


# ЭКОНОМИЯ НА НАКОПЛЕНИИ: ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИНТЕГРАЦИИ СНЭ В ЭЛЕКТРОСЕТЕВОЙ КОМПЛЕКС



Несмотря на шестикратное снижение цен за последние 10 лет, накопители пока дороги для замещения традиционных пиковых мощностей. Но уже сегодня применение систем накопления энергии (СНЭ) в электросетевом комплексе позволяет снизить удельные эксплуатационные затраты на 1% и ежегодно экономить не менее 10 млрд руб. на инвестициях в новые мощности. Для этого требуется децентрализовать рынок системных услуг, изменить стандарты строительства новых зданий и пересмотреть текущую систему тарифного регулирования.

Р.К. Костюк,  
аналитик VYGON Consulting

**Р**ынок систем накопления энергии в 2019 г. в глобальном масштабе составил порядка 99 млрд долл. США (рис. 1) и продолжает динамично развиваться. При этом доля накопителей энергии, внедряемых в электроэнергетику, в том числе «за счётчиком» на розничном рынке, относительно невелика: на электроэнергетику идёт не более 4% электрохимических батарей. Даже с учётом стоимости строительства под ключ гидроаккумуляционных электростанций (ГАЭС), термальных и электрохимических СНЭ доля электроэнергетики на рынке накопителей не превышает 14%.

В энергетике применяется целый спектр технологий: это гидро- и пневматические системы хранения, конденсаторы большой ёмкости (суперконденсаторы — двухслойные электрохимические конденсаторы с двойным электронным слоем), механические, проточные и термальные аккумуляторы, но основную роль в новом строительстве сегодня играют электрохимические аккумуляторы, прежде всего Li-ion.

Системы хранения энергии на основе Li-ion — компактные, быстровозводимые и легко масштабируемые от 1 кВт до сотен мегаватт решения. В то же время, как ни странно, основная причина роста применения их в энергетике — это стремительное развитие электротранспорта (рис. 2).

Именно кратный рост продаж электромобилей обеспечил необходимый эффект масштаба в производстве батарей, снизил цены на них в 2010–2019 гг. более чем в шесть раз (с 1160 до 180 долл./кВт·ч) и, как следствие, способствовал 15-кратному увеличению рынка электрохимических накопителей в энергетике.

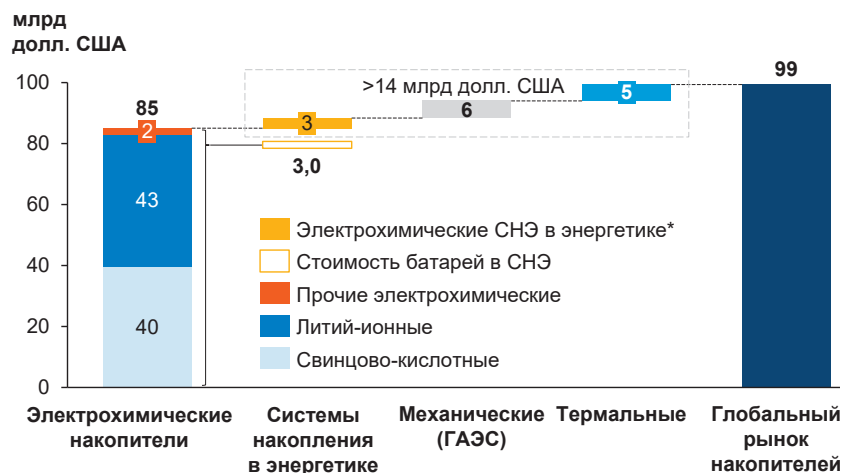
Важно отметить, что во всём мире ключевым фактором применения накопителей в энергосистеме остаётся рост проникновения выработки возобновляемых источников энергии (ВИЭ), зависящих от климатических факторов. Новые вводы ВИЭ превышают вводы традиционной генерации (тепловой и атомной) на планете последние пять лет, и этот тренд усиливается. Во многом «благодаря» снижению электропотребления из-за COVID-19 впервые в истории Европы «зелёная» выработка в первом полугодии 2020 г. превысила долю ископаемого топлива: 40% против 34%.

Генерация ВИЭ напрямую влияет на функционирование энергосистем по двум основным причинам: метеозависимость и подключение через конверторные системы постоянного тока. Невозможность диспетчеризации солнечных (СЭС) и ветровых (ВЭС) электростанций требует размещать больше оперативных резервов на традиционной гене-

рации, а преобразователи постоянного тока затрудняют управление напряжением и частотой в энергосистеме традиционными централизованными методами первичного и вторичного регулирования.

Указанные факторы усугубляются в случае концентрации строительства новой генерации в энергорайонах с высоким экономическим потенциалом возобновляемой энергии. И эта проблема характерна не только для зарубежных энергосистем, но и для России, где в целом доля выработки ВИЭ в ближайшие 10 лет едва ли превысит 4% (рис. 3).

В таком случае для предотвращения вынужденных ограничений выработки ВИЭ по «команде» СО ЕЭС, а также для эффективной загрузки высокоэффективной топливной генерации зачастую требуется расширение пропускной способности электрических сетей. Многие страны мира, в числе которых государства Латинской Америки, США



\* Без учета стоимости батарей

Рисунок 1. Рынок систем накопления энергии в разрезе технологий (2019 г.)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Источник: Global Battery Alliance, Avicenne Energy, Wood Mackenzie, BNEF, VYGON Consulting.

и ЕС, даже вынуждены запускать специальные меры стимулирования сетевого строительства вслед за программами поддержки строительства электростанций с использованием ВИЭ.

Большую часть из обозначенных проблем интеграции ВИЭ в энергосистеме можно решать с применением систем накопления энергии. Накопители способны выполнять и другие важные функции в электросетевом комплексе, среди которых:

- поддержание качества электрической энергии и устойчивости энергоснабжения — за счёт участия в регулировании частоты и напряжения в энергосистеме;
- обеспечение работы гибридных энергокомплексов в автономных или удалённых энергоузлах — за счёт регулирования активной, реактивной мощности, частоты и напряжения;
- оптимизация строительства и расширения магистральных и распределительных сетей — за счёт регулирования пере-

токов активной и реактивной мощности;

- резервирование электроснабжения на время выхода из строя участка распределительной сети или распределённой генерации;
- резервирование систем обеспечения собственных нужд подстанций, а также использование в системах постоянного тока на подстанциях.

Интересно, что задачи регулирования частоты и напряжения централизованно решаются

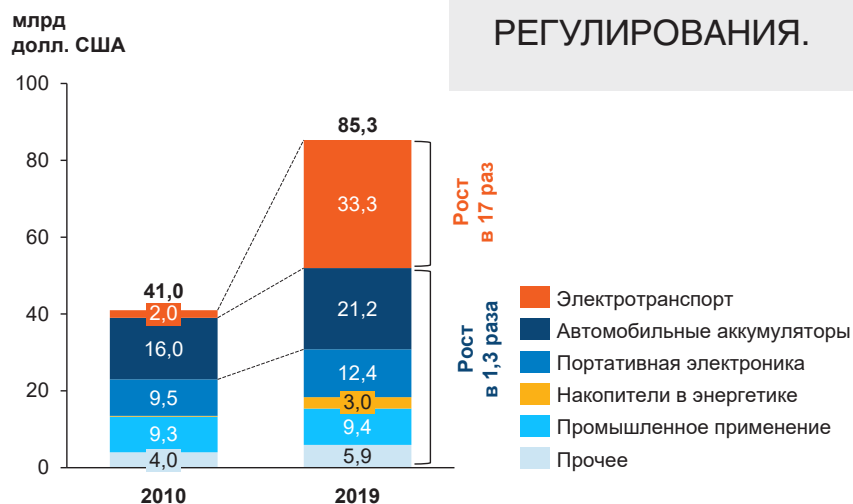
в рамках существующего в России рынка системных услуг, на котором с 2011 г. тепловые (ТЭС) и гидроэлектростанции (ГЭС) обеспечивают нормированное первичное регулирование частоты и вторичное регулирование частоты и активной мощности. На данном этапе совокупный объём этого рынка в России не превышает 1 млрд руб. в год, ещё примерно столько же стоит управление спросом, но общемировые тренды обещают кратное увеличение спроса на услуги по повышению гибкости энергосистемы.

При этом во всём мире операторы сетевых активов де-факто также выполняют функции регулирования частоты и напряжения — или в границах своих зон, автономно, или участвуя в открытых торговых процедурах организованных рынков системных услуг. Рост распределённой генерации и инверторной энергетики приведёт к ещё большей потребности в оперативном управлении именно на уровне распределительных сетей, что может потребовать и создания нового децентрализованного уровня рынка системных услуг.

Наибольшим эффектом в повышении оптимизации функционирования электрических сетей сегодня, по нашей оценке, обладает применение накопителей в узлах строящейся возобновляемой генерации и новой резко переменной нагрузки — офисных зданий и жилых домов.

Сегодня средняя загрузка электросетевых мощностей в ЕЭС составляет порядка 40%, но подстанции и линии, которые могут быть построены специально для генерации ВИЭ, даже без учёта резервирования будут загружены на 15–30%. Принимая во внимание объём программы поддерж-

**ДЛЯ СКОРЕЙШЕГО  
ВНЕДРЕНИЯ СНЭ  
В РОССИЙСКИЙ  
ЭЛЕКТРОСЕТЕВОЙ  
КОМПЛЕКС ВАЖНО  
СФОРМУЛИРОВАТЬ  
ПРАВИЛЬНЫЕ  
ИНВЕСТИЦИОННЫЕ  
СИГНАЛЫ В РАМКАХ  
ТАРИФНОГО  
РЕГУЛИРОВАНИЯ.**



**Рисунок 2.** Факторы роста рынка электрохимических аккумуляторов<sup>2</sup>

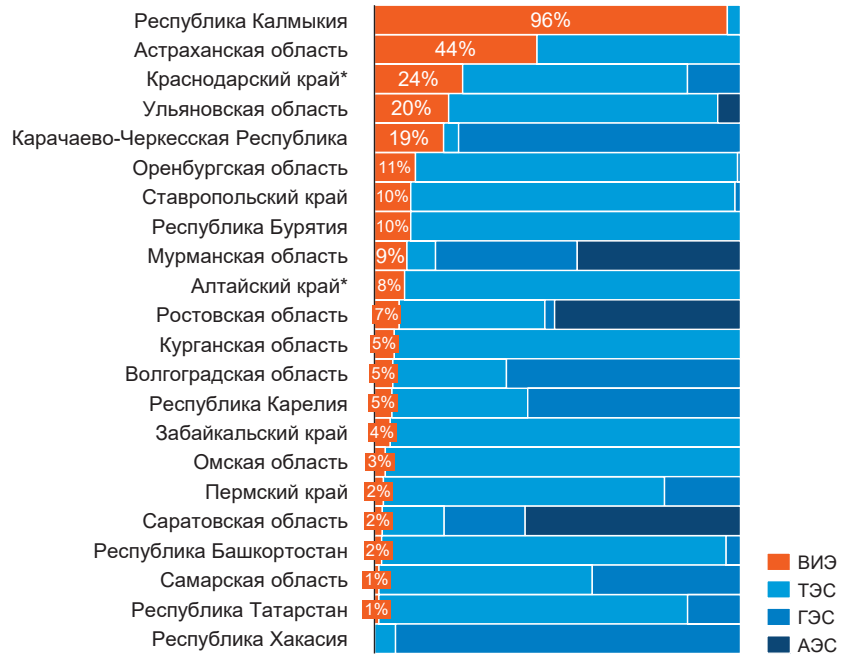
<sup>2</sup>Источник: Global Battery Alliance, Avicenne Energy, Wood Mackenzie, BNEF, VYGON Consulting.

ки ВИЭ в России, составляющий 6 ГВт до 2025 г., а в перспективе дополнительно 7–8 ГВт до 2035 г., их присоединение значительно, на 0,5–1%, поднимет средние удельные затраты эксплуатации сетевых объектов.

Если в тех же условиях использовать накопители, максимальная мощность технологического присоединения для СЭС может быть снижена в 2,5–3 раза, а утилизация новых сетевых мощностей будет приближаться к 80%.

Аналогичная ситуация может быть с присоединением энергопринимающих устройств. В случае проектирования нового здания с использованием накопителя мощность и затраты технологического присоединения могут быть также кратно снижены. Общий экономический эффект для сетевых компаний и потребителей только за счёт оптимизации инвестиционных планов и снижения платы за технологическое присоединение в границах «Россети» может составить около 10 млрд руб. в год.

В настоящее время накопители энергии входят в технологический реестр инновационного развития ПАО «Россети» и фигурируют в отдельных стратегических национальных документах, но рынок СНЭ в России находится в самом начале пути, на стадии научных разработок и пилотных проектов. Так, «Россети» во Владимирской, Белгородской, Калининградской и Тюменской областях реализуют пилотные проекты, цель которых проанализировать возможные эффекты от использования СНЭ — повышение качества энергоснабжения, устойчивости и надёжности энергосистемы, и разработать обоснования использования накопителей энергии в электрических сетях.



\* Краснодарский край (включая Республику Адыгея), Алтайский край (включая Республику Алтай)

Рисунок 3. Прогнозная доля мощностей ВИЭ к 2025 г. в разрезе регионов РФ

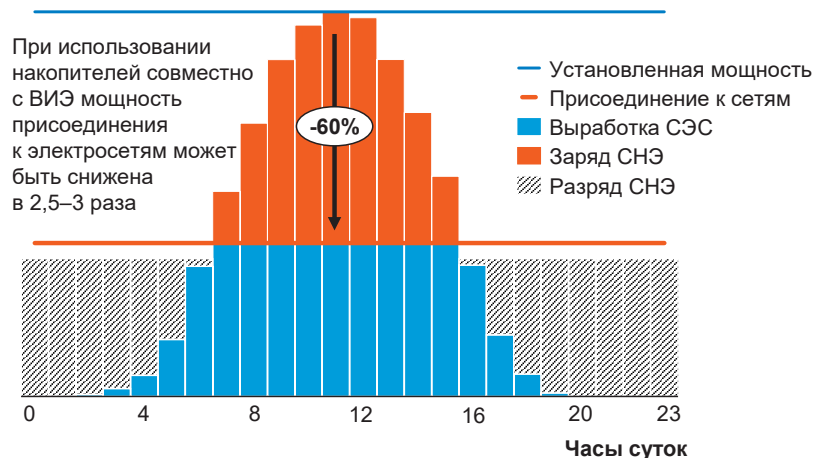


Рисунок 4. Принципы использования накопителя совместно с ВИЭ<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Источник: VYGON Consulting.

Для скорейшего внедрения СНЭ в российский электросетевой комплекс важно сформировать правильные инвестиционные сигналы в рамках тарифного регулирования. Стимулирование применения систем накопления

в части экономии эксплуатационных затрат может быть обеспечено за счёт адекватного внедрения эталонных принципов тарифного регулирования. Но гораздо важнее учитывать опции использования СНЭ в технической политике, при



**Рисунок 5.** Причины и последствия деградации в электрохимических накопителях<sup>4</sup>

<sup>4</sup>Источник: VYGON Consulting.

разработке схем и программ развития электроэнергетики и инвестиционных программ — в первую очередь при осуществлении технологического присоединения нового оборудования.

Оправданным выглядит включение накопителей в обязательные энергоэффективные стандарты строительства и реконструкции офисных зданий и многоквартирных домов, что с учётом национальных проектов обеспечения россиян доступным жильём может создать дополнительный спрос 6–15 ГВт·ч СНЭ ежегодно.

Данные шаги не только позволят создать технологические производства накопителей в России, снизить стоимость готового решения за счёт эффекта масштаба, но и дадут серьёзный импульс повышению эффективности работы электрических сетей.

Другой важный вопрос, который предстоит решить на пути к интеграции СНЭ в российский электросетевой комплекс, — создание универсальной климатической системы. Сейчас

отклонение от оптимальной температуры хранения и эксплуатации на 18–20 °С приводит не только к значительному росту энергозатрат на подогрев накопителя и снижению КПД, но и к ускоренной деградации электрохимического аккумулятора. Помимо погодных условий, снижению ёмкости и мощности накопителя способствуют режимы заряда/разряда аккумулятора и ряд других факторов (рис. 5).

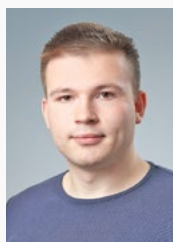
Решение этой задачи мог бы взять на себя российский бизнес с дальнейшей перспективой развития отечественного технологического потенциала в области на-

копления энергии. Тем более что значительная (около 25%) часть добавленной стоимости в готовом решении на мировом рынке СНЭ формируется именно за счёт систем управления батареями, климатических систем и программного обеспечения. Запрос на принципиальный прорыв в соответствующих технологиях может быть сформирован государственными и крупнейшими частными игроками рынка энергетики через заказы НИОКР или корпоративные венчурные фонды.

Пандемия, недавние ценовые шоки на нефтяном рынке привели к тому, что все больше стран и компаний декларируют в своих стратегиях ускоренный энергетический переход к безуглеродной энергетике.

Накопители, по всей видимости, станут ключевым элементом этой трансформации как в части развития электротранспорта, так и при интеграции возобновляемой выработки в электроэнергетических системах. Отечественный электросетевой комплекс, объединённый под управлением одной из крупнейших среди мировых аналогов компаний, имеет огромный потенциал для скорейшей разработки, внедрения, а в перспективе и экспорта важнейших технологий применения накопителей в энергетике. 📌

### Автор



**Ростислав Костюк** в 2019 г. с отличием окончил Международный институт энергетической политики и дипломатии МГИМО (У) МИД РФ по направлению «Экономика». В 2017–2019 гг. проходил стажировки в ПАО «ЛУКОЙЛ» и АО «НоваВинд». С 2019 г. работает в компании VYGON Consulting на позиции аналитика, где занимается экономическим моделированием, анализом энергорынков и разработкой стратегий для энергокомпаний.