

## Накопительная энергетика: «зеленая» инновация для сохранения энергии

*Системы накопления электроэнергии являются одним из самых быстрорастущих секторов и одним из ключевых направлений развития современной электроэнергетики. За 10 лет сектор вырос в 48 раз, среднегодовые темпы роста к 2019 году составили 47%. Ожидается, что к 2030 году суммарная установленная мощность накопителей в мире составит 125 ГВт. В России эксплуатируется не менее 17 СНЭЭ общей мощностью 19,5 МВт и энергоемкостью 16,9 МВт-ч, однако государственная программа поддержки развития таких систем до сих пор отсутствует. Подробнее о развитии накопительной энергетике в мире и в России – в исследовании Группы «ДЕЛОВОЙ ПРОФИЛЬ».*

Традиционная архитектура энергосистем с самого начала их формирования предопределялась одновременностью процессов производства и потребления электроэнергии. В последние десятилетия в составе и структуре энергосистем происходят изменения, связанные с распространением систем накопления электрической энергии (СНЭЭ), разделяющих во времени производство и потребление электроэнергии и способных повышать надежность и эффективность энергосистем, повышать качество управления электрическими режимами, улучшать экономические показатели функционирования энергосистем на всех этапах производства, передачи и распределения электроэнергии. В первую очередь, это связано со значительной и неуклонно возрастающей долей генерации с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и развитием распределенной генерации.

### Роль систем накопления в электроэнергетике

Учитывая стохастический характер генерации ВИЭ, а также ее зависимость от погодных условий, для гарантированного обеспечения баланса мощности необходим соответствующий объем резервной мощности, который в настоящее время реализуется в основном за счет традиционной генерации. Очевидно, что такой способ сохранения баланса имеет свои ограничения: технические и экономические. Проблема интеграции ВИЭ в состав традиционной энергосистемы при таком подходе остается решенной не до конца.

Качественно другим, новым подходом, являются СНЭЭ, которые позволяют решить проблему интеграции ВИЭ в энергосистему в полной мере. Однако в мировой практике СНЭЭ применяют не только для повышения эффективности ВИЭ, но и для других целей: регулирование частоты и напряжения в энергосистемах, резервирование, обеспечение бесперебойного питания нагрузки, поддержание показателей качества электрической энергии и др. В настоящее время использование СНЭЭ – одно из ключевых направлений развития электроэнергетики. В соответствии с исследованием компании Bloomberg New Energy Finance, к 2030 году суммарная установленная мощность накопителей электроэнергии в мире составит 125 ГВт.

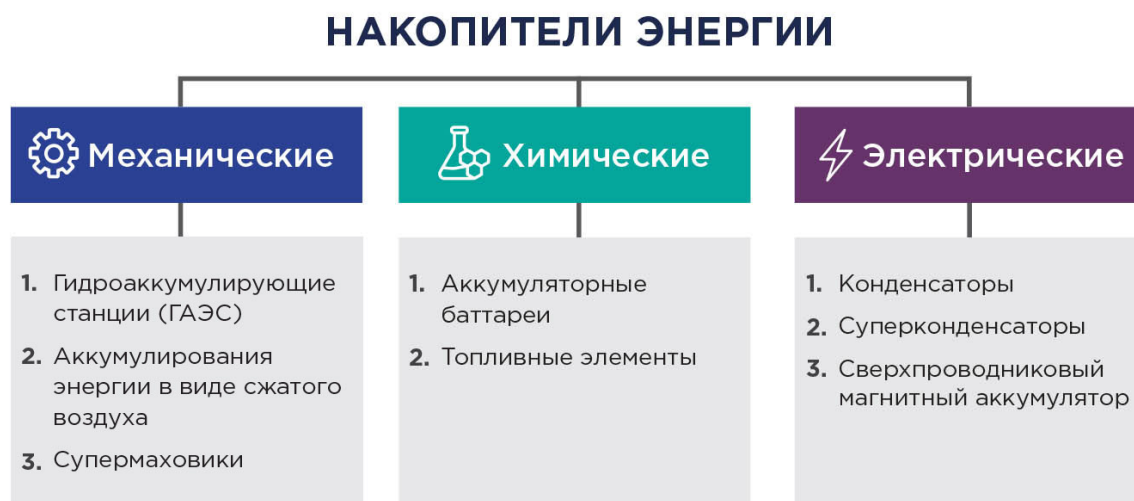
### Виды накопителей электроэнергии

Накопители энергии бывают:

- механические (гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС));
- маховичные (хранение сжатого воздуха);

- химические (хранение водорода, преобразование электроэнергии в газ, водород, водорода в аммиак и их хранение);
- электрохимические (батареи: литий-ионные, никель-кадмиевые);
- тепловые (накопление горячей воды, накопление скрытой тепловой энергии);
- электрические (суперконденсаторы).

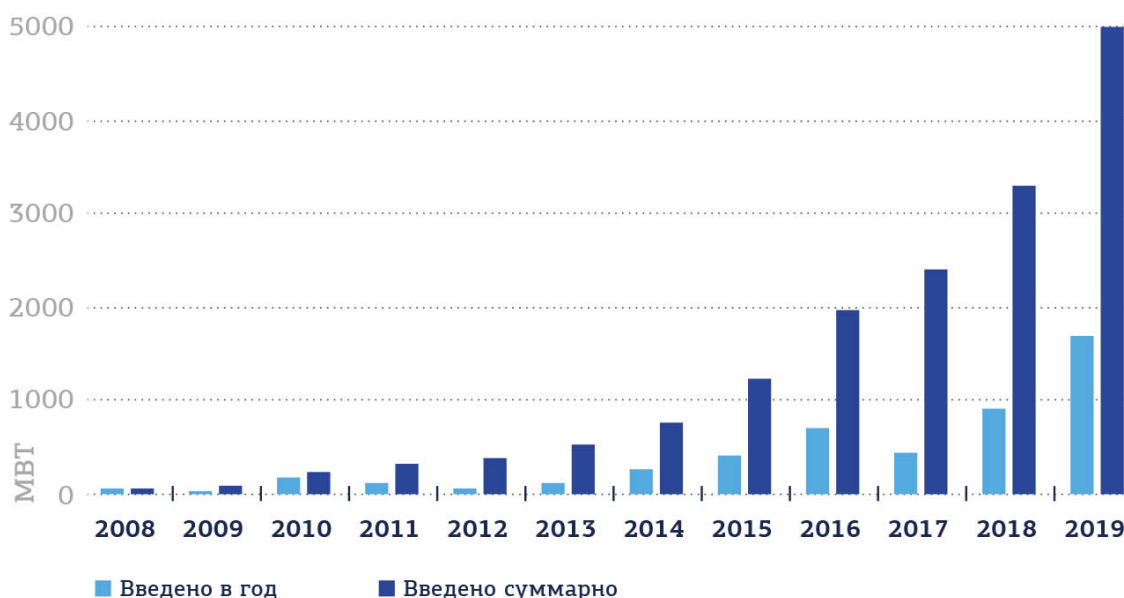
**Рис. 1. Общая классификация накопителей энергии по виду энергии**



### Практическое применение систем накопления электроэнергии

Системы накопления электроэнергии являются одним из самых быстрорастущих секторов электроэнергетики, за 10 лет сектор вырос в 48 раз, среднегодовые темпы роста к 2019 году составили 47%.

**Рис. 2. Динамика ввода СНЭ в мире за 10 лет**



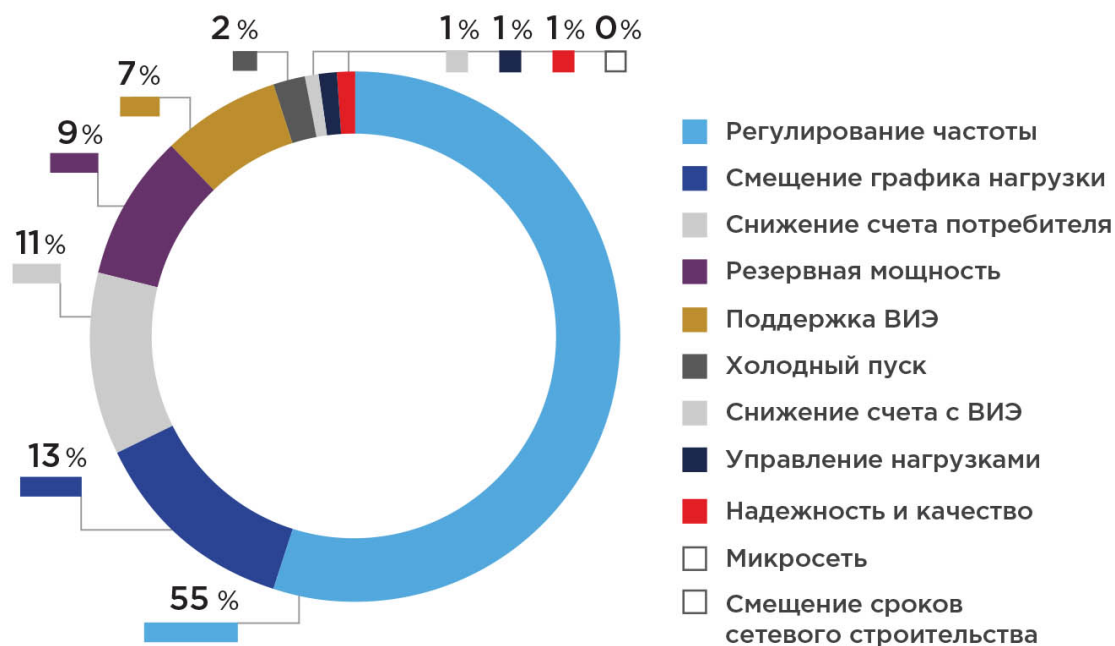
Источник: база данных DOE, Анализ АО «Фонд «Форсайт»

До настоящего времени более половины проектов было нацелено на участие в рынке регулирования частоты. Еще одним крупным сегментом было снижение затрат потребителя за счет управления нагрузкой (рис.3).

Группа «ДЕЛОВОЙ ПРОФИЛЬ». Все права защищены.

Аналитическое исследование. Накопительная энергетика (2021)

**Рис.3. Структура целевого использования СНЭЭ в мире**



Источник: база данных DOE, Анализ АО «Фонд «Форсайт»

Для анализа практического применения СНЭЭ в энергосистемах стран мира по состоянию на конец 2020 года, рассмотрены проекты мощностью более 50 кВА. Анализ СНЭЭ по типам накопителя энергии представлен в табл. 1.

**Табл. 1. Сравнительные показатели основных типов СНЭЭ в мире за 2020 г.**

| Общий тип             |        | ВАЭС | Водородные | Тепловые | Электрохимические | ГАЭС  |
|-----------------------|--------|------|------------|----------|-------------------|-------|
| Кол-во                | Ед.    | 2    | 13         | 134      | 754               | 350   |
|                       | %      | 0,2  | 1          | 10,7     | 60,2              | 27,9  |
| Средняя мощность      | МВт.   | 2,7  | 1,6        | 24,4     | 4,4               | 523   |
|                       | %      | 0,5  | 0,3        | 4,4      | 0,8               | 94    |
| Средняя энергоёмкость | МВт.ч. | 8,7  | 16,8       | 173,4    | 11                | 19102 |
|                       | %      | 0,1  | 0,1        | 0,8      | 0,1               | 98,9  |

Источник: база данных U.S. Department of Energy Global Energy Storage Database

На долю гидроаккумулирующих электростанций приходятся наибольшие суммарные значения мощности и энергоёмкости. Однако их обычно рассматривают обособленно от других СНЭЭ не только по причине большей мощности и энергоёмкости, но и в связи с тем, что ГАЭС являются традиционным решением и широко применяются в энергосистемах многих стран мира. Кроме того, ГАЭС уступают по мобильности и быстродействию современным электрохимическими СНЭЭ.

В табл. 2 отражено распределение электрохимических СНЭЭ с разными типами накопителей энергии по суммарной мощности и суммарной энергоёмкости, соответственно.

**Табл. 2. Сравнительные показатели разных типов электрохимических СНЭЭ за 2020 г.**

| Тип | Количество, ед. | Средняя мощность, МВт | Средняя энергоёмкость, МВт/ч |
|-----|-----------------|-----------------------|------------------------------|
|-----|-----------------|-----------------------|------------------------------|

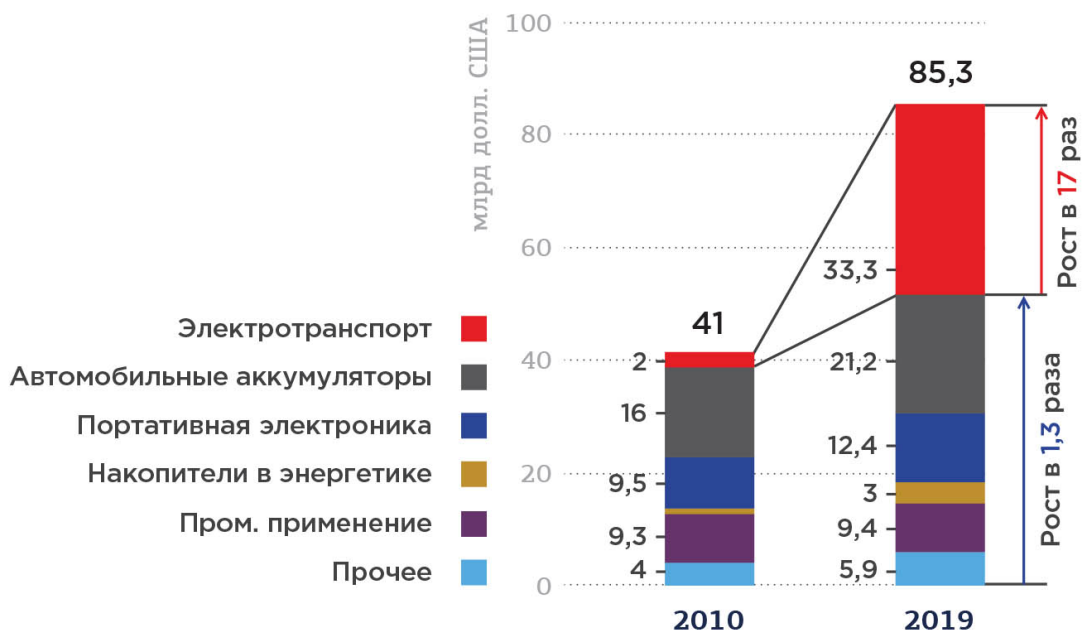
|                               |     |     |      |
|-------------------------------|-----|-----|------|
| Гибрид: св.-кис. + суперконд. | 8   | 1   | 0,6  |
| Суперконденсаторные           | 27  | 1,3 | 0,1  |
| Свинцово-кислотные            | 59  | 2,8 | 3,3  |
| Металло-воздушные             | 6   | 3,3 | 51,5 |
| На основе натрия              | 63  | 3,5 | 22,2 |
| Проточные                     | 73  | 4,4 | 16,9 |
| Литий-ионные                  | 488 | 4,7 | 10   |
| На основе никеля              | 4   | 8,1 | 3,1  |

Источник: база данных U.S. Department of Energy Global Energy Storage Database

По мощности и энергоёмкости среди действующих проектов СНЭЭ лидируют ГАЭС, по количеству проектов – другие типы СНЭЭ, среди которых преобладают электрохимические (754 проекта – 60 % всех проектов, учитывая ГАЭС).

В последние годы электротранспорт стал ключевым драйвером развития электрохимических аккумуляторов. Открытие рынков электромобилей в Китае, Европе и Северной Америке, в том числе за счет субсидирования цен для конечных пользователей, потребовало 17-кратного роста производства и продаж батарей. При этом весь сектор электрохимических технологий накопления по годовым оборотам вырос за последние девять лет более чем в 2 раза – до 85 млрд долл. США.

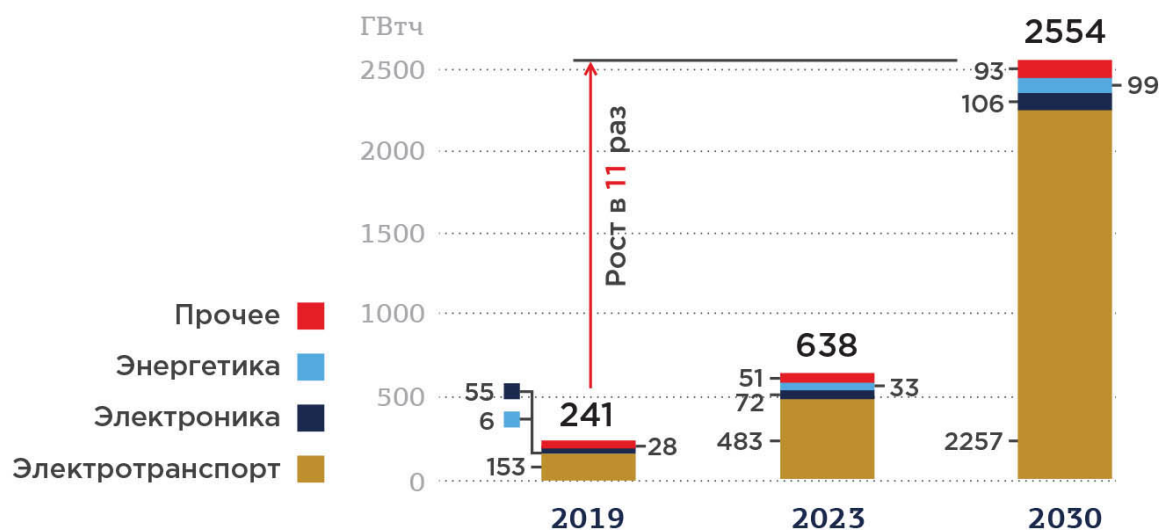
Рис. 4. Мировые факторы развития рынка электрохимических аккумуляторов



Источник: Global Battery Alliance, Avicenne Energy

Активное развитие технологий литий-ионных аккумуляторов способствует значительному снижению себестоимости СНЭЭ и росту их востребованности в электроэнергетике.

Рис. 5. Прогноз развития рынка Li-ion аккумуляторов в мире



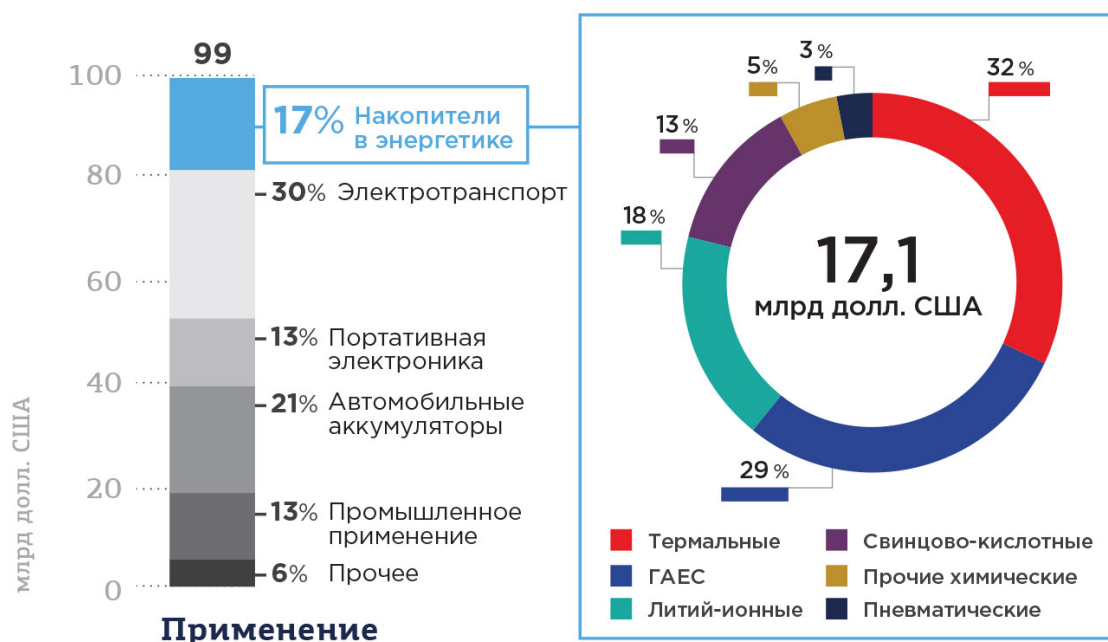
Источник: Global Battery Alliance, Avicenne Energy

Литиевые системы накопления в энергетике только в 2019 г. опередили свинцово-кислотные по объемам продаж, их доли составили 43% и 40% соответственно. Исходя из прогноза роста годового оборота рынка электромобилей и гибридов всех типов до 19 млн шт. в 2023 г. и около 60 млн шт. в 2030 г., рынок литий-ионных батарей менее чем за четыре года утроится, а к 2030 г. вырастет более чем в 10 раз в натуральных величинах. Поставки литиевых батарей для систем накопления в электроэнергетике могут вырасти к 2023 г. в 5-6 раз с текущих 6 ГВт ч до 33 ГВт ч, но их доля едва ли превысит 5% рынка.

### Ключевые сферы применения систем накопления

В настоящее время системы накопления энергии/электрической энергии (СНЭ/СНЭЭ) широко применяются для решения различных задач по всему миру. К ключевым сферам применения накопителей энергии сегодня относятся электротранспорт (30%) и аккумуляторы для ДВС (21%), которые в совокупности занимают более половины всего рынка. 13% приходится на промышленный сектор (прежде всего, специальные автопогрузчики и источники бесперебойного питания для инфраструктуры связи) и 17% – на системы хранения, используемые в электроэнергетике.

**Рис. 6. Рынок систем накопления энергии в мире в разрезе применения и технологий за 2019 г.**



Источник: Global Battery Alliance, Avicenne Energy

В целом, мировой рынок СНЭ интенсивно развивается: совершенствуются технологии, накапливается опыт реализованных проектов. В наибольшей степени увеличиваются масштабы применения СНЭ на основе литий-ионных аккумуляторов - благодаря двукратному снижению стоимости последних за прошедшее десятилетие. СНЭ стали принципиально новым элементом централизованных и автономных энергосистем, позволяющим эффективно решать многие задачи при управлении нормальными и аварийными режимами. В будущем следует ожидать дальнейшего увеличения значимости СНЭ для электроэнергетики, в частности, роста количества проектов, где в полной мере используется многофункциональность СНЭ.

### Отрасль накопительной энергетики в России

Бурный рост интереса к проблеме развития СНЭ в России начался в конце 1960-х годов, что соответствовало аналогичным процессам в мировом научно-техническом сообществе. Однако экономическая ситуация в стране в конце XX века не способствовала развитию этого направления энергетики. За последние десятилетия ряд наиболее эффективных технологий накопления энергии достиг уровня практического применения в электроэнергетике. Одновременно с этим значительно снизилась стоимость основных компонентов (аккумуляторов, силовых преобразователей), что, в свою очередь, повысило рентабельность проектов с применением СНЭ. Потенциально высокие экономические показатели резко увеличили интерес к тематике СНЭ, в том числе в России.

При этом в России скорость вводов объектов ВИЭ не является столь стремительной. В период с 2018 по 2024 гг. запланировано строительство около 5,2 ГВт мощностей на объектах ВИЭ, однако при этих объемах мгновенные небалансы мощности, даже в южных регионах страны, для компенсации которых понадобилось бы массовое внедрение СНЭ, вряд ли возникнут. В этих условиях более вероятным видится развитие СНЭ на стороне конечных потребителей электроэнергии.



**Рис. 7. Российский научно-технический задел в области технологий СНЭЭ в сравнении с мировым уровнем**



Источник: ЦСР <https://www.csr.ru/ru>.

В настоящее время интенсивно развиваются системы накопления и хранения электрической энергии на базе электрохимических аккумуляторов не только за рубежом, но и в России.

К настоящему моменту в России эксплуатируется не менее 17 электрохимических СНЭЭ общей установленной мощностью 19,5 МВт и энергоемкостью 16,9 МВт-ч, как показано в Табл. 3.

**Табл. 3. Перечень проектов применения электрохимических СНЭЭ в России**

| №  | Место размещения                               | Оператор                | Тип СНЭЭ  | Мощность/ энергоёмкость | Назначение                               | Год ввода в эксплуатацию   |      |
|----|--|-------------------------|---|-------------------------|--|--|------|
| 1  | г. Москва                                      | Электросетевая компания | Цинк-бромные аккумуляторы   | 25 кВА / 25 кВт-ч       | Снижение затрат на покупную мощность     | 2012   |      |
| 2  | ПС «Сколково», Московская обл.                 |                         | Литий-ионные аккумуляторные батареи (литий-никель-марганец-кобальтовые) | 1200 кВА / 1000 кВт-ч   | РИСЭ (электроснабжение собственных нужд) | 2012   |      |
| 3  | ПС «Смирново», Московская обл., ИЦ «Сколково»  |                         |   | 1200 кВА / 1000 кВт-ч   |  | 2012   |      |
| 4  | ПС «Веселое», г. Сочи, п. Веселое              |                         |   | 600 кВА / 500 кВт-ч     |  | 2012   |      |
| 5  | ПС «Спортивная», п. Красная поляна             |                         |   | 600 кВА / 500 кВт-ч     |  | 2012   |      |
| 6  | ПС «Псоу», г. Сочи                             |                         |   | 1500 кВА / 2500 кВт-ч   |  | 2013   |      |
| 7  | ПС «Волхов Северная», г. Санкт-Петербург       |                         |   | 1500 кВА / 1000 кВт-ч   |  | 2014   |      |
| 8  | ПС «Восход», г. Омск                           |                         |   | 1200 кВА / 1000 кВт-ч   |  | 2016   |      |
| 9  | Зарядная станция для электромобилей, г. Рязань |                         |   | 22 кВА / 100 кВт-ч      |  | Снижение пиковой мощности; снижение затрат на покупку электроэнергии | 2016 |
| 10 | г. Белгород                                    |                         |   | 10 кВт / 53,3 кВт-ч     |  | РИСЭ, снижение пиковых нагрузок,                                     | 2019 |



| №  | Место размещения                                   | Оператор             | Тип СНЭЭ   | Мощность/ энергоемкость | Назначение   | Год ввода в эксплуатацию        |   |
|----|--|----------------------|--|-------------------------|--|---------------------------------|---|
| 11 | г. Суздаль   |                      |  | 10 кВт/ 26,6 кВт-ч      | разгрузка электрооборудования<br>Повышение надежности электроснабжения и качества электроэнергии | 2020                            |   |
| 12 | г. Тюмень  | Конечный потребитель | Суперконденсаторы  | 500 кВт/ нет данных     | Снижение пиковых нагрузок  | 2014                            |   |
| 13 | Забайкальский край, с. Менза                       |                      | Литий-ионные аккумуляторные батареи (литий-железо-фосфатные) | 90 кВА / 300 кВт-ч      | Оптимизация работы солнечно-дизельной электростанции   | 2017                            |   |
| 14 | Республика Тыва, п. Мугур-Аксы                     |                      |  | 400 кВА / 460 кВт-ч     |  | 2019                            |   |
| 15 | Республика Тыва, п. Кызыл-Хая                      |                      |  | 100 кВА / 250 кВт-ч     |  | 2019                            |   |
| 16 | г. Санкт-Петербург                                 |                      |  | 120 кВт / 240 кВт-ч     |  | РИСЭ, снижение пиковых нагрузок | 2013  |
| 17 | Республика Башкортостан, п. Бурзян, Бурзянская СЭС |                      |  | Генерирующая компания   |  | 10 МВт / 8 МВт-ч                | Снижение пиковых нагрузок Сглаживание резких изменений мощности СЭС |

Как видно из табл. 3 около 50% проектов СНЭЭ и 90% от суммарной установленной мощности приходится на подстанции (ПС) ПАО «ФСК ЕЭС» (проекты 2012-2014 гг.), где СНЭЭ выполняют функцию резервного источника электроснабжения (РИСЭ) для электроприемников собственных нужд.

Три СНЭЭ (выделены зеленым цветом в табл. 3 работают в составе изолированных энергорайонов удаленных поселков для поддержания баланса мощности и снижения топливной составляющей в объеме вырабатываемой электроэнергии (проекты 2017-2019 гг.). Две СНЭЭ (выделены желтым цветом установлены у потребителей с целью снижения пиковых нагрузок и обеспечения надежного электроснабжения мощных электроприемников. Отдельно следует выделить одну СНЭЭ с самой большой мощностью и энергоемкостью (выделена красным цветом, которая установлена на Бурзянской СЭС для повышения надежности электроснабжения потребителей в энергорайоне при отключении или перегрузке питающей одноцепной ЛЭП 110 кВ (проект 2020 г.).

### Барьеры для развития систем накопления энергии

По мнению большинства отечественных специалистов, основными факторами, ограничивающими развитие СНЭЭ в РФ, являются:

1. Отсутствие государственной программы поддержки проектов в области СНЭЭ. В странах, занимающих сейчас лидирующие позиции на мировом рынке СНЭЭ, технологии накопления совершили качественный скачок именно благодаря комплексной государственной поддержке проектов в области СНЭЭ. В России в настоящее время такая поддержка отсутствует.
2. Высокая стоимость СНЭЭ при относительно низкой стоимости электроэнергии в РФ. Удельная стоимость СНЭЭ сильно зависит от используемых накопителей энергии, функционала и исполнения СНЭЭ и множества других факторов, однако в любом случае она по-прежнему достаточно высока.
3. Малая доля ВИЭ в ЕЭС России и в большинстве ОЭС. Область применения СНЭЭ не ограничивается повышением эффективности возобновляемых источников энергии, однако, как показывает мировой опыт, последние являются значимым драйвером развития СНЭЭ. При этом на 01.01.2020 г. доля СЭС и ВЭС в структуре установленной мощности электростанций ЕЭС России составляет лишь 0,55 и 0,07 % соответственно, а в структуре выработки электроэнергии – 0,12 и 0,03 % соответственно.
4. Медленное формирование нормативно-технической основы для применения СНЭЭ. В России постепенно разрабатываются нормативно-технические документы в области СНЭЭ, с 1 ноября 2020 г. вступили в силу два очередных национальных стандарта в области СНЭЭ: ГОСТ Р 58092.2.1–2020 и ГОСТ Р 58092.3.1–2020. Однако все это происходит крайне медленно.
5. Ограниченный срок службы, его зависимость от глубины разряда, допустимый ток заряда и другие ограничения накопителей энергии. Данные вопросы остро стоят в проектах в области СНЭЭ, реализуемых не только в России, но и по всему миру.

Необходимо отметить, что влияние указанных факторов может быть компенсировано посредством государственной поддержки. Согласно Плану мероприятий («Дорожной карте») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации НТИ по направлению «Энерджинет», разработка экономически обоснованного механизма поддержки строительства систем накопления энергии будет осуществлена в срок до декабря 2021 г.

## Перспективы развития накопительной энергетики в России

С начала ноября 2020 года в РФ начали действовать первые национальные стандарты для проектирования, испытания и эксплуатации накопителей электроэнергии высокой мощности. Нормы были разработаны сотрудниками компании «Системы накопления энергии» («СНЭ», проект группы компаний «Роснано») совместно с Новосибирским государственным техническим университетом (НГТУ НЭТИ) при поддержке Фонда инфраструктурных и образовательных программ «Роснано». Приказ о введении стандартов вступил в силу 1 ноября 2020 года. В частности, ГОСТ Р 58092.1-2018 дает четкое «определение термину система накопления электрической энергии - установка с определенными границами, подключенная к электрической сети, включающая как минимум один накопитель электрической энергии (НЭЭ), которая извлекает электрическую энергию из электроэнергетической системы, хранит эту энергию внутри себя в какой-либо форме и отдает электрическую энергию обратно в электроэнергетическую систему». Также введены стандарты ГОСТ Р 58092.5.1-2018, ГОСТ Р 58092.2.1-2020, ГОСТ Р 58092.3.1-2020, устанавливающие требования по эксплуатации и проектированию данных систем.

В целом, анализ российского опыта применения СНЭЭ показывает значительное отставание РФ от ряда стран, в которых технологии накопления получили широкую практическую реализацию. В нашей стране реализован ряд проектов по установке СНЭЭ на энергообъектах ЕЭС России, однако большая часть из них была предназначена для «отработки» новых технологий и не подразумевала коммерческой выгоды. В современных реалиях наибольший технический и экономический эффект от применения СНЭЭ в РФ может быть получен в автономных энергосистемах, работающих изолированно или имеющих слабую связь с ЕЭС России. Ярким примером является применение СНЭЭ в составе автономных гибридных энергоустановок на основе ВИЭ и традиционной генерации. Данное направление активно развивается с 2017 г. (СНЭЭ были установлены на нескольких солнечно-дизельных электростанциях).

### Контактные данные:

#### *По вопросам проведения аналитических исследований*

Александра Шнипова  
Заместитель руководителя  
практики Управленческого консалтинга  
Группы «ДЕЛОВОЙ ПРОФИЛЬ» | MGI Worldwide  
+7 (495) 740 16 01  
[Contact@delprof.ru](mailto:Contact@delprof.ru)

#### *По вопросам подготовки экспертных комментариев и статей*

Александра Пашкевич  
Ведущий маркетолог  
Группы «ДЕЛОВОЙ ПРОФИЛЬ» | MGI Worldwide  
+7 (495) 740 16 01 (вн. 1048)  
[Pashkevich@delprof.ru](mailto:Pashkevich@delprof.ru)