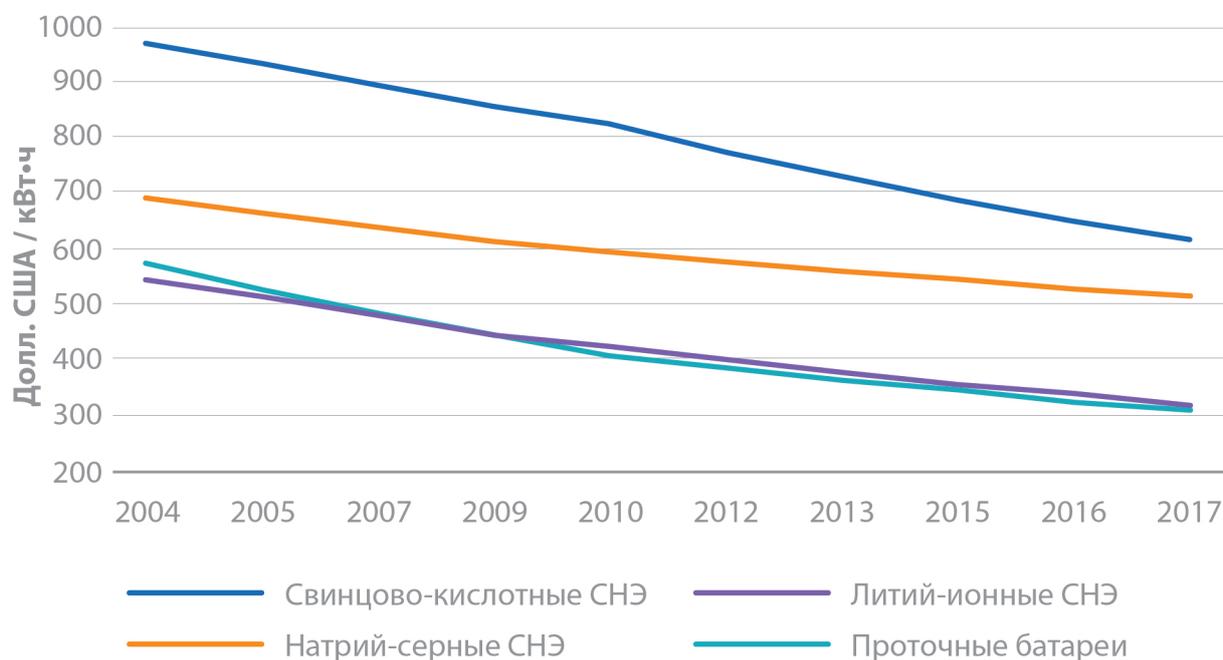
В области технологий накопления электроэнергии сегодня наблюдается настолько бурный прогресс, что можно говорить о «накопительной революции». Этот прогресс можно наблюдать на примере литий-ионных аккумуляторов для электроэнергетики и электромобилей. По данным Bloomberg New Energy Finance, с 2010 по 2016 годы стоимость таких аккумуляторов упала почти в 4 раза – с 1 000 до 273 долл. США за кВт·ч – и продолжает снижаться в среднем до 20% в год¹⁰. Ожидается, что к 2030 году цена на литий-ионные ячейки составит всего 74 долл. США за кВт·ч. Даже более консервативный прогноз Navigant Research показывает, что стоимость СНЭ на различных технологиях будет падать в среднем на 5% каждый год и достигнет в среднем 320 долл. США за кВт·ч готовой СНЭ, включающей АКБ, BMS и инвертор¹¹. Ресурс работы литий-ионных аккумуляторных батарей за это же время вырос в среднем в 3-4 раза, до почти 4 000 циклов, причем ряд новых технологий позволяет получить ресурс до 20 000 циклов, но пока еще при высокой стоимости системы.

⁹DC Power Distribution Architecture // Bosch. 2016.

¹⁰Lithium-ion Battery Costs and Market // Bloomberg. 2017.

¹¹Energy Storage for the Grid and Ancillary Services // Navigant Research [Электронный ресурс]. 2016. Режим доступа: <https://www.navigantresearch.com/research/market-data-energy-storage-for-the-grid-and-ancillary-services>

Рисунок 4. Прогноз динамики удельной стоимости энергоёмкости систем накопления электроэнергии



Источник: Navigant Research

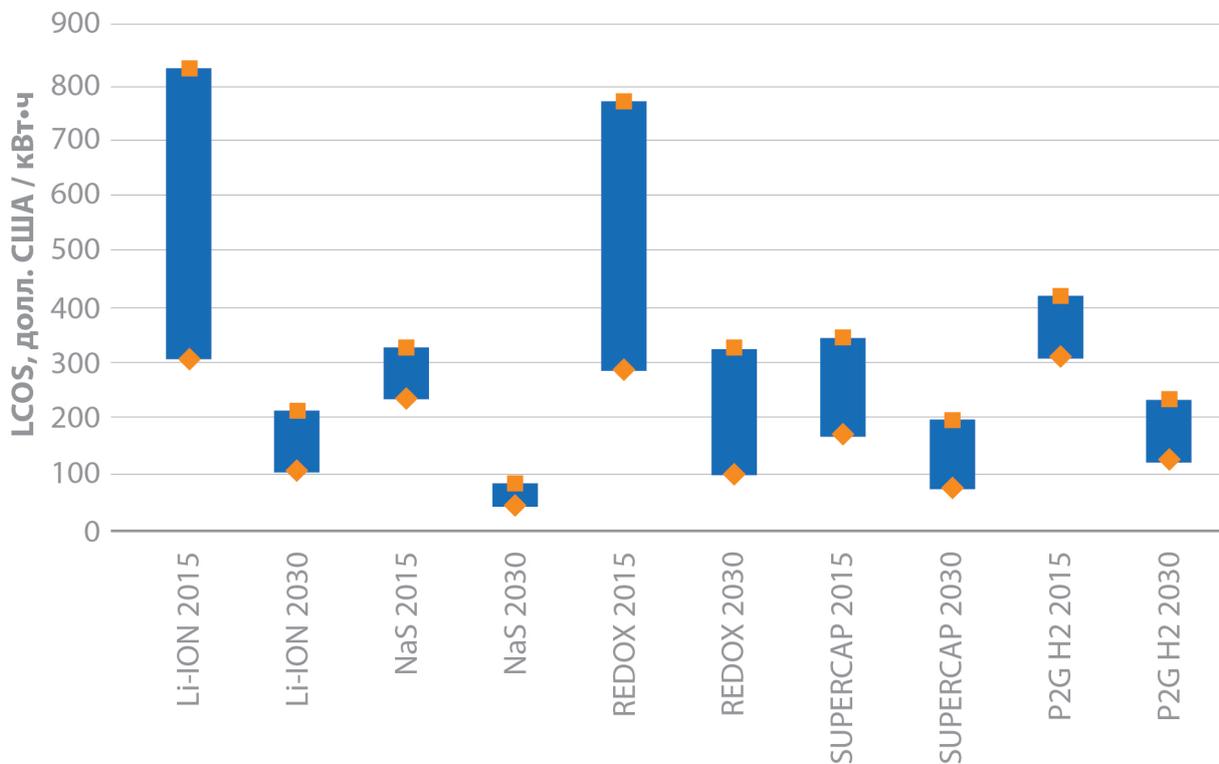
Приведенная стоимость хранения на жизненном цикле (LCOS¹²), по оценкам на основе данных Lazard, должна к 2030 году по сравнению с 2015-м снизиться для литий-ионных СНЭ с 550 до 150 долл. США за МВт·ч, а для проточных батарей – с 500 до 200 долл. США за МВт·ч¹³.

Такое устойчиво быстрое улучшение технико-экономических характеристик накопителей энергии подогревает рост рынка, делая экономически целесообразным и все более эффективным применение СНЭ. Иными словами, СНЭ представляют собой достаточно новую для массового применения в электроэнергетике, но чрезвычайно многообещающую и быстро развивающуюся технологию. При этом рынок СНЭ в мире бурно растет и становится одним из самых привлекательных высокотехнологичных рынков энергетического оборудования.

¹²Приведенная стоимость хранения на жизненном цикле (LCOS) – величина, на которую увеличивается стоимость каждой единицы (кВт·ч) потребленной электроэнергии за счет того, что эта электроэнергия аккумулировалась в СНЭ.

¹³Lazard's Levelized Cost of Storage Analysis. Version 3.0 // Lazard. 2017.

Рисунок 5. Прогноз динамики приведенной стоимости накопления электроэнергии на жизненном цикле LCOS



Источник: Lazard

России важно не упустить шанс занять на нем достойное место и использовать новые технологии для повышения эффективности собственной национальной экономики. Для этого необходимо организовать системную работу по развитию рынка систем хранения электроэнергии в форме стимулирования развития приоритетных сфер их применения, поддержки проектов разработки технологии и создания производства самих систем хранения и/или их ключевых компонентов для внутреннего рынка и экспорта.



ГЛАВА 2.

РОССИЙСКИЕ
ВОЗМОЖНОСТИ
И БАРЬЕРЫ

ЭФФЕКТЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА СНЭ

Применение СНЭ открывает для российской экономики существенные перспективы: совокупный эффект (за вычетом инвестиций в установку СНЭ) составит на горизонте 2025–2035 годов до 10 млрд долл. США в год¹⁴. Этот эффект будет достигнут за счет:

1. формирования российского промышленного потенциала и выхода российских компаний на экспортные поставки СНЭ, а также поставок водородного топлива (накопленной энергии);
2. повышения системной эффективности электроэнергетики в России и сдерживания роста цен на электроэнергию и мощность вследствие:
 - 2.1. снижения потребности в резервных и регулирующих генерирующих и сетевых мощностях, в том числе за счет выравнивания графиков нагрузки в энергосистеме;
 - 2.2. повышения загрузки (коэффициента использования) существующих генерирующих и сетевых мощностей;
 - 2.3. повышения надежности работы генерирующих мощностей как результат перевода их функционирования в более стабильные режимы;
 - 2.4. повышения надежности и качества электроснабжения потребителей;
 - 2.5. задействования распределенных энергетических ресурсов;
 - 2.6. сокращения потребности в капитальных вложениях в энергетическую инфраструктуру (централизованная генерация, сети);
3. повышения эффективности электроснабжения потребителей с высокими и особыми требованиями к автономности, доступности, надежности, мобильности и качеству электроэнергии вследствие:
 - 3.1. повышения доступности решений по энергоснабжению с использованием накопителей и источников бесперебойного питания;
 - 3.2. снижения стоимости владения энергетическим оборудованием на стороне потребителя за счет повышения эффективности использования генерации (повышение КИУМ, снижение расхода топлива) и снижения износа оборудования при более оптимальных условиях эксплуатации;

¹⁴ Концепция развития рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации // Минэнерго России [Электронный ресурс]. 2017. Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/9013>

3.3. появления дополнительных возможностей у потребителей (участие в регулировании, продажа электроэнергии).

ПРИОРИТЕТНЫЕ СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ СНЭ В РОССИИ

Совокупно приоритетные сферы применения СНЭ, формирующие наибольшие сектора внутреннего рынка и обеспечивающие достижение наибольшего эффекта для экономики, создадут на горизонте 2025–2035 годов до 8 млрд долл. США в год¹⁵.

К этим приоритетным сферам применения относятся:

1. **Интернет энергии** – применение СНЭ в составе микроэнергосистем, включая изолированные, а также на стороне промышленных, коммерческих и бытовых потребителей, в том числе в системах электроснабжения жилой недвижимости. Объем мирового рынка систем такого типа по состоянию на 2025 год оценивается в 56,7 млрд долл. США в год¹⁶. Его сектора вместе создадут в РФ к 2025 году рынок в объеме 0,7-1,7 млрд долл. США в год и обеспечат совокупный экономический эффект за вычетом инвестиций в размере 1,1-2,1 млрд долл. США в год¹⁷. В число таких секторов войдут:

- 1.1. применение СНЭ в электроснабжении изолированных и удаленных районов;
- 1.2. применение СНЭ в системах энергоснабжения жилых районов, в том числе на постоянном токе;
- 1.3. использование СНЭ в системе энергоснабжения промышленных и коммерческих потребителей;
- 1.4. применение СНЭ на аккумуляторном и подключенном электрическом транспорте и в зарядной инфраструктуре;
- 1.5. специальные сервисные применения СНЭ (передвижные аварийные источники питания, коллективные ИБП, сервисы повышения качества электроэнергии).

¹⁵ Концепция развития рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации // Минэнерго России [Электронный ресурс]. 2017. Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/9013>

¹⁶ По данным отчетов Energy Storage for the Grid and Ancillary Services // Navigant Research. 2Q 2016; Distributed Generation and Energy Storage in Telecom Networks // Navigant Research. 2Q 2015; Advanced Energy Storage for Automotive Applications // Navigant Research, 4Q 2017; Residential Energy Storage // Navigant Research, 4Q 2017; Energy Storage for Renewables Integration // Navigant Research, 4Q 2017; Stationary Fuel Cells // Navigant Research, 3Q 2016.

¹⁷ Концепция развития рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации // Минэнерго России [Электронный ресурс]. 2017. Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/9013>

2. **Новая генеральная схема** – применение СНЭ в ЕЭС на стороне крупной энергетики и сетевого комплекса, в том числе на объектах сетевой инфраструктуры и в сферах, в которых в настоящее время используются включенные в ЕЭС генераторы. Годовой объем глобального рынка систем такого типа можно оценить к 2025 году в 18,3 млрд долл. США¹⁸. Сектора этого рынка вместе сформируют к 2025 году потенциальный объем продаж в России на уровне 0,2-4 млрд долл. США в зависимости от масштабов применения СНЭ в ЕЭС и позволят достичь совокупного экономического эффекта, оцененного за вычетом инвестиций в 0,4-2,6 млрд долл. США¹⁹. В число таких секторов войдут:

2.1. управление суточным графиком потребления и генерации, а также качеством электроэнергии;

2.2. вращающийся резерв энергосистемы и другие системные услуги.

3. **Водородная энергетика** – сфера применения специфического типа СНЭ (аккумуляция электроэнергии в водородном цикле) для экспортных поставок водородного топлива как превращенной формы электроэнергии (power-to-gas) на потенциальные рынки стран, развивающих программы перехода на водородный транспорт (HFCV) и водородную энергетику (Япония, Южная Корея, Германия, Великобритания, США). Эта сфера сформирует рынок систем водородной энергетики в РФ к 2025 году объемом 0,5-2,9 млрд долл. США²⁰ в год при мировом рынке энергетического водорода до 30 млрд долл. США в год²¹. За счет этого совокупный эффект для экономики России достигнет 1,1-6,3 млрд долл. США в год в зависимости от места страны на глобальном рынке водорода²².

¹⁸ По данным отчетов Energy Storage for the Grid and Ancillary Services // Navigant Research. 2Q 2016; Distributed Generation and Energy Storage in Telecom Networks // Navigant Research. 2Q 2015; Advanced Energy Storage for Automotive Applications // Navigant Research, 4Q 2017; Residential Energy Storage // Navigant Research, 4Q 2017; Energy Storage for Renewables Integration // Navigant Research, 4Q 2017; Stationary Fuel Cells // Navigant Research, 3Q 2016.

¹⁹ Концепция развития рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации // Минэнерго России [Электронный ресурс]. 2017. Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/9013>

²⁰ Там же.

²¹ Hydrogen Consumption for Fuel Cells and Other Emerging Markets Will Reach Nearly \$50 Billion in Revenue by 2030 // Navigant Research [Электронный ресурс]. 2013. Режим доступа: <https://www.navigantresearch.com/newsroom/hydrogen-consumption-for-fuel-cells-and-other-emerging-markets-will-reach-nearly-50-billion-in-revenue-by-2030>

²² Концепция развития рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации // Минэнерго России [Электронный ресурс]. 2017. Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/9013>

РЫНОК СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИИ: ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ

Таблица 2. Оценка мирового и российского рынков СНЭ и потенциального эффекта от развития рынка СНЭ для экономики РФ

Сценарии развития рынка СНЭ	Мировой рынок с 2025 г. в годовом выражении (источник: Navigant Research)	Российский рынок с 2025 г. в годовом выражении (источник: Минэнерго России, ЦСР)		Эффект для экономики РФ с 2025 г. в годовом выражении за вычетом инвестиций (источник: Минэнерго России, ЦСР)	
		Консервативный	Оптимистичный	Консервативный	Оптимистичный
1. Интернет энергии, в т.ч.:					
1.1. Применение в электроснабжении изолированных и удаленных районов	56,7 млрд долл. США	0,7 млрд долл. США	1,7 млрд долл. США	1,1 млрд долл. США (в т.ч. 0,5 млрд долл. США – экспорт)	2,2 млрд долл. США (в т.ч. 1 млрд долл. США – экспорт)
1.2. Применение в системах энергоснабжения жилых районов					
1.3. Использование в системе энергоснабжения промышленных и коммерческих потребителей					
1.4. Применение на электрическом транспорте и в зарядной инфраструктуре					
1.5. Другие применения (передвижные аварийные источники питания, коллективные ИБП, повышение качества электроэнергии)					
2. Новая генеральная схема, в т.ч.:					
2.1. Управление суточным графиком потребления и генерации, управление качеством электроэнергии	18,3 млрд долл. США	0,2 млрд долл. США	4 млрд долл. США	0,4 млрд долл. США (в т.ч. 0,18 млрд долл. США – экспорт)	2,6 млрд долл. США (в т.ч. 0,37 млрд долл. США – экспорт)
2.2. Вращающийся резерв энергосистемы и другие системные услуги					
3. Новая генеральная схема, в т.ч.:	30 млрд долл. США (водород)	0,5 млрд долл. США (системы производства водорода)	2,9 млрд долл. США (системы производства водорода)	1,1 млрд долл. США (экспорт водорода)	6,3 млрд долл. США (экспорт водорода)

ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СНЭ В РОССИИ

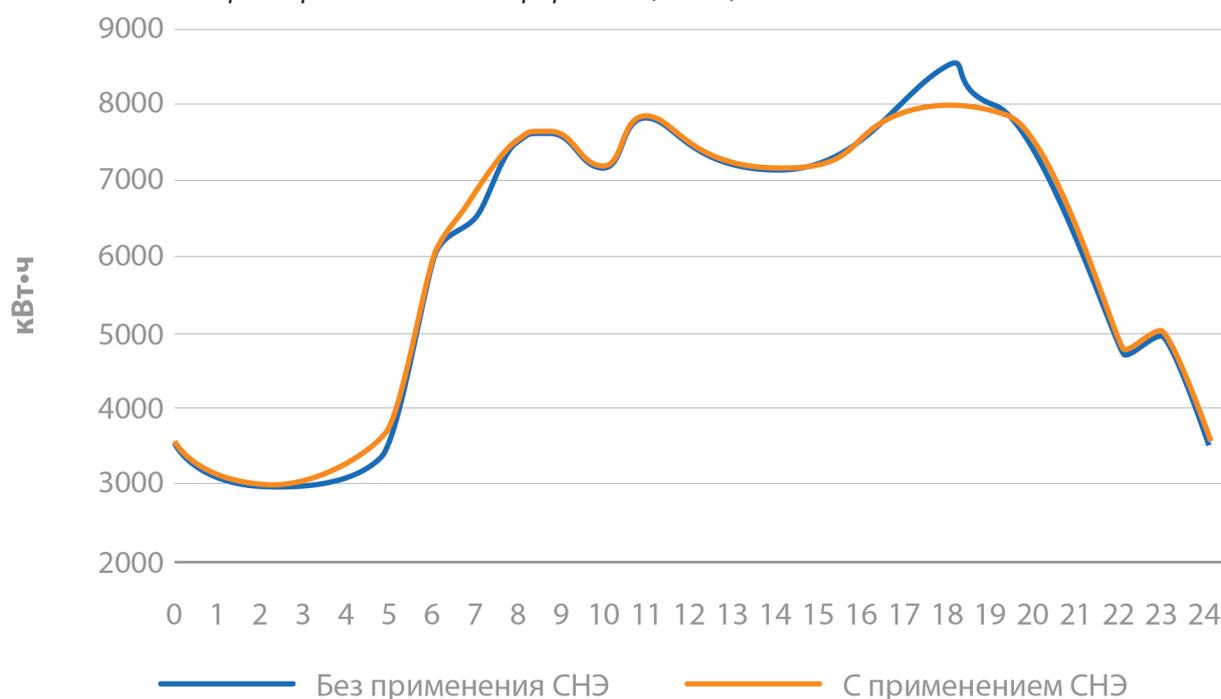
Результаты инвестиционного моделирования различных проектов использования СНЭ в электроэнергетике показывают, что данные системы вплотную приблизились к той черте эффективности, за которой должен последовать резкий рост рынка и распространение практики их применения, поскольку в целом ряде случаев, не отличающихся уникальностью

технико-экономических условий, моделирование показывает целесообразность и эффективность внедрения СНЭ. Перечислим лишь некоторые из этих кейсов.

Применение СНЭ для управления суточным профилем потребления электроэнергии в городском микрорайоне

Оценка, проведенная Фондом «ЦСР», показывает, что применение СНЭ для управления суточным профилем потребления объектами застройки городского микрорайона даже при действующих на рынке ценах на СНЭ и действующих правилах рынка электроэнергии и мощности позволяет при строительстве микрорайона с присоединенной мощностью порядка 8,5 МВт получить NPV инвестиционного проекта до 65 млн рублей на 10-летнем цикле (при ставке дисконтирования 10%).

Рисунок 6. Возможности СНЭ для управления почасовым профилем потребления электроэнергии в жилом микрорайоне (кВт·ч)



Исходные данные: фонд «Форсайт»

В этом случае капитальная стоимость установки СНЭ мощностью порядка 1 МВт и емкостью 2 МВт·ч составит 80 млн рублей. Эффекты применения СНЭ достигаются за счет:

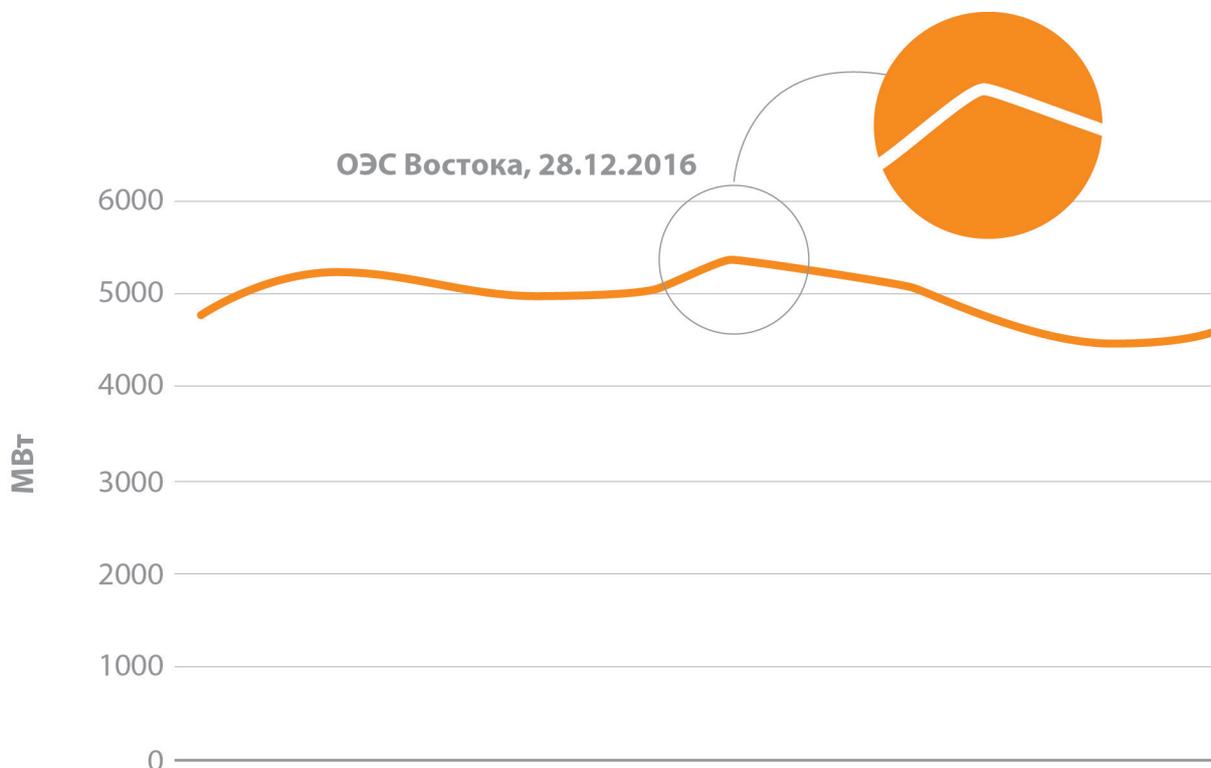
- снижения платы за потребленную электроэнергию благодаря уменьшению потребления в часы с высокой ценой на электроэнергию и росту потребления в часы с низкой ценой (ценового арбитража);

- снижения платы за потребленную мощность благодаря уменьшению потребления в расчетные (пиковые) часы;
- снижения платы за переданную мощность благодаря уменьшению потребления в расчетные (пиковые) часы;
- снижения расходов на технологическое присоединение благодаря уменьшению необходимости в присоединенной мощности потребителей.

Применение СНЭ для замещения пиковой генерации

Модельные расчеты Фонда «ЦСР» показывают, что замещение пиковой генерации – мощностей, используемых лишь несколько десятков часов в год в силу особенностей профилей потребления электроэнергии – на СНЭ позволяет снизить затраты на строительство и эксплуатацию таких пиковых мощностей почти на 20%. Например, согласно данным Фонда «ЦСР», строительство СНЭ в энергосистеме Дальнего Востока обошлось бы в 3 млрд рублей и обеспечило NVP проекта (на 10-летнем цикле с 12% ставкой) на уровне 156 млн рублей.

Рисунок 7. Место пиковой генерации в профиле генерации в ОЭС Востока на примере графика мощности генерирующих объектов за 28 декабря 2016 года



Источник: Фонд «ЦСР» по данным АО «Системный интегратор»

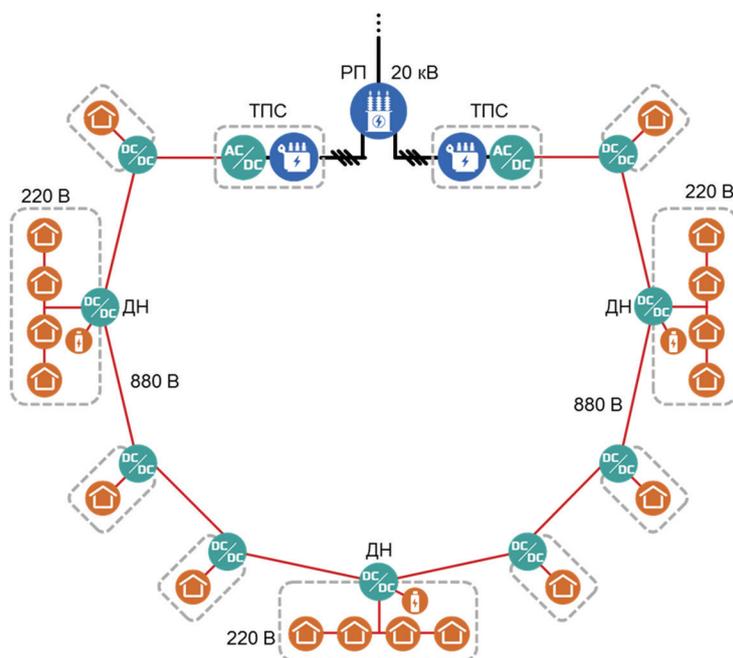
Применение СНЭ как элемента системы электроснабжения жилого дома на постоянном токе

Системы накопления электроэнергии могут сыграть чрезвычайно важную роль в переходе к принципиально новой архитектуре систем электроснабжения жилой, коммерческой недвижимости и объектов социальной инфраструктуры – системам на постоянном токе. СНЭ интегрируются в системы на постоянном токе существенно проще и дешевле, чем в системы на переменном, – благодаря тому, что не нужно использовать дорогостоящие инверторы. При этом роль СНЭ состоит в первую очередь во внутренней балансировке мощности в энергосистемах и сетях на постоянном токе (роль опорно-балансирующего накопителя), где также упрощена интеграция источников распределенной генерации. Кроме того, СНЭ позволят оптимизировать профиль потребления, снизить необходимость в присоединенной мощности и реализовать один из вариантов беспроводной зарядки устройств на основе емкостной передачи электроэнергии.

Переход к построению систем электроснабжения микрорайонов на постоянном токе может обеспечить достижение следующих полезных эффектов:

- за счет более чем двукратного увеличения напряжения в распределительных сетях (с 380 В для сетей переменного тока до 880 В для сетей постоянного тока) уменьшается сечение линий распределительной сети микрорайона и увеличивается их эффективная протяженность;
- при формировании полукольцевых линий подстанции 20/0,88 кВ могут устраиваться как однострансформаторные и обеспечивать при этом первую категорию электроснабжения;
- возможность реализации магистральной схемы существенно снижает объем кабельной продукции;
- сокращается размер отчуждаемой территории под строительство подстанций и распределительной сети;
- исключаются проблемы с уровнем напряжения у потребителя и реактивной мощностью;
- сокращаются технические и коммерческие потери;
- обеспечивается простая интеграция систем накопления энергии и ВИЭ.

Рисунок 8. Архитектура системы электроснабжения жилого микрорайона на постоянном токе



Источник: Фонд «ЦСР»

В рамках системы электроснабжения на постоянном токе предлагается снизить расчетную потребляемую мощность приемников и тем самым уменьшить мощность технологического присоединения с учетом следующих факторов:

- снижение технических потерь активной мощности до 2-3%;
- снижение потребности в присоединенной мощности за счет передачи только активной мощности;
- реализация интеллектуальных алгоритмов управления нагрузкой, реализованных через работу интеллектуальных интерфейсов, например, DC/DC-преобразователей в квартирах, не допускающих одновременного включения на полную мощность более одного приемника.

Реализация всех указанных возможностей позволит снизить потребляемую присоединенную мощность жилого помещения (квартиры или домохозяйства) до номинальной мощности самого большого приемника (прибора) электроэнергии. В целом можно ожидать снижение потребности в присоединенной мощности до 3-5 раз в расчете на одно помещение.

Применение СНЭ для повышения КИУМ гибридных источников генерации в изолированных энергосистемах

Системы накопления электроэнергии могут быть применены в изолированных энергосистемах удаленных поселений, вахтовых поселков и объектов инженерной инфраструктуры для повышения эффективности использования объектов генерации. Кроме уже рассмотренного вопроса о снижении потребности в мощности собственных генераторов, применение СНЭ дает следующие полезные эффекты, приводящие к повышению совокупной эффективности работы энергосистемы и в результате – к снижению себестоимости электроэнергии для конечных потребителей:

- применение СНЭ совместно с ветровыми или ветро-дизельными генераторами, а также СЭС существенно повышает КИУМ генерации на ВИЭ за счет придания ей искусственной инерционности, возможности адаптивно подстраиваться под частые колебания скорости ветра или освещенности и, например, в большей степени использовать энергию ветра во время порывов и провалов (кратковременных скачков скорости);
- применение СНЭ совместно с дизель-генераторами значительно продлевает срок их межремонтной работы (ресурс мото-часов) за счет более стабильной нагрузки на дизель-генератор, всегда лежащей в интервале мощности и режимов работы последнего, при которых его ресурс и топливная эффективность максимальные;
- применение СНЭ в изолированной энергосистеме, основным источником энергии которой является ветро-дизельный генератор или сочетание СЭС и дизельного генератора, позволяет за счет повышения КИУМ существенно снизить время работы дизель-генератора, снижает расход топлива и позволяет повысить топливозамещение до 70%. Расчеты МФТИ, ООО «Институт электропитания», ООО «Интелион» и ООО «ВДМ-техника» показывают, что приведенная к жизненному циклу себестоимость производства электроэнергии (LCOE) уменьшается при применении ветро-дизельной генерации со СНЭ в сравнении с классическими дизель-генераторами более чем в 2 раза – с 25 до 11 рублей за кВт·ч.

Таблица 3. Приведенная стоимость выработки электроэнергии (LCOE) на различных типах генераторов в изолированных энергосистемах microgrid

Вариант электроснабжения	LCOE, руб./кВт·ч
Дизель-генератор	25,67
Дизель-генератор + ВЭУ + накопитель (замещение 70%)	11,42
Дизель-генератор + солнечные панели + накопитель (замещение 50%)	18,23
Дизель-генератор + солнечные панели (замещение 50%)	22,54
Дизель-генератор + ВЭУ (замещение 20%)	25,91

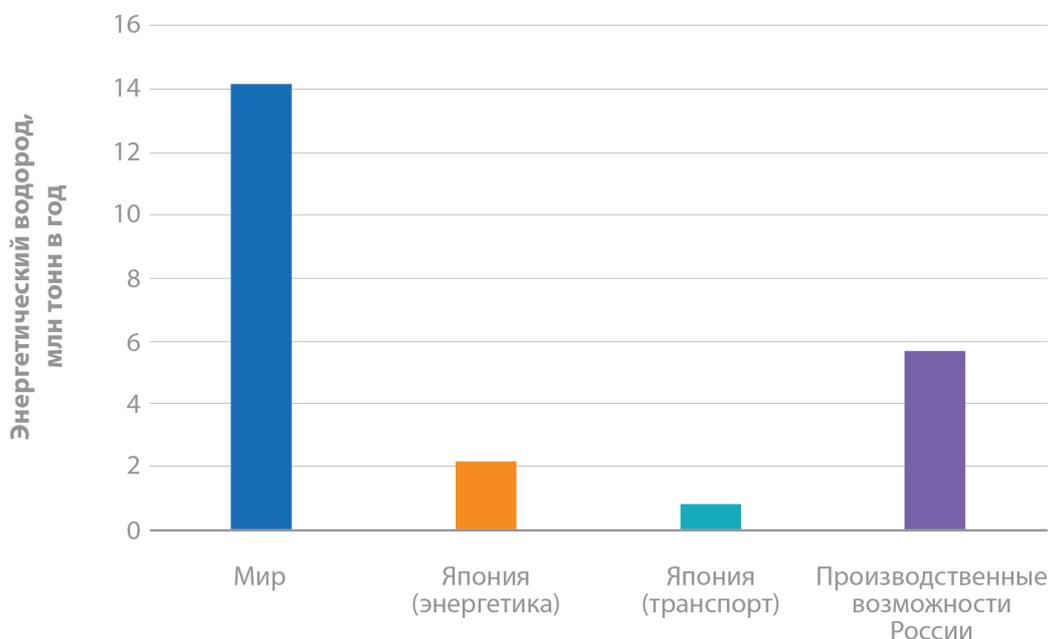
Источник: ЦСР по данным ООО «Институт электропитания»

Эти и целый ряд других примеров модельных оценок и обоснования инвестиций показывают, что в действительности СНЭ в России уже сегодня являются вполне эффективным вариантом решения задач энергоснабжения с существенным потенциалом роста эффективности их применения – в первую очередь за счет возможности значительного удешевления СНЭ.

Применение СНЭ на базе водородного цикла для экспортных поставок энергоносителей в Японию и страны Азиатско-Тихоокеанского региона

Мировой рынок водорода энергетического назначения (водородного топлива) для использования в автомобилях с топливными элементами, для собственной генерации на базе топливных элементов в домохозяйствах и коммерческой недвижимости, а также в централизованной генерации на базе сочетания топливных элементов и газовых турбин (SOFC + MGT) или только водородных газовых турбин оценивается Navigant Research на уровне 49,8 млрд долл. США к 2030 году. При целевой для государственных программ США и Японии цене на энергетический водород в пунктах ввоза (аналогах газовых хабов) в 3,3-3,5 долл. США за кг²³ это означает мировой спрос на водород в 14-15 млн тонн в год²⁴.

Рисунок 9. Прогноз мирового и японского рынка энергетического водорода в 2030 г. в сравнении с производственными возможностями России, млн тонн в год



Источник: Фонд «ЦСР» по данным Navigant Research и METI

²³ Basic Hydrogen Strategy // Ministerial Council on Renewable Energy, Hydrogen and Related Issues. 2017.

²⁴ Hydrogen Consumption for Fuel Cells and Other Emerging Markets Will Reach Nearly \$50 Billion in Revenue by 2030 // Navigant Research [Электронный ресурс]. 2017. Режим доступа: <https://www.navigantresearch.com/newsroom/hydrogen-consumption-for-fuel-cells-and-other-emerging-markets-will-reach-nearly-50-billion-in-revenue-by-2030>

Стратегическая программа Министерства экономики, промышленности и торговли Японии оценивает спрос на энергетический водород в стране на уровне 2,2 млн тонн в год в электроэнергетике и домохозяйствах и 0,8 млн тонн в год на заправочных станциях для автомобилей с топливными элементами²⁵. При этом рассматриваются три технологических варианта транспортировки водорода:

- в сжиженном виде в криогенных баках;
- в виде органического гидрида (толуола, гидрированного до метилциклогексана);
- в виде неорганического гидрида – сжиженного аммиака.

Возможности России по производству водорода методом электролиза воды (только на основании данных о доступном резерве генерирующей мощности в энергосистеме России на уровне 45 ГВт), по оценке Фонда «ЦСР», составляют 5-6 млн тонн в год (при КИУМ этих мощностей 70-80%).

Технико-экономическое моделирование, проведенное ЗАО «Гидроинжиниринг Сибирь» и уточненное Институтом арктических технологий МФТИ, показывает, что для пилотного кейса создания предприятия по производству и транспортировке водорода на экспорт в виде органического гидрида производительностью 36 тыс. тонн в год валовая прибыль составит 2,64 млрд рублей в год при инвестициях в строительство 9,55 млрд рублей. Цена водорода была определена как 2 долл. США за кг при условии поставки EXW, т.е. на «складе» предприятия. Предполагается, что оно будет использовать электроэнергию, вырабатываемую на Усть-Среднеканской ГЭС, и расположится в пригороде Магадана.

ПРОМЫШЛЕННАЯ БАЗА СНЭ В РОССИИ

Россия приступает к формированию национального рынка и складыванию практики массового применения СНЭ в энергетике и на транспорте с очень существенным отставанием от мировой энергетике. Кроме нескольких ГАЭС, установленная мощность которых составляет сегодня 1 375 МВт, СНЭ практически не получили распространения в электроэнергетике России.

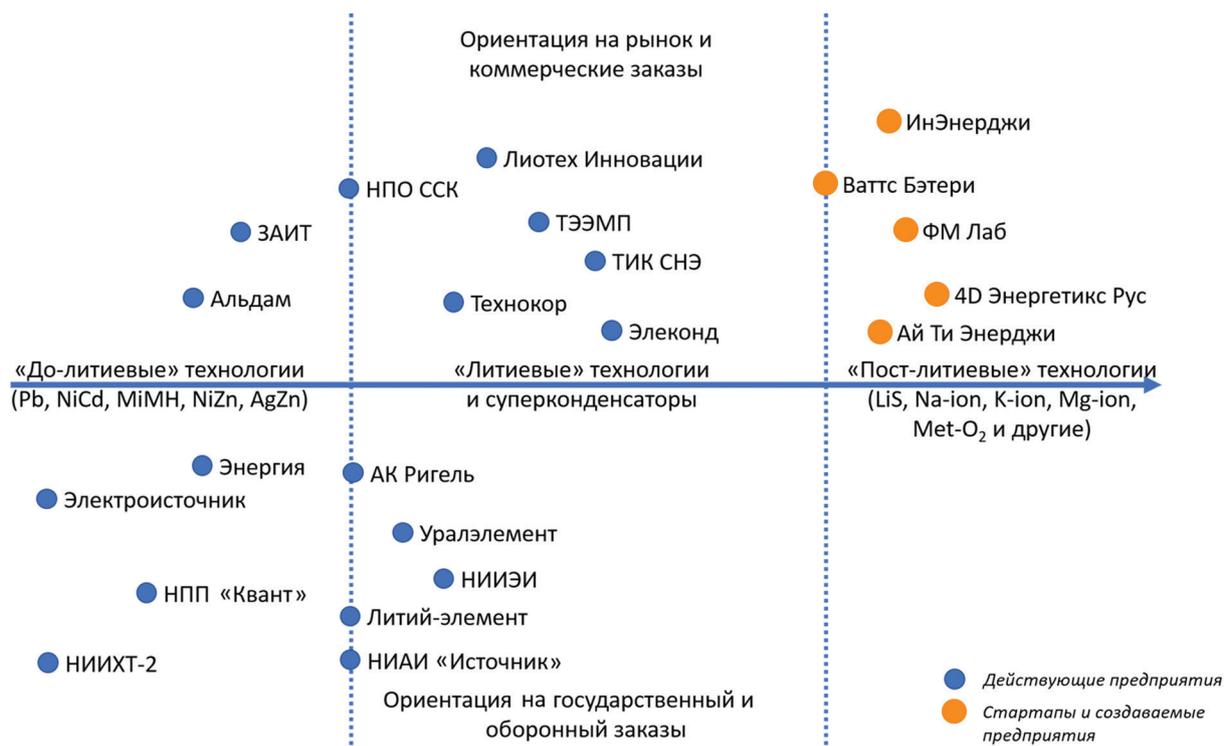
Исключение составляет только применение СНЭ на базе литий-ионных аккумуляторов, заменяющих свинцово-кислотные АКБ, в системах оперативного постоянного тока (СОПТ). Анализ, выполненный ООО «СНЭ», показывает, что в рамках СОПТ литий-ионные АКБ имеют в 4-10 раз лучшие характеристики в части занимаемой площади, количества циклов заряда-разряда, диапазона изменения напряжения, скорости заряда и удельной стоимости запасаемой энергии в сравнении со свинцово-кислотными АКБ. К середине 2017 года в России

²⁵ Strategic Road Map for Hydrogen and Fuel Cells // METI. 2014.

РЫНОК СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИИ: ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ

было примерно 1 100 электромобилей (при собственном производстве 50-100 машин в год). Для сравнения, по миру в то же время эксплуатируется более 3 млн с прогнозом увеличения до 5 млн единиц к концу 2018 года. Этим и еще несколькими пилотными внедрениями СНЭ (в основном на объектах электрических сетей) и ограничивается практика их применения в России.

Рисунок 10. Российские промышленные предприятия, выпускающие системы накопления электроэнергии



Источник: Фонд «ЦСР» по данным анкетирования и информации, представленной на официальных сайтах предприятий

В России действует более 15 предприятий, выпускающих различного рода электрохимические накопители энергии (кроме имеющих ограниченные рыночные перспективы в электроэнергетике свинцово-кислотных АКБ) и суперконденсаторы. Практически все они ориентированы исключительно на военный заказ, у их продукции специфическая номенклатура, а производство осуществляется в основном по относительно устаревшим технологиям, причем речь, как правило, идет о компонентах СНЭ и редко об СНЭ, полностью готовых к установке. По возможностям и характеристикам своих изделий эти предприятия вряд ли могут конкурировать с такими крупными игроками глобального рынка, как LGChem, NAS, Panasonic, A123, Samsung SDI или BYD.

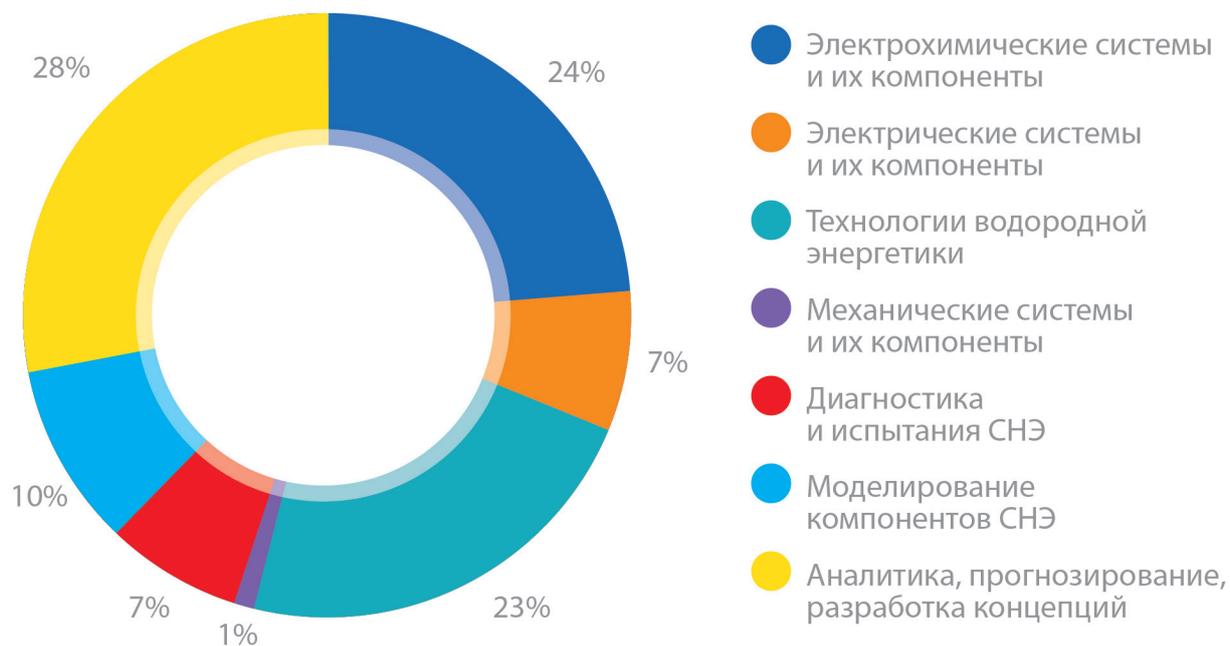
Единственный в России крупный завод, выпускающий современные литий-ионные аккумуляторы, – предприятие «Лиотех» (портфельная компания РОСНАНО) с проектной мощностью производства 1 ГВт·ч аккумуляторных ячеек в год, причем эти мощности

превышают уже имеющийся в стране спрос. Для сравнения, мировые производственные мощности литий-ионных аккумуляторов, применяемых в электромобилях, в начале 2017 года составили 107 ГВт·ч в год. Кроме того, за последние два года в России начато создание новых производственных мощностей по разным направлениям СНЭ: ООО «Энер Зет» – в сфере литий-ионных АКБ (технология NMC), ООО «ИнЭнерджи» – в сфере водородной энергетики и топливных элементов. Важным событием стал запуск производства современных суперконденсаторов ООО «ТЭЭМП».

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА СНЭ В РОССИИ

Исследования и разработки по темам накопителей электроэнергии, в том числе по водородной энергетике, поддерживаются и финансируются государством. Общий объем финансирования этих работ только по линии Минобрнауки и ФАНО составил за 2014–2017 годы более 1 млрд рублей.

Рисунок 11. Тематическое распределение государственного финансирования НИР и НИОКР в области СНЭ по линии Минобрнауки и ФАНО России



Тем не менее, даже несмотря на существование нескольких десятков стартапов в области СНЭ, российские разработки не выходят за стадию научных исследований и не достигают TRL 6 и выше, не превращаются в коммерческие продукты.

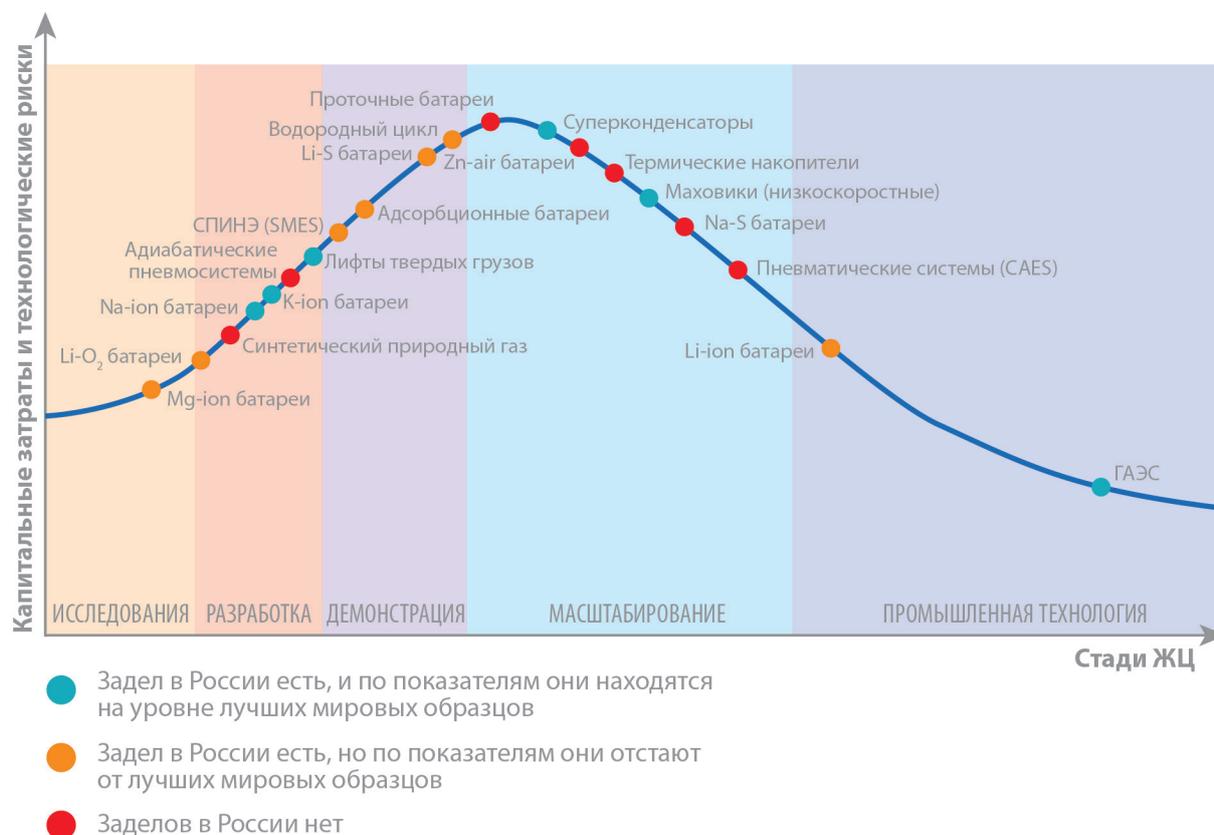
Если расположить технологии СНЭ на кривой Гартнера, взяв за основу уровень их развития в мире, а затем оценить наличие научно-технического задела по каждой из них в России, то можно заметить, что по освоенным типам технологий существенный задел имеется в области ГАЭС, а по технологиям, выходящим на стадию масштабного освоения, – по суперконденсаторам.

РЫНОК СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИИ: ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ

При этом наиболее многообещающие позиции имеют российские научные коллективы, ведущие разработки в области тех типов СНЭ, которые пока что только ожидаются на рынке. Это позволяет в научно-технической политике сделать ставку на разработку технологий СНЭ следующего поколения. Наиболее перспективные разработки и научные школы в стране существуют в следующих областях:

- литий-серные батареи;
- водородная энергетика, топливные элементы и power-to-gas;
- натрий-ионные и калий-ионные батареи;
- металл-воздушные батареи;
- магний-ионные батареи;
- гравитационные накопители типа ТАЭС.

Рисунок 12. Российский научно-технический задел в области технологий СНЭ в сравнении с мировым уровнем



Источник: Фонд «ЦСР» по данным IEA и опроса экспертов РАН и «Сколково»

БАРЬЕРЫ ДЛЯ РАЗВИТИЯ РЫНКА СНЭ В РОССИИ

До настоящего времени работы по формированию рынка и отрасли в России отличались низкой интенсивностью и отсутствием системности. Эти действия не приводили к достижению прорывного эффекта, обеспечивающего старт рынка, как это произошло в энергетике США, стран Евросоюза, Японии, Кореи и Китая. Данное обстоятельство в сочетании с потенциальными возможностями, которые открывает применение СНЭ для энергетики и экономики, делают программную работу по развитию рынка систем накопления в России срочной и необходимой.

В настоящее время оно сдерживается сложной совокупностью факторов, характерных для незрелого рынка высокотехнологической продукции, которая по своим показателям пока еще не достигла конкурентных и превосходящих позиций в сравнении с освоенными и получившими массовое распространение решениями. Действительно, основным таким фактором исключительно рыночной природы является остающаяся сравнительно высокой стоимость СНЭ. На уникальные функции (такие как улучшение качества электроэнергии, резервирование и повышение надежности, улучшение показателей эффективности собственной генерации, оптимизация графика потребления), которые могут быть обеспечены практически исключительно применением данных систем, не возникает полноценного спроса: эти задачи решаются ими все еще с недостаточной экономической эффективностью.

Тем не менее, с учетом быстрого улучшения характеристик СНЭ, резкого удешевления и в преддверии неизбежного роста их эффективности во всех областях применения, чрезвычайно важно приступить к формированию рынка уже сейчас и повысить готовность как потребителей СНЭ к их использованию, так и отечественной промышленности к удовлетворению максимальной доли ожидаемого спроса на внутреннем рынке и к выходу на достойные позиции на уже сформированном и быстро растущем глобальном рынке.

Среди наиболее значимых барьеров, которые в настоящее время препятствуют старту рынка и на преодоление которых должна быть направлена политика государства и бизнеса в области СНЭ, необходимо выделить следующие:

1. отсутствие референтной и достаточно известной успешной практики применения СНЭ в России (даже на уровне единичных примеров), из-за которого такие системы вызывают обоснованные сомнения и видятся рискованным технологическим решением;
2. недоверие потенциальных потребителей к стоимостным и техническим характеристикам СНЭ, в том числе заявляемым зарубежными производителями; в силу новизны недоверие к уровню ее готовности, к реальным стоимости и ресурсу работы;

3. сложность демонстрации эффективности применения СНЭ в ограниченных по масштабам проектах на уровне отдельных домохозяйств или предприятий, проявление экономического эффекта только в результате реализации комплексных проектов на уровне микрорайона или промышленной площадки;
4. несовершенство действующего нормативно-правового и нормативно-технического регулирования электроэнергетики в части его неадаптированности к применению СНЭ, особенно на базе современных (не свинцово-кислотных) технологий. Регуляторные барьеры можно разделить на четыре группы:
 - 4.1. барьеры в законодательстве об электроэнергетике;
 - 4.2. барьеры в области технического регулирования;
 - 4.3. барьеры в иных областях, в т.ч. в области налогового и таможенного законодательства;
 - 4.4. специфические барьеры экономического и организационного характера, осложняющие экономические условия функционирования СНЭ.

К числу последних можно отнести:

- наличие перекрестного субсидирования населения и потребителей, приравненных к нему;
- наличие льготных ставок платы за технологическое присоединение потребителей к электрическим сетям, а также включение части затрат на присоединение в состав платы за передачу электроэнергии;
- отсутствие практики анализа применения СНЭ при планировании развития систем электроснабжения субъектов Российской Федерации, разработке инвестиционных программ электросетевых компаний, долгосрочном планировании развития электроэнергетики;
- отсутствие практики применения СНЭ и отработанных бизнес-моделей в условиях современных рынков электрической энергии и мощности;
- отсутствие государственной политики в области развития СНЭ и специфических мер государственной поддержки их применения;
- отсутствие практики долгосрочного установления тарифами и предельными уровнями нерегулируемых цен на розничном рынке электроэнергии и мощности, что снижало бы уровень инвестиционных и финансовых рисков применения СНЭ.

К числу важных барьеров, характерных для российского законодательства, стоит отнести следующие (обоснование их значимости описано в Приложении А):

- отсутствие понятия СНЭ в нормативно-правовых актах уровня Федерального закона «Об электроэнергетике» и постановлений Правительства РФ, регламентирующих правила оптового и розничного рынков электроэнергии и мощности;
- отсутствие предусмотренного действующим порядком учета особенностей технологического присоединения СНЭ к электрическим сетям;
- отсутствие порядка участия СНЭ на рынках электроэнергии и мощности, а также сопутствующих рынках (в частности, на рынке услуг по обеспечению системной надежности);
- необходимость в полном объеме оплачивать услуги по передаче электрической энергии, запасаемой в СНЭ, которые функционально являются элементом электроэнергетической инфраструктуры;
- неопределенность в вопросах учета расходов на покупку электроэнергии для запасания в СНЭ и порядка реализации запасенной электроэнергии в случае владения электросетевой организацией подобной системой;
- отсутствие возможности агрегации распределенных энергетических объектов, в том числе СНЭ, и представления таких агрегированных множеств на оптовом рынке электрической энергии и мощности;
- отсутствие учета особенностей присоединения и функционирования СНЭ в действующих нормативно-технических актах;
- наличие ввозных пошлин на сырье и материалы для производства СНЭ (в частности, для литий-ионных аккумуляторов) и нулевые пошлины на ввоз готовых систем;
- отсутствие СНЭ в перечне объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности.

АКТУАЛЬНЫЕ ДЕЙСТВИЯ ПО РАЗВИТИЮ РЫНКА СНЭ В РОССИИ

За 2017 год стартовые позиции России в формировании рынка СНЭ стали лучше благодаря запуску целенаправленной работы в этом направлении. На уровне рабочей группы при Минэнерго была принята Концепция развития рынка систем хранения энергии в Российской Федерации, сформированы проекты дорожных карт «Развитие рынка систем хранения энергии в Российской Федерации» и «Совершенствование законодательства и устранение административных барьеров» для НТИ «Энерджинет», содержащей инициативы в части регулирования применения СНЭ.

Важным достижением стало утверждение 28 апреля 2018 года Плана мероприятий («дорожной карты») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации НТИ по направлению Энерджинет²⁶. Документ, в частности, содержит мероприятия по снятию барьеров в сфере применения накопителей электроэнергии.

В рамках Российского инвестиционного форума 2018 года ПАО «Россети» был представлен проект Стратегии развития цифрового электросетевого комплекса России до 2030 года, один из приоритетов которой – обеспечение готовности сетевой инфраструктуры к развитию практики применения СНЭ, ВИЭ, распределенной генерации. Начато создание Центра компетенций НТИ по новым и портативным источникам энергии на базе Института проблем химической физики РАН и «Сколтеха». В рамках недавно созданного Института арктических технологий МФТИ открыты прикладные лаборатории по технологиям накопления энергии и по водородным технологиям. Одобрены и стартовали важные для рынка СНЭ в России проекты НТИ: разработка и апробация архитектуры интернета энергии и создание кинетической (твердотельной) системы накопления энергии (ТАЭС) «Энергозапас».

Успешное продолжение этих институциональных и технологических инициатив и полноценное формирование отрасли и рынка СНЭ в России требует согласованной системной политики государственных структур, институтов развития, частного бизнеса, научного и инженерного сообщества.

²⁶ Распоряжение Правительства РФ от 28 апреля 2018 №830-п, <http://government.ru/docs/32548/>.



ГЛАВА 3.

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ
МАНЕВР
И НЕОБХОДИМЫЕ
ДЕЙСТВИЯ

ДВА ШАГА ПО РАЗВИТИЮ РЫНКА

СНЭ имеют в России существенный потенциал для эффективного применения. Развитие отрасли и рынка таких систем необходимо для конкурентоспособности экономики, а также для того, чтобы не пропустить очередной крупный и быстро растущий технологический рынок, на котором до сих пор практически не представлена российская продукция. Значимы как рыночные перспективы СНЭ внутри страны, так и большой экспортный потенциал данной продукции. С другой стороны, применение СНЭ в России существенно отстает от мировых темпов роста, сдерживается множеством сложных в преодолении барьеров. Российская наука не обеспечивает, а российская промышленность существенно уступает по конкурентоспособности крупным зарубежным игрокам рынка и вряд ли готова обеспечить даже потенциальный внутренний спрос. В этой ситуации стране необходим такой стратегический маневр, который позволил бы со временем разрешить указанное противоречие.

Суть предлагаемого маневра состоит в том, чтобы как можно более быстро и активно сформировать практику применения СНЭ в стране и тем самым уже сегодня создать спрос на внутреннем рынке, не дожидаясь ни резкого снижения стоимости, ни готовности отечественной промышленности его удовлетворить, и в то же время не менее активно готовить и формировать российское технологическое предложение для глобального и внутреннего рынка СНЭ – только не в области уже освоенных по миру технологий и не для ближайшего периода, а на среднесрочную и долгосрочную перспективу. Такой подход позволит достичь технологической готовности страны по тем типам СНЭ, которые в ближайшем будущем придут на смену наиболее распространенным сегодня, причем внутренний рынок будет уже сформирован. Отечественные производители не окажутся без гарантированного спроса, а потребители – без качественного предложения на этапе освоения новых технологий СНЭ.

Таким образом, маневр состоит из двух ходов:

1. В России формируется массовый спрос на СНЭ, обеспечиваемый импортом и локализацией зарубежных технологий, и одновременно запускаются работы и научно-технологическая инфраструктура для достижения технологической готовности в области СНЭ следующего поколения.
2. При условии сформированного спроса и при наступлении срока замены основного оборудования систем на технологии нового поколения, достигшие технологической готовности российские СНЭ занимают внутренний рынок и выводятся на рынок глобальный.

Понятно, что описанный маневр должен быть синхронизирован с прогнозами глобального перехода к технологиям СНЭ нового поколения. Важно не опоздать и не упустить этот момент на мировом рынке, иначе маневр не состоится и превратится в подготовку и открытие российского рынка для зарубежных производителей.

ПИЛОТНЫЕ ПРОЕКТЫ

Для формирования практики применения СНЭ в России на первом этапе маневра необходимо сделать ставку на запуск и реализацию соответствующих пилотных проектов. Они должны стать площадкой формирования референтной и в этом смысле демонстрационной практики эффективного применения СНЭ, тем самым сделав ее более понятной, прозрачной, счетной и измеримой. За счет этого будет снято недоверие к системам накопления со стороны потенциальных потребителей. Пилотные проекты должны охватывать все перечисленные ранее приоритетные сферы применения СНЭ. Суть маневра в части пилотных проектов состоит в особом сочетании функций каждого из них. Они должны одновременно выступать:

1. Площадкой для проверки гипотез технико-экономических условий и уточнения эффективности применения СНЭ, определения наиболее перспективных сфер и наиболее эффективных способов использования систем накопления.
2. Испытательными полигонами для реализации множества технологий СНЭ, тестбедами для наилучших доступных технологических предложений, по результатам пилотирования которых могут быть приняты решения о массовом применении той или иной технологии и локализации производства СНЭ на базе этой технологии в России.
3. Демонстрационными площадками, своего рода «шоурумами» для СНЭ, причем как для разных практик и режимов их применения, так и для наилучших зарекомендовавших себя решений.

Таким образом, пилотные проекты играют ключевую роль в формировании спроса на СНЭ в России, снижая риски инвестиций для всех потенциальных потребителей на рынке и показывая рецепты эффективного применения систем накопления.

Пилотные проекты предлагается разделить на две очереди: проекты первой очереди отличаются высокой степенью технологической и нормативно-правовой готовности к реализации начиная уже с 2019 года; проекты второй очереди могут стартовать с 2020 года при условии предварительных исследований и подготовки обоснований. Подробный список приведен в Приложении Б.

Пилотные проекты первой очереди должны быть запущены в следующих областях:

- электроснабжение изолированных и удаленных объектов;
- электротранспорт и зарядная инфраструктура;
- передвижные аварийные источники питания и коллективные ИБП;

- управление суточным графиком потребления и генерации;
- водородная энергетика на изолированных территориях;
- электроснабжение промышленных и коммерческих предприятий.

Пилотные проекты второй очереди должны быть запущены в сферах применения, для которых требуются дополнительные изыскания, в том числе технические:

- электроснабжение жилых микрорайонов;
- водородная энергетика как экспорт энергоносителей;
- вращающийся резерв энергосистем и системные услуги.

В рамках ряда пилотных проектов должен быть исследован важный вопрос условий и эффективности вторичного применения АКБ, ранее использованных, например, на электрическом транспорте, в составе стационарных СНЭ, и влияние такого вторичного применения на стоимость владения и эффективность самих СНЭ.

СНЯТИЕ РЕГУЛЯТОРНЫХ БАРЬЕРОВ

Важной составляющей формирования практики применения СНЭ в России и стимулирования спроса на эти системы является снятие регуляторных барьеров и такое совершенствование нормативно-правового и нормативно-технического регулирования, которое позволит как убрать формальные препятствия и сложности в применении СНЭ различными субъектами электроэнергетики, так и повысить эффективность использования систем для потребителей. С подробным анализом барьеров, содержащихся в действующих НПА и НТД, можно ознакомиться в Приложении А.

Предлагается рассматривать следующий перечень нормативно-правовых актов и нормативно-технических документов, в которые необходимо внести изменения:

1. Правила технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям, утвержденные Постановлением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2004 года № 861.

Необходимо ввести в правила технологического присоединения понятие «система накопления электроэнергии» и определить возможность учета особенностей технологического присоединения СНЭ на уровне подзаконных, ведомственных актов и регламентов

электросетевых компаний. Такой подход позволит достаточно гибко учитывать особенности, необходимые для эффективной интеграции СНЭ в сфере электроэнергетики. Кроме того, сохранение существующей неопределенности создает возможность для неоднозначных трактовок требований законодательства со стороны как владельцев СНЭ, так и электросетевой компании. Установление однозначных требований позволит исключить различные толкования, сделать процедуру технологического присоединения СНЭ более простой, снизить риски, связанные с установкой систем накопления энергии (особенно на начальных этапах, когда эта технология будет относительно новой и опыт ее применения на российском рынке электроэнергии будет ограниченным).

2. Правила, касающиеся функционирования рынков электроэнергии и мощности:

- Правила недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг, утвержденные Постановлением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2004 года № 861;
- Правила оптового рынка электрической энергии и мощности, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 года № 1172;
- Основные положения функционирования розничных рынков электрической энергии, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 4 мая 2012 года № 442;
- Правила отбора субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии, оказывающих услуги по обеспечению системной надежности, и оказания таких услуг, утвержденные Постановлением Правительства Российской Федерации от 3 марта 2010 года № 117.

Необходимо ввести в указанные документы понятие «система накопления электроэнергии» и описать порядок и правила действий этого нового субъекта электроэнергетики на рынках. Кроме того, представляется целесообразным ограничить оплату услуг по передаче электроэнергии отдельно стоящими СНЭ только в части компенсации нормативных потерь при передаче по электрическим сетям, а оплату услуг по передаче в части оплаты ставки на содержание сети отдельно стоящими СНЭ исключить.

Было бы полезным исключение запрета на куплю-продажу электроэнергии сетевыми компаниями для запасания в СНЭ, установленных в границах балансовой принадлежности электросетевых компаний и принадлежащих им; на определение порядка учета расходов на покупку электроэнергии для запасания в таких СНЭ при расчете необходимой валовой выручки электросетевых компаний и установлении тарифов на услуги по передаче электрической энергии, а также, возможно, запретов на иные особенности использования СНЭ электросетевыми компаниями. Создание легитимной возможности агрегации распределенных энергетических ресурсов, в том числе распределенных СНЭ, откроет широкие возможности для развития новых распределенных технологий в электроэнергетике, которые будут способствовать более эффективному использованию электроэнергетической

инфраструктуры и централизованных энергетических ресурсов и, соответственно, оптимизации совокупных затрат на энергоснабжение потребителей.

3. Правила технической эксплуатации объектов и оборудования электроэнергетики:

- Правила устройства электроустановок, утвержденные приказом Минэнерго России от 8 июля 2002 года № 204;
- Правила эксплуатации электроустановок потребителей, утвержденные приказом Минэнерго России от 13 января 2003 года № 6;
- Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей, утвержденные приказом Минэнерго России от 19 июня 2003 года № 229.

Представляется целесообразным закрепить в соответствующих нормативных документах приоритет инструкции завода-изготовителя СНЭ над требованиями соответствующих нормативных документов (в той части, в которой требования указаны и в инструкции, и в нормативном документе).

ПРОМЫШЛЕННАЯ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

В части формирования научно-технологической и промышленной политики в области СНЭ суть маневра состоит в том, чтобы одновременно обеспечить оба процесса – локализацию наилучших доступных для России технологий и создание собственных опережающих продуктов, реализующих технологии хранения электроэнергии следующего поколения, под формируемый на первом этапе маневра спрос. Цель такого подхода – развить применение СНЭ в стране, по возможности оставив часть средств, инвестируемых в установку СНЭ. При этом важно, чтобы локализация наилучших доступных технологий велась в рамках инвестиционной логики в той степени и по тем технологиям, по которым – с учетом формирования и поддержки спроса на рынке – такая локализация целесообразна.

В России должны быть как можно быстрее сформированы компетенции по инжинирингу СНЭ для конечных пользователей на основе преимущественно зарубежных технологических решений и модулей. Следующий необходимый шаг – постепенное повышение степени локализации производства: от инжиниринга к готовым системам из зарубежных компонентов, с последующим – оптимальным в рамках инвестиционной логики – замещением этих зарубежных компонентов на российские. Вероятно, локализация будет сперва глубже в части блоков силовой электроники в составе СНЭ, а также в части BMS, контрольно-управляющих алгоритмов и ПО; позже и с меньшей степенью локализации – в части собственно модулей хранения энергии (аккумуляторных ячеек).

Формирование собственной научно-технической базы, создание отечественных технологий СНЭ и конкурентоспособных продуктов на их основе не должно преследовать цель догнать уже достигнутые в мире технико-экономические показатели или создать собственные импортозамещающие технологии СНЭ. В частности, это означает, что России нецелесообразно формировать собственные компетенции по всей цепочке создания литий-ионных аккумуляторов. В данной области мы существенно отстали, поскольку все российские разработки литий-ионных АКБ (в отличие от разработок по ряду отдельных критически важных компонентов) находятся на стадии исследований и разработок с TRL не выше 5. В свою очередь за рубежом сформирована мощная высокопроизводительная промышленность, раз в два года осваивающая новые модернизации литий-ионных батарей.

Литий-ионные технологии еще долго будут определять развитие рынка применений СНЭ, и потому важной задачей промышленной политики является формирование собственных производственных компетенций в области систем на базе литий-ионных АКБ и в области производства компонентов таких АКБ, по которым есть практически готовые к серийному освоению заделы. Промышленная политика в сфере освоенных и массово представленных на рынке технологий СНЭ должна быть нацелена на встраивание в мировые цепочки формирования стоимости.

В то же время необходимо как можно быстрее приложить максимальные усилия и сформировать необходимую научно-исследовательскую, технологическую и испытательную инфраструктуру для создания технологий СНЭ следующих поколений и рыночных продуктов на их основе. Каждый из сценариев развития и соответствующие сферы применения предполагают свой облик перспективного рынка СНЭ, наиболее отвечающего требованиям этих сфер применения, и соответствующий профиль технико-экономических параметров.

Таблица 4. Требования к перспективным СНЭ российского производства по сферам применения

Технико-экономический параметр	Единицы	Значение
Интернет энергии		
Энергоемкость	кВт·ч	5–1 000
Мощность	кВт	2–1 000
КПД	%	>92
Ресурс работы (зарядки-разрядки)	Циклы	>4 000
Срок службы	Лет	>12
Удельная капитальная стоимость	Долл. США/кВт·ч	<250...290
Приведенная стоимость хранения на ЖЦ (LCOS)	Долл. США/МВт·ч	<200...240
Новая генеральная схема		
Энергоемкость	кВт·ч	>1 000
Мощность	кВт	>1 000
КПД	%	>70
Ресурс работы (зарядки-разрядки)	Циклы	>8 000

РЫНОК СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИИ: ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ

Срок службы	Лет	>25
Удельная капитальная стоимость	Долл. США/кВт·ч	<180...220
Приведенная стоимость хранения на ЖЦ (LCOS)	Долл. США/МВт·ч	<130...170
Экспорт водорода		
Энергетическая эффективность (удельный расход энергии) выработки водорода (power-to-gas)	кВт·ч/Нм ³	<4,5
Массовое содержание водорода в носителе и/или системе хранения	%	>6,1
Удельная стоимость производства и транспортировки водорода на ЖЦ (удельная стоимость)	Долл. США/Нм ³	<0,3
Электрический транспорт		
Энергоемкость	кВт·ч	40–400
КПД	%	>95
Ресурс работы (зарядки-разрядки)	Циклы	>5 000
Срок службы	Лет	>7
Удельная энергия	Вт·ч/кг	>200
Удельная капитальная стоимость ячеек (АКБ)	Долл. США/кВт·ч	<100...140

Приоритетные технологии СНЭ следующего поколения, которые на горизонте 2022–2025 годов будут определять изменения на рынке и влиять на формирование собственных научных, технических и производственных компетенций, в которых необходимо делать ставку России, принадлежат к следующим пяти группам:

1. «Пост-литиевые» электрохимические технологии, основанные на эффекте интеркаляции, к числу которых относятся технологии натрий-ионных, калий-ионных, возможно, магний-ионных и других типов электрохимических аккумуляторов, аналогичных по принципу работы литий-ионным аккумуляторам, но обеспечивающих более высокую плотность энергии и/или возможность еще большего снижения стоимости, а также возможность увеличения ресурса циклирования.
2. Проточные батареи, основанные на разделении источника мощности (мембраны, где происходит электрохимическая реакция) и электролитов как запаса энергоемкости. К этой группе принадлежат редокс-ванадиевые батареи, на которые делает перспективную ставку Китай, и более перспективные типы – цинк-бромидные, цинк-железные и ряд других, отличающихся типом токообразующей реакции.
3. Металл-воздушные аккумуляторы, такие как цинк-воздушные и алюминий-воздушные батареи, обеспечивающие существенное снижение стоимости энергоемкости при приемлемом количестве циклов, а также обещающие чрезвычайно высокую плотность энергии.
4. Водородные технологии, основанные на сочетании технологий power-to-gas и технологии топливных элементов и обеспечивающие хранение энергии в синтетическом химическом топливе, которое может быть использовано в электрохимических и тепловых машинах.

5. Гравитационные накопители (в том случае если они обеспечивают существенное снижение удельной стоимости энергоемкости для систем большого, мегаваттного класса). К числу таких технологий принадлежат существенно различающиеся по своей конструкции технологии СНЭ, например, так называемые твердотельные аккумулирующие электростанции (ТАЭС) на принципе лифта твердых грузов. В ряде типов гравитационных накопителей Россия имеет серьезные основания рассчитывать на роль технологического лидера.

Другие технологии СНЭ (суперконденсаторы, маховиковые системы, системы на сжатом воздухе, термодинамические и ряд других типов накопителей) будут играть важную роль в развитии практик применения СНЭ и росте рынка, но в этих технологических областях не ожидается существенного прорыва и улучшения технико-экономических параметров, и они будут формировать скорее нишевые сегменты.

РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Усилия по созданию конкурентоспособных образцов технологий СНЭ по перечисленным приоритетным направлениям должны быть поддержаны и обеспечены следующими необходимыми элементами инфраструктуры по реализации научно-технологической политики:

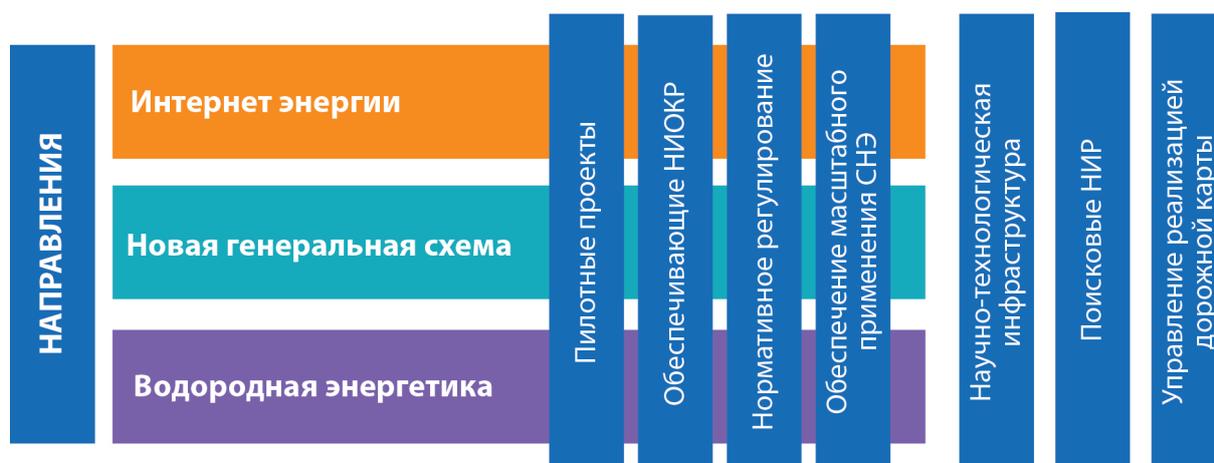
1. Должны быть созданы центры научных компетенций по ключевым приоритетным типам технологий СНЭ следующего поколения, опирающиеся на наиболее сильные в этом плане институции академической и прикладной науки.
2. Должны быть созданы центры быстрого прототипирования опытно-промышленных образцов СНЭ и проектирования технологии их производства – так называемые *manufacturing incubators*, позволяющие достаточно быстро перейти от стадии исследований и разработок к технологизации созданных лабораторных образцов и прототипов и к выпуску опытно-промышленных партий для подтверждения характеристик продуктов, их постановки на опытно-промышленную эксплуатацию и точной оценки стоимостных параметров их производства.
3. Должна быть создана инфраструктура (возможно, сеть) испытательно-сертификационных центров коллективного пользования, позволяющая различным технологическим группам проводить на единой базе необходимые для подтверждения характеристик испытания. Такие центры должны иметь возможность и полномочия или лицензии для сертификации новых типов СНЭ.

ДОРОЖНАЯ КАРТА

Для реализации предлагаемого стратегического маневра и каждой его составляющей необходима четкая координация и согласованность действий по развитию рынка СНЭ в России – по всем перечисленным направлениям: от пилотных проектов до проведения НИОКР и изменения нормативной базы. Необходимый инструмент такой координации и управления – дорожная карта по развитию рынка систем накопления электроэнергии в Российской Федерации.

Ее целью должно быть формирование новой высокотехнологичной отрасли СНЭ. Реализация дорожной карты должна обеспечить необходимые условия для начала массового применения СНЭ в России, появления российских игроков, занимающих уверенные позиции на отечественном и глобальном рынках, и в принципе начала устойчивого роста внутреннего рынка.

Рисунок 13. Структура дорожной карты по развитию рынка систем накопления электроэнергии в России



Дорожную карту необходимо выстраивать в соответствии с приведенными в докладе сценариями (направлениями) развития рынка СНЭ и указанными приоритетными сферами применения данных систем в России. По каждому из сценариев (направлений) целесообразно включить в дорожную карту мероприятия, нацеленные:

- на реализацию пилотных проектов;
- на проведение обеспечивающих НИОКР с выходом на новые технологии;
- на развитие нормативно-правового и нормативно-технического регулирования;
- на масштабирование применения СНЭ.

Также дорожная карта должна содержать общие для всех сценариев (направлений) мероприятия по ключевым аспектам развития рынка:

- создание и развитие научно-технологической инфраструктуры;
- проведение поисковых НИР и разработку опережающих технологий СНЭ по приоритетным группам технологий;
- управление реализацией дорожной карты.

Реализация такой дорожной карты обеспечит на горизонте 2025 года создание и существенный рост внутреннего рынка СНЭ до 78 млрд рублей в год и позволит России занять уверенное положение на глобальном рынке. Подобный результат будет достигнут за счет экспортных поставок систем российского производства в размере до 26 млрд рублей в год, а также благодаря лидерству страны в Азиатско-Тихоокеанском регионе по поставкам электроэнергии, хранимой в виде водородного топлива, в объемах до 65 млрд рублей в год. Научно-техническое развитие российских СНЭ и создание отечественных моделей новых поколений должно обеспечить интегральный эффект снижения приведенной стоимости накопления электроэнергии на жизненном цикле (LCOS) до 15 руб./кВт·ч.

В значительной степени успех в реализации дорожной карты будет определяться деятельностью по ее программному управлению и координации действий большого числа субъектов, как относящихся к бизнесу и реализующих пилотные проекты, так и относящихся к научно-технологическому сообществу и реализующих проекты новых отечественных технологий. Маневр удастся при грамотном программировании этих действий и управлении ими. Таким образом, для реализации дорожной карты необходимо создание проектного центра развития рынка СНЭ в России с функциями программной дирекции и программного управления деятельностью технологических консорциумов.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОНСОРЦИУМЫ

Эффективный и необходимый организационно-управленческий механизм реализации политики в области СНЭ – технологические консорциумы. Это временная совокупность независимых организаций, целью создания и деятельности которой является стимулирование и поддержка развития определенной группы технологий и практики их применения. Такие консорциумы включают в свой состав заинтересованные в освоении новых технологий и создании производств бизнес-структуры; государственные или частные бизнес-структуры, выступающие заинтересованными потенциальными потребителями новых СНЭ; R&D-подразделения и институты, организации академической, университетской и прикладной науки – основную движущую идейную и интеллектуальную силу консорциума, – а также инвестиционно-банковские структуры. Данный управленческий механизм зарекомендовал

себя в том числе в сфере технологий СНЭ и водородной энергетики в США, Великобритании и Японии.

Важную роль в деятельности технологических консорциумов играют коллегиальные органы управления, определяющие форматы и правила совместного вложения и управления использованием ресурсов, распределением результатов деятельности консорциумов, а также выступающие программной дирекцией по конкретным технологическим направлениям реализации дорожной карты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системы накопления электроэнергии – пионерская и принципиально новая для электроэнергетики группа технологий. Особенная ее новизна заключается в необычных и существенных возможностях трансформации электроэнергетики. С учетом этого при оценке перспектив распространения СНЭ, прогнозировании объемов рынка и – самое главное – в программировании его развития в России, следует исходить из нескольких важных выводов, вытекающих из доклада.

В настоящее время очень сложно делать прогнозы о масштабах и темпах развития рынка систем накопления энергии – слишком много влияющих на него факторов, слишком большая неопределенность. Именно поэтому прогнозные оценки в докладе даны в широком диапазоне значений. От верного выбора политики в области СНЭ и ее грамотного претворения в жизнь будет зависеть то, в какой части этого коридора оценок мы в итоге окажемся. Одно только можно сказать точно: при планировании развития электроэнергетики нельзя исходить из логики «продолженного настоящего».

Основные ожидания от развития рынка СНЭ связаны со снижением их стоимости. По оценкам аналитиков, в привлекательную ценовую зону накопители попадут в 2022–2023 годах. Тем не менее в отдельных случаях применение СНЭ эффективно уже сегодня. Но этих случаев недостаточно для подтверждения системных, действительно крупных экономических эффектов. Поэтому для понимания условий масштабного использования СНЭ и стимулирования рынка необходима, прежде всего, опережающая реализация серии пилотных проектов. Эти проекты продемонстрируют новые возможности, фактическую и перспективную эффективность применения СНЭ.

Наиболее значимый экономический эффект возникает именно в новых для электроэнергетики практиках и на основе комплекса новых технологий. Пакетный принцип их применения в составе комплексных решений (например, в микрогриде), а также возможность использования одного и того же СНЭ в нескольких сервисах – ключевые факторы для масштабного распространения систем накопления.

Необходимо понимать, что российский рынок – недостаточно большой для формирования и устойчивого существования новой отрасли, а поэтому с самого начала следует ориентироваться на глобальный рынок. Но при формировании собственных технологических компетенций и индустриальных, экспортных возможностей ставка должна быть сделана на СНЭ следующего технологического поколения, а не на попытку догнать сегодняшних лидеров. Принципиально важна проактивная государственная научно-техническая политика, выводящая в перспективе от 3 до 7 лет на несколько потенциально прорывных технологических решений в области накопления энергии.

РЫНОК СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИИ: ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ

Основным барьером в реализации предлагаемой системы действий является отсутствие в российской практике механизмов эффективной скоординированной работы органов государственной власти, государственных корпораций, бизнеса, малых технологических предприятий, научных организаций. Необходимо, адаптируя их к российским условиям, переносить зарубежные практики организации технологических консорциумов, программных комитетов и офисов, агентств и центров технологического развития.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

КЛЮЧЕВЫЕ РЕГУЛЯТОРНЫЕ БАРЬЕРЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Для определения барьеров для внедрения и массового применения СНЭ в российской электроэнергетике в 2017 году были проведены рассылка, сбор и анализ опросных листов среди компаний – производителей и поставщиков СНЭ. Кроме того, соответствующие темы дополнительно обсуждалась как с респондентами – для уточнения указанных ими барьеров, – так и независимо в экспертном сообществе, в том числе в составе рабочей группы по нормативному регулированию, созданной в рамках курируемого «Энерджинет» направления Национальной технологической инициативы.

В целом барьеры можно разделить на четыре группы:

- барьеры в законодательстве об электроэнергетике;
- барьеры в области технического регулирования;
- барьеры в иных областях, в т.ч. в области налогового и таможенного законодательства;
- специфические барьеры экономического и организационного характера, осложняющие экономические условия функционирования СНЭ.

Первые три группы барьеров более подробно рассмотрены ниже. К специфическим барьерам экономического и организационного характера, осложняющим экономические условия функционирования СНЭ, можно отнести следующие:

- наличие перекрестного субсидирования населения и потребителей, приравненных к нему;
- наличие льготных ставок платы за технологическое присоединение потребителей к электрическим сетям, а также за включение части затрат на технологическое присоединение потребителей в состав платы за передачу электроэнергии;

- отсутствие практики анализа применения СНЭ при планировании развития систем электроснабжения субъектов Российской Федерации, разработке инвестиционных программ электросетевых компаний, долгосрочном планировании развития электроэнергетики;
- отсутствие практики применения СНЭ и отработанных бизнес-моделей в условиях современных рынков электрической энергии и мощности;
- отсутствие государственной политики в области развития СНЭ и специфических мер государственной поддержки их применения.

Для широкого использования данных систем в российской электроэнергетике и устранения барьеров, перечисленных в настоящем докладе, необходимо и достаточно внести изменения в действующие нормативно-правовые акты, регулирующие соответствующие отношения.

По итогам изучения барьеров, препятствующих развитию и применению СНЭ, и обсуждения мер по их устранению в экспертном сообществе признана нецелесообразной разработка отдельных нормативных актов, определяющих порядок функционирования данных систем на оптовом рынке электроэнергии и мощности, розничных рынках электроэнергии, рынках сопутствующих услуг.

Предлагается рассматривать следующий перечень нормативно-правовых актов и нормативно-технических документов, в которые необходимо внести изменения:

- Правила технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям, утвержденные Постановлением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2004 года № 861;
- Правила недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг, утвержденные Постановлением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2004 года № 861;
- Правила оптового рынка электрической энергии и мощности, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 года № 1172;
- Основные положения функционирования розничных рынков электрической энергии, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 04 мая 2012 года № 442;
- Правила отбора субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии, оказывающих услуги по обеспечению системной надежности, и оказания таких услуг, утвержденные Постановлением Правительства Российской Федерации от 03 марта 2010 года № 117;

- Перечень объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности, утвержденный Постановлением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2015 года № 600;
- Правила устройства электроустановок, утвержденные приказом Минэнерго России от 8 июля 2002 года № 204;
- Правила эксплуатации электроустановок потребителей, утвержденные приказом Минэнерго России от 13 января 2003 года № 6;
- Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей, утвержденные приказом Минэнерго России от 19 июня 2003 года № 229;
- Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 16 июля 2012 года № 54 «Об утверждении единой Товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза и Единого таможенного тарифа Евразийского экономического союза».

Содержание и обоснование изменений, которые необходимо внести в перечисленные нормативно-правовые акты, приводится ниже применительно к конкретным барьерам развития систем накопления энергии в России.

В сфере законодательства об электроэнергетике, прежде всего, следует выделить отсутствие экономической модели участия СНЭ в рынках электрической энергии и мощности. Действующая сейчас модель предусматривает следующий набор функций: производство электрической энергии, ее передача по электрическим сетям и конечное потребление, а также функции диспетчерского управления, организации торговли электроэнергией и мощностью на оптовом рынке, организация сбыта розничным потребителям. Хранение электроэнергии, как и некоторые другие новые функции, которые сейчас появляются на зарубежных рынках, действующей моделью российского рынка не предусмотрены.

Хотя формально хранение электроэнергии может быть представлено в разные периоды как потребление и производство электроэнергии, такая классификация СНЭ будет затруднять их применение на рынках электроэнергии и мощности. Более того, строго говоря, такую систему нельзя относить к генерации, поскольку суммарно она потребляет электроэнергии больше, чем способна выдать в сеть (КПД меньше 100%). Попытки классифицировать СНЭ одновременно и как генерацию, и как потребление будут приводить к предъявлению к ним излишних требований и к невозможности применять для них специальные меры регулирования, которые бы учитывали особенности их функционирования и позволяли бы с наибольшей эффективностью для рынков электроэнергии их применять. Наконец, современные СНЭ зачастую не способны выполнить требования, предъявляемые к генерации, даже при том что в своих областях применения они могут быть эффективно использованы. Это относится, например, к требованиям по аттестации генерирующего оборудования, осуществляемой Системным оператором ЕЭС России.

Отсутствие понятия «система хранения электроэнергии» в нормативно-правовых актах, регулирующих отношения в электроэнергетике

В отсутствие такого определения невозможен учет в законодательстве об электроэнергетике особенностей регулирования деятельности СНЭ на оптовом рынке электроэнергии и мощности и на розничных рынках электроэнергии. Введение данного понятия позволит в дальнейшем закреплять учет необходимых особенностей как на первом этапе, для устранения первоочередных барьеров для развития СНЭ, так и на последующих – при внедрении целевой модели функционирования систем на рынках электроэнергии и мощности.

Отсутствие учета предусмотренных действующим порядком особенностей технологического присоединения СНЭ к электрическим сетям

Существующий порядок технологического присоединения СНЭ подразумевает выполнение специфических условий, применяемых как к генерирующим активам, так и к энергопотребляющим устройствам. При этом полное удовлетворение требований к соответствующим видам активов может быть затруднительно или технически невозможно.

Это, например, относится к невозможности организовать отдельные точки присоединения системы к сети для генерации и потребления (соответственно, невозможно устанавливать различные системы учета электроэнергии для различных видов деятельности). Для технологического присоединения СНЭ требуется двустороннее присоединение, позволяющее в различные периоды как принимать электроэнергию, так и выдавать ее в сеть через одно и то же сечение. Соответственно, требуется установка двунаправленных систем, обеспечивающих отдельный учет потребленной и выданной в сеть электрической энергии.

Введение в Правила технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям (утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2004 года № 861) понятия «системы накопления энергии» и установление возможности определения специфических требований, предъявляемых при технологическом присоединении СНЭ, на уровне подзаконных актов позволит упростить данные процедуры. В свою очередь, учет особенностей технологического присоединения на уровне подзаконных, ведомственных актов и регламентов электросетевых компаний разрешит достаточно гибко определять особенности, необходимые для эффективной интеграции СНЭ.

Кроме того, сохранение существующей неопределенности создает возможность для неоднозначных трактовок требований законодательства со стороны как владельцев СНЭ, так и электросетевой компании. Установление однозначных требований исключит различные толкования, сделает процедуру технологического присоединения систем более простой, снизит риски, связанные с их установкой (особенно на начальных этапах, когда эта технология будет относительно новой и опыт ее применения на российском рынке электроэнергии будет ограниченным).

Отсутствие порядка участия СНЭ в рынках электроэнергии и мощности, а также сопутствующих рынках (в частности, на рынке услуг по обеспечению системной надежности)

Это значительно сужает возможности применения СНЭ, ограничивая его лишь традиционными ролями генерации электроэнергии и потребления, предусмотренными действующей в настоящее время моделью рынков: система может работать только как поставщик или потребитель. При этом для ее продажи на оптовом рынке СНЭ должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к генерации (в частности, должна быть аттестована системным оператором, должны заключаться регулируемые договоры на поставку электроэнергии для населения и приравненным к нему группам потребителей) и проходить соответствующие этапы торговли (выбор состава включенного генерирующего оборудования, подача заявок на сутки вперед и т.д.).

Вместе с тем современные СНЭ характеризуются другими возможностями и особенностями работы на рынках электроэнергии. Это, в частности, возможность выдачи мощности лишь в течение ограниченного времени, возможность потреблять мощность с интенсивностью, близкой к уровню выдачи, а также возможность крайне быстрого (в зависимости от технологий – до нескольких секунд) изменения уровня выдачи и потребления мощности, а также перехода из одного режима в другой. Таким образом, СНЭ не предназначены и не способны обеспечивать длительную выдачу мощности в сеть, что является основной функцией генерации на рынках электрической энергии.

Рынок услуг по обеспечению системной надежности (в рамках которого системный оператор осуществляет в том числе балансирование энергосистемы через поддержание и оплату резервов генерирующей мощности) фактически закрыт для СНЭ, поскольку для участия в нем допускаются только электростанции (как этот термин определен в законодательстве об электроэнергетике и как соответствующие виды активов классифицируются согласно действующим нормативно-правовым актам).

Вместе с тем оказание системных услуг – это именно та сфера, где СНЭ могут продемонстрировать наибольшую эффективность, с большей точностью и оперативностью регулируя краткосрочные колебания производства и потребления электроэнергии и

мощности в энергосистеме. Применение СНЭ обеспечит замещение традиционной генерации на рынках по обеспечению системной надежности и в балансирующем рынке, что позволит вывести излишние мощности традиционной генерации, которые поддерживаются для обеспечения необходимых резервов генерирующей мощности в энергосистеме, а также оптимизировать режимы работы остающейся традиционной генерации.

Необходимость оплачивать услуги по передаче электрической энергии, запасаемой в СНЭ, в полном объеме

Если СНЭ является составной частью энергетической установки субъекта электроэнергетики (потребителя или производителя электроэнергии), то есть находится «за счетчиком» и работает для обеспечения собственных потребностей такого субъекта, данный порядок оплаты услуг по передаче электроэнергии представляется обоснованным. Однако он существенно осложняет эксплуатацию СНЭ, не входящих в состав энергетических установок производителей или потребителей и бизнес-модель деятельности которых предполагает запасание электроэнергии для последующей ее выдачи в общую сеть (ценовой арбитраж, разгрузка сетей или подстанций в часы пиковой нагрузки и т.д.).

Поскольку СНЭ не является конечным потребителем электроэнергии, а котловой тариф на услуги по ее передаче (в части ставки на содержание сети) предполагает получение сетевыми компаниями необходимой валовой выручки от оплаты объема конечного потребления, переданного с использованием соответствующей сетевой инфраструктуры, оплата услуг по передаче в полном объеме при запасании электроэнергии приведет к двукратной оплате передачи одного и того же объема (первый раз – собственником СНЭ при запасании, второй раз – конечным потребителем при потреблении электроэнергии, выданной системой накопления в общую сеть).

Таким образом, себестоимость запасаемой в СНЭ электроэнергии будет включать стоимость услуг по ее передаче, что значительно и необоснованно ухудшит экономическую эффективность создания и функционирования такой системы. Кроме того, это приведет к необоснованному увеличению доходов электросетевых компаний (в случае если объем электроэнергии, запасенной в СНЭ и выданной в последующем в общую сеть, не был учтен при установлении их необходимой валовой выручки). Представляется целесообразным ограничить оплату услуг по передаче электроэнергии такими отдельно стоящими СНЭ только в части компенсации нормативных потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям, а оплату услуг в части оплаты ставки на содержание сети данными системами исключить.

Неопределенность в вопросах учета расходов на покупку электроэнергии для запасания в СНЭ и порядка ее реализации, в случае если электросетевая организация владеет такой СНЭ

СНЭ могут эффективно эксплуатироваться электросетевыми организациями. Наиболее часто такие системы применяются для уменьшения потерь электрической энергии и повышения качества электроснабжения потребителей: регулирование частоты и напряжения электроэнергии в участках сетей, приближенных к потребителям; разгрузка подстанций и линий электропередачи в периоды пиковой нагрузки путем выдачи электроэнергии в сеть на нижних уровнях напряжения подстанций.

Вместе с тем оказание услуг по передаче электрической энергии является естественно монопольным видом деятельности и подлежит государственному регулированию, в том числе в части возможности учета расходов на ее осуществление при установлении регулируемыми органами тарифов на соответствующие услуги. При этом расходы на покупку электроэнергии электросетевой организацией могут быть учтены при установлении тарифов только в одном из двух случаев: покупка для собственных производственных нужд (к таким случаям, прежде всего, относится покупка для использования в административных и производственных помещениях электросетевых компаний) и для компенсации потерь в электрических сетях. Более того, во втором случае величина потерь строго нормируется, а перед электросетевыми компаниями ставятся задачи по их снижению.

Таким образом, законодательством об электроэнергетике не предусмотрен учет расходов на покупку электроэнергии, запасаемой в СНЭ. Также им установлен запрет на совмещение деятельности по передаче электроэнергии и по ее купле-продаже, за исключением покупки для компенсации потерь или собственных производственных нужд. В результате электросетевые компании не только лишены возможности включать расходы на покупку электроэнергии, запасаемой в СНЭ, в расчет необходимой валовой выручки, но и не могут закупать электроэнергию в результате действия запрета на совмещение видов деятельности в электроэнергетике. Это закрывает целый спектр потенциально экономически эффективных применений СНЭ в электросетевом комплексе, которые могли бы снизить совокупные расходы потребителей на энергоснабжение и повысить качество поставляемой им электроэнергии.

Представляется целесообразным исключение запрета на куплю-продажу электроэнергии сетевыми компаниями для запасания в СНЭ, установленных в границах балансовой принадлежности электросетевых компаний и принадлежащих им. Кроме того, необходимо определить порядок учета расходов на покупку электроэнергии для запасания в таких СНЭ при расчете необходимой валовой выручки электросетевых компаний и установлении тарифов на услуги по передаче электрической энергии, а также, возможно, учета иных особенностей использования СНЭ электросетевыми компаниями.

Отсутствие возможности агрегации распределенных энергетических объектов, в том числе СНЭ, и представления таких агрегированных множеств на оптовом рынке электрической энергии и мощности

Развитие агрегации распределенных энергетических ресурсов, в том числе СНЭ, – одна из важнейших возможностей в электроэнергетике, предоставляемых современными информационными технологиями. Агрегация позволяет использовать весь распределенный энергетический ресурс или его часть для нужд энергосистемы. При этом, как правило, такой распределенный энергетический ресурс устанавливается владельцем для иных целей, и, соответственно, он не ставит перед собой задачу полностью вернуть понесенные капитальные и операционные расходы за счет выручки от работы на рынках электрической энергии через агрегатора.

Таким образом, для рынка электроэнергии агрегаторы создают дополнительные ресурсы, способные конкурировать с традиционными централизованными энергетическими ресурсами при больших удельных капитальных затратах на их создание. У владельцев таких распределенных ресурсов появляются дополнительные источники выручки, которые в совокупности с основным предназначением данных энергетических ресурсов повышают их экономическую привлекательность.

СНЭ, установленные как у конечных потребителей – от крупных промышленных потребителей до частных домохозяйств, – так и в распределительных электрических сетях, являются примером подобных распределенных энергетических ресурсов. Возможность их агрегации, в том числе распределенных СНЭ, откроет широкие возможности для развития новых распределенных технологий в электроэнергетике, которые будут способствовать более эффективному использованию инфраструктуры и централизованных энергетических ресурсов и, соответственно, оптимизации совокупных затрат на энергоснабжение потребителей.

Устранение перечисленных выше барьеров в сфере законодательства об электроэнергетике заложит правовую основу для применения СНЭ в тех сферах, где это наиболее эффективно, вне зависимости от того, какой субъект использует подобные системы. Это также заложит основу для дальнейшего совершенствования законодательства в области электроэнергетики – для повышения эффективности интеграции новейших технологий в области производства, передачи и потребления электроэнергии в целом и СНЭ в частности.

Отсутствие учета особенностей присоединения и функционирования СНЭ в действующих нормативно-технических актах

Правила устройства электроустановок (ПУЭ), Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей (ПТЭЭС), Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП) являются обязательными к применению соответствующими субъектами электроэнергетики и устанавливают порядок устройства и эксплуатации соответствующего оборудования. Положения этих нормативных актов, в частности, регулируют возможность использования СНЭ для тех или иных целей, а также порядок их эксплуатации.

Так, СНЭ не относятся к резервным источникам энергии, которые могут быть применены у потребителей 1-2 категорий надежности электроснабжения. При этом на целом ряде производств соблюдение требований повышенной категории надежности энергоснабжения необходимо не для продолжения производства в нормальном режиме в случае перерыва подачи электроэнергии по основному источнику питания, а для контролируемого и безопасного завершения процессов и питания выделенных потребителей (как правило, относительно небольшой мощности в сравнении с нормальным объемом) на время восстановления энергоснабжения по основному источнику питания.

Задачу питания выделенных потребителей для безопасного завершения производственных процессов могут успешно и эффективно решать СНЭ, обеспечивая при этом более высокий уровень надежности, чем резервные генерирующие источники, и фактическую непрерывность питания. В то время как резервному генерирующему источнику требуется время на запуск и выход на номинальные показатели выдачи мощности, СНЭ, в зависимости от технологии, способны обеспечить выдачу номинальных параметров в течение нескольких секунд.

Кроме того, имеющиеся в настоящее время в указанных нормативных актах требования к СНЭ специфичны для свинцово-кислотных аккумуляторов, которые были единственным доступным способом хранения энергии тогда, когда разрабатывались эти документы. В результате возникает неопределенность в вопросах соблюдения технических требований при эксплуатации иных, не свинцово-кислотных аккумуляторов: непонятно, должны ли эти требования применяться, даже если они не выполнимы или не имеют смысла в силу особенностей новых технологий СНЭ.

В любом случае возникает риск санкций со стороны государственных органов, уполномоченных осуществлять контроль за соблюдением требований указанных нормативно-технических документов. В целом, учитывая быстрое развитие различных технологий хранения энергии, представляется целесообразным закрепить в соответствующих нормативных документах приоритет инструкции завода-изготовителя СНЭ над требованиями соответствующих документов (в тех случаях, когда требования указаны и в инструкции, и в нормативном

документе). Устранение этих барьеров снимет необоснованные риски применения СНЭ и позволит установить достаточные требования для их безопасной эксплуатации.

Наличие ввозных пошлин на сырье и материалы для производства СНЭ (в частности, для литий-ионных аккумуляторов) и нулевые пошлины на ввоз готовых СНЭ

Подобные меры ухудшают конкурентное положение отечественных производителей СНЭ, которые импортируют сырье и компоненты, по сравнению с зарубежными производителями, чья продукция освобождена от таможенных пошлин. Для выравнивания условий представляется целесообразным установление нулевых импортных пошлин на сырье и компоненты для СНЭ, производимых в России. Кроме того, на ограниченное время, необходимое для становления отечественной отрасли создания СНЭ, стоит установить импортные пошлины на готовые системы, произведенные за рубежом.

Отсутствие СНЭ в перечне объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности

Перечень утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2015 года № 600. На лиц, использующих объекты и технологии, внесенные в указанный перечень, распространяются налоговые льготы – например, получение инвестиционных налоговых кредитов, льгот по налогу на имущество, возможность применения ускоренной амортизации. Как было сказано выше, такие меры налогового стимулирования способны повысить экономическую эффективность внедрения СНЭ в электроэнергетике, особенно учитывая высокую долю капитальных затрат в совокупной стоимости их эксплуатации на жизненном цикле. Кроме того, отсутствие систем накопления в указанном перечне затрудняет их использование при реализации энергосервисных контрактов, а также препятствует получению иных мер государственной поддержки, направленных на внедрение энергоэффективных продуктов и технологий.

Внесение изменений в вышеприведенные нормативно-правовые акты позволит устранить указанные барьеры и создать дополнительные механизмы повышения экономической эффективности применения СНЭ и, таким образом, ускорить их внедрение уже в ближайшее время.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ ПИЛОТНЫЕ ПРОЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пилотные проекты применения систем накопления электроэнергии необходимы для того, чтобы снизить уровень рисков использования новой и относительно плохо знакомой практикам технологии, сформировать позитивные, подтвержденные опытом ожидания рынка, уточнить условия эксплуатации и достижения экономической эффективности. В рамках обсуждения дорожной карты по развитию соответствующего рынка в России был сформирован перечень пилотных проектов. В их рамках потребителями СНЭ могли бы выступить такие организации, как ПАО «Россети», ПАО «Русгидро», ОАО «РЖД», АО «СО ЕЭС», члены АНП «Сообщество потребителей энергии».

Пилотные проекты рекомендованы для осуществления и включения в программы инновационного развития и инвестиционные программы указанными организациями. К первоочередным проектам относятся проекты с высокой степенью готовности к запуску в 2018–2019 годах, к проектам второй очереди – те, запуск которых требует дополнительных изысканий и возможен в 2020–2021 годах.

РЫНОК СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИИ: ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ

№	Сценарий развития рынка СНЭ в РФ	Пилотный проект	Пилотный объект
1. ПРОЕКТЫ ПЕРВОЙ ОЧЕРЕДИ (ГОТОВНОСТЬ К ЗАПУСКУ В 2018–2019 гг.)			
Пилотные проекты на объектах сетевого комплекса			
1.1.1.1		Вывод недозагруженных линий электропередач за счет перевода поселения на изолированный режим работы с автономной гибридной энергоустановкой	Автономная гибридная энергоустановка (АГЭУ) в составе объектов генерации и систем накопления электроэнергии. Мощность генерации: 400 кВт (традиционная), 120 кВт (возобновляемая). Емкость системы накопления (литий-ионные аккумуляторные батареи): 300 кВт·ч
1.1.1.2	Применение в электроснабжении изолированных и удаленных районов	Создание автономной гибридной энергоустановки вместо ввода линий электропередач под новую нагрузку	Автономная гибридная энергоустановка (АГЭУ) в составе объектов генерации и систем накопления электроэнергии. Мощность генерации: 400 кВт (традиционная), 120 кВт (возобновляемая). Емкость системы накопления (литий-ионные аккумуляторные батареи): 300 кВт·ч
1.1.2.1	Применение на электрическом транспорте и в зарядной инфраструктуре	Экспресс-зарядки электромобилей на объектах с ограничениями по выделенной мощности и категории энергоснабжения	Станция экспресс-зарядки электромобилей. Мощность зарядной станции: 50 кВт. Емкость системы накопления (литий-ионные аккумуляторные батареи): 600 кВт·ч
1.1.3.1		Мобильные системы накопления электроэнергии (на базе грузового автомобиля) для энергоснабжения при плановых и аварийных отключениях, перегрузках	Две мобильные системы накопления электроэнергии (на основе литий-ионных аккумуляторных батарей): 1. Мощность: 200 кВт, емкость: 500 кВт·ч. 2. Мощность: 200 кВт (4 модуля по 50 кВт), емкость: 660 кВт·ч (4 модуля по 165 кВт·ч)
1.1.3.2	Другие применения (передвижные аварийные источники питания, коллективные ИБП, сервисы повышения качества э/э)	Сетевая услуга по обеспечению сверхнормативного качества электроснабжения для ответственных потребителей	Постоянно подключенная к сети система накопления электроэнергии. Мощность преобразователя: 300 кВт. Емкость системы накопления (литий-ионные аккумуляторные батареи): 300 кВт·ч
1.1.3.3		Мобильные системы накопления электроэнергии для производственных нужд (компактные, используемые вместо бензиновых генераторов)	Мобильная компактная система накопления электроэнергии. Мощность преобразователя: 10 кВт. Емкость системы накопления (литий-ионные аккумуляторные батареи): 10 кВт·ч

ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ДОКЛАД

1.1.4.1	Управление суточным графиком потребления и генерации, управление качеством электроэнергии	Разгрузка требующей модернизации подстанции в часы пиковой нагрузки	Передвижная система накопления электроэнергии. Мощность преобразователя: 210 кВт. Емкость системы накопления (литий-ионные аккумуляторные батареи): 1 680 кВт·ч
1.1.4.2		Разгрузка линии 10 кВ с падением напряжения на конце более 10% от нормативного в часы пиковой нагрузки	Передвижная система накопления электроэнергии. Мощность преобразователя: 100 кВт. Емкость системы накопления (литий-ионные аккумуляторные батареи): 400 кВт·ч
Пилотные проекты на Дальнем Востоке России			
1.2.1.1	Управление суточным графиком потребления и генерации, управление качеством электроэнергии	Создание автономной гибридной энергоустановки вместо ввода линий электропередач под новую нагрузку	Автономная гибридная энергоустановка (АГЭУ) в составе объектов генерации и систем накопления электроэнергии. Мощность генерации: 400 кВт (традиционная), 120 кВт (возобновляемая). Емкость системы накопления (литий-ионные аккумуляторные батареи): 300 кВт·ч
1.2.1.2		Покрытие дефицита мощности в часы пиковой нагрузки для ОЭС	Система накопления электроэнергии на основе лифтов твердых грузов. Мощность преобразователя: 1 МВт. Емкость системы накопления: 15 МВт·ч
1.2.2.1	Водородная энергетика	Электроснабжение изолированных поселений и объектов инженерной архитектуры с высокими требованиями по автономности и мобильности на основе водородных энергетических технологий (в том числе для территорий ДВФО и Арктики)	Система электроснабжения с использованием водородных технологий (электролизер, системы накопления водорода, топливный элемент), работающая в сложных климатических условиях. Присоединенная мощность: до 200 кВт
Пилотные проекты в инфраструктуре железнодорожного транспорта			
1.3.1.1	Использование в системе энергоснабжения промышленных и коммерческих потребителей	Увеличение мощности на энергодефицитном протяженном участке контактной сети железнодорожной магистрали в момент прохождения локомотива	Система накопления электроэнергии. Емкость системы накопления (суперконденсаторы / литий-ионные аккумуляторные батареи): 300 кВт·ч
1.3.2.1	Применение на электрическом транспорте и в зарядной инфраструктуре	Перевод дизельных локомотивов на автономную электротягу	Гибридный маневровый локомотив с дизель-генератором и ЛИАБ (на базе ЧМЭ-3, ТЭМ-31, др.). Емкость системы накопления (тяговые литий-ионные аккумуляторные батареи): 200 кВт·ч
1.3.2.2			Контактно-аккумуляторный электровоз (на базе ЧМЭ-3, ТЭМ-2). Емкость системы накопления (тяговые литий-ионные аккумуляторные батареи): 200 кВт·ч

РЫНОК СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИИ: ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ

2. ПРОЕКТЫ ВТОРОЙ ОЧЕРЕДИ (ГОТОВНОСТЬ К ЗАПУСКУ В 2020–2021 гг.)

Пилотные проекты на объектах сетевого комплекса

2.1.1.1	Применение в системах энергоснабжения жилых районов	Комбинированная схема энергоснабжения (50/50 – переменный и постоянный ток) для микрорайона (квартала) города	Система электроснабжения нового микрорайона (квартала) города. Присоединенная мощность: 1-4 МВт. Емкость систем накопления электроэнергии: не менее 1,5 кВт·ч на квартиру
2.1.1.2			Система электроснабжения микрорайона (квартала) города для расширения присоединенной мощности. Присоединенная мощность: 1-4 МВт. Емкость систем накопления электроэнергии: не менее 1,5 кВт·ч на квартиру

Пилотные проекты на Дальнем Востоке России

2.2.1.1	Водородная энергетика	Аккумуляция электроэнергии в водородном цикле на территории ДВФО, тестовые поставки водородного топлива в Японию	Предприятие по производству и аккумуляции водорода на территории ДВФО. Производительность: 2 000-4 000 тонн в год
---------	-----------------------	--	--

Пилотные проекты в инфраструктуре железнодорожного транспорта

2.4.1.1	Управление суточным графиком потребления и генерации, управление качеством электроэнергии	Регулирование параметров работы энергосистемы за счет управления агрегированными множествами стационарных и мобильных аккумуляторов, в том числе электрического (аккумуляторного) коммерческого транспорта	Агрегатор аккумуляторов, в том числе электрического транспорта, обеспечивающий регулирование параметров энергосистемы, с использованием в том числе не менее чем 50 единиц систем накопления электроэнергии суммарной мощностью не менее 5 000 кВт в пике и емкостью не менее 3 000 кВт·ч
2.4.2.1	Вращающийся резерв энергосистемы и другие системные услуги	Первичное регулирование частоты в ЕЭС	Ввод системы накопления электроэнергии мощностью 50 МВт и емкостью не менее 50 МВт·ч, к которой подведены линии коммуникации с СО
2.4.2.2		Вторичное регулирование частоты и перетоков активной мощности в ЕЭС	Ввод в состав объектов ЕЭС России системы накопления электроэнергии мощностью не менее 10 МВт (емкостью не менее 40 МВт·ч)
2.4.2.3		Обеспечение системной надежности	Ввод распределенной совокупности систем накопления электроэнергии в составе не менее 40 систем мощностью не менее 100 кВт и емкостью не менее 100 кВт·ч каждая

Пилотные проекты на объектах потребителей электроэнергии			
2.5.1.1	Использование в системе энергоснабжения промышленных и коммерческих потребителей	Оптимизация графиков нагрузки промышленных и (или) коммерческих потребителей для снижения расходов на электроснабжение на жизненном цикле	Система накопления электроэнергии на промышленном объекте (или коммерческой недвижимости) без собственной генерации. Мощность преобразователя: 400 кВт. Емкость системы накопления: 800 кВт·ч
2.5.1.2			Система накопления электроэнергии на промышленном объекте (или объекте коммерческой недвижимости) с собственной генерацией. Мощность преобразователя: 200 кВт. Емкость системы накопления: 400 кВт·ч
2.5.1.3		Сверхнормативное качество электроэнергии у ответственных потребителей	Постоянно подключенная к сети система накопления электроэнергии. Мощность преобразователя: 300 кВт. Емкость системы накопления (литий-ионные аккумуляторные батареи): 300 кВт·ч
2.5.1.4		Аварийный резерв электроэнергии у ответственных потребителей	Подключаемая только по команде при наступлении аварийной ситуации система накопления электроэнергии. Мощность преобразователя: 300 кВт. Емкость системы накопления (литий-ионные аккумуляторные батареи): 150 кВт·ч



ЦЕНТР
СТРАТЕГИЧЕСКИХ
РАЗРАБОТОК

125009, Москва, ул. Воздвиженка, дом 10

тел.: **(495) 725 78 06, 725 78 50**

e-mail: **info@csr.ru**

web: **csr.ru**

ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ДОКЛАД

**«РЫНОК СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
В РОССИИ: ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ»**