

НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ В РОССИИ: ИНЪЕКЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

В 2020 г. на мир обрушился идеальный шторм: экономический кризис и пандемия. Темпы восстановления экономики при выходе из глобальной самоизоляции не ясны, и на фоне пошатнувшихся цен на углеводороды в России с новой силой зазвучали старые лозунги о «нефтяной игле» бюджета. Все большему числу людей очевидно, что необходимы новые приоритеты – как в экономике, так и в ТЭК.

Накопители энергии – ключевой драйвер развития безуглеродной энергетики в мире – заслуживают пристального внимания и в России. Перспективная роль страны в этом быстрорастущем сегменте пока сводится к поставкам сырья, но глобальный тренд расширения стимулирующих мер и объемов субсидирования в рамках климатической повестки нужно использовать для создания национальной индустрии аккумуляторов. Обеспечить устойчивое развитие экономики без освоения инновационных направлений будет невозможно.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Электрохимические аккумуляторы уже превосходили технологии возобновляемой энергетики по темпам распространения и снижения стоимости: за последние 10 лет этот рынок вырос в два раза, а отдельные его сегменты – электротранспорт и накопители показали рост более чем в 15 раз. Прогнозы развития этого направления, которые делались в прошлом десятилетии, не оправдались ровно так же, как и предсказания судьбы «зеленой» энергетики – факт оказался куда более оптимистичнее плана.



Сегодня большинство стран, определяя приоритеты для национальных экономик, делают ставку на устойчивое развитие. Для технологий «энергетического перехода» открываются новые горизонты, в то время как эра углеводородной энергетики, напротив, приближается к закату.

В разных по темпам трансформации мировой энергетики сценариях в генерацию ВИЭ до 2050 г. будет инвестировано от 12 до 22 трлн долл. США, что, в свою очередь, станет драйвером для рынка накопителей: уже к 2030 г. мировой спрос в этом сегменте вырастет более чем в 10 раз в основном за счет электротранспорта, углеродный след которого по мере роста доступности «зеленой» энергии будет быстро снижаться. При этом со второй половины 20-х гг. можно смело прогнозировать ускорение роста сектора промышленных аккумуляторов в энергетике, который ускорит трансформацию мирового энергобаланса.

Накопители – это уходящий поезд, который российская промышленность еще может догнать. Приняв правильные инвестиционные решения сегодня, Россия в будущем получит возможность занять значимую долю мирового рынка технологий новой энергетики, ключевым сегментом которого станут системы хранения. Ознакомившись с текстом данного исследования, можно сделать вывод о том, какие бизнес-модели будут иметь максимальную эффективность; авторами грамотно проанализированы основные индустриальные аспекты и технологические тренды.

Мы рассчитываем, что данная работа станет импульсом не только для экспертных обсуждений на уровне бизнес-сообщества и органов власти, но и ориентиром в принятии реальных инвестиционных решений.

Алексей Борисович Жихарев
Партнер по электроэнергетике, к.э.н.

АВТОРЫ



Николай ПОСЫПАНКО

Руководитель направления регулирования энергорынков
N.Posypanko@vygon.consulting



Максим БАРАНОВ

Консультант
M.Baranov@vygon.consulting



Ростислав КОСТЮК

Аналитик
R.Kostyuk@vygon.consulting

При участии Анастасии Ким

СОДЕРЖАНИЕ

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	6
РОЛЬ НАКОПИТЕЛЕЙ В ЭКОНОМИКЕ И ЭНЕРГЕТИКЕ.....	8
РЫНОК НАКОПИТЕЛЕЙ: ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ.....	8
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ.....	13
СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ.....	20
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ.....	23
ВАЖНОСТЬ И ВОЗМОЖНОСТЬ ГОСПОДДЕРЖКИ НАКОПИТЕЛЕЙ.....	26
ЭКОНОМИКА ОТРАСЛИ ЛИТИЙ-ИОННЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ.....	26
МИРОВОЙ ОПЫТ ПОДДЕРЖКИ НАКОПИТЕЛЕЙ.....	32
КОНТУРЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ.....	42
РОССИЯ В ЦЕПОЧКЕ ПОСТАВОК.....	42
РОССИЙСКИЙ РЫНОК НАКОПИТЕЛЕЙ СЕГОДНЯ И ЕГО ПОТЕНЦИАЛ.....	45
МЕРЫ ПОДДЕРЖКИ.....	47

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- Оборот мирового рынка накопителей в 2019 г. вплотную приблизился к 100 млрд долл. США, доля электрохимических систем в нем – 89%. На промышленные системы накопления энергии, используемые в энергетике, приходится лишь 17 млрд долл. США, из них более 60% – это капитальные затраты на гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) и тепловые аккумуляторы.
- Поддержка рынка литий-ионных аккумуляторов обусловлена важностью снижения выбросов CO₂ и реализуется прежде всего через стимулирование продаж электромобилей. Мировой объем субсидий этого сектора (9 млрд долл. США в год) на порядок превышает поддержку электрохимических сетевых систем накопления энергии (СНЭ) в энергетике (< 1 млрд долл. США в год).
- Для покрытия спроса на электромобили производственные мощности литий-ионных аккумуляторов удвоились за последние три года, а к 2023 г. за счет дополнительного строительства «гигафабрик» вырастут еще в 2 раза – с 300 до 650 ГВтч в год.
- Рост производства (CAGR 24% за 2015–2023 гг.) позволяет литий-ионным аккумуляторам демонстрировать одни из самых высоких темпов снижения цены за счет кривой обучения и эффекта масштаба: каждые 10% прироста выпуска дают снижение цены на 7%. Консенсус-прогноз указывает на снижение цены литий-ионных батарей с текущих 180–200 до 100 долл. США/кВтч к 2025 г. Основным драйвером внедрения накопителей в электроэнергетике выступает рост погодозависимой ветро- и солнечной выработки – для этого служат более 80% заявленных мощностей, но для достижения паритета цен с газовой генерацией CAPEX ВИЭ в комплексе с СНЭ должен снизиться в 2 раза, а самого накопителя – более чем в 5 раз.
- Достижимая на сегодня цена под ключ литий-ионных СНЭ емкостью 1–10 МВтч для использования в сети переменного тока составляет 500 долл. США, или 35 тыс. руб./кВтч, нормированная стоимость хранения энергии (LCOS) – 38 руб./кВтч (при разряде каждый рабочий день), что уже позволяет экономически эффективно использовать накопитель «за счетчиком» для снижения платы за мощность и экономии на технологическом присоединении к сетям во многих городах РФ.

- Li-ion накопители – это практически безальтернативный выбор для систем хранения энергии от 1 кВт до 10 МВт емкостью до 4 часов, но на горизонте до 25 г. в промышленных решениях (>100 МВтч) они будут проигрывать механическим накопителям – ГАЭС и пневматическим системам, LCOS которых ниже и составляет в сопоставимых сценариях использования 20 руб./кВтч и 12 руб./кВтч соответственно.
- Перспективным конкурентом Li-ion в стационарных системах промышленного масштаба являются проточные ванадиевые накопители – еще не выйдя на уровень глобального выпуска в 1 ГВтч/год они уже сопоставимы по показателю LCOS с Li-ion за счет пренебрежимо малого уровня деградации и 20-летнего срока службы.
- До 2030 г. основным драйвером развития рынка литий-ионных аккумуляторов останется электротранспорт, уже сегодня он формирует 65% спроса. Их применение для сектора энергетики, напротив, будет обеспечивать не более 5%.
- Страны с высоким уровнем развития автомобильной промышленности и локального авторынка широко применяют меры поддержки, направленные на стимулирование локальных производств и повышение собственной значимости в глобальной цепочке добавленной стоимости в сегменте электротранспорта. Во многом такая политика «протекционизма» является реакцией на усиливающиеся позиции Китая на растущих рынках электротранспорта и электрохимических накопителей.
- Россия на новом глобальном рынке литий-ионных аккумуляторов и электромобилей пока выполняет лишь роль поставщика сырья (никель, кобальт, медь, алюминий) с низкой добавленной стоимостью, в пределах 5% от цены готовой батареи. На национальном рынке не сформировались технологические лидеры, а государство не определилось с собственной стратегией в этом направлении.
- Спрос на внутреннем рынке накопителей для электротранспорта и энергетики в РФ в течение 5 лет вырастет по меньшей мере в 30 раз, но будет составлять от 2,6 (в текущих регуляторных условиях) до 6,4 ГВтч/год (в сценарии умеренной государственной поддержки) аккумуляторов. Данный объем не сможет служить достаточной базой для развития сектора, так как не превышает выпуск одной средней «гигафабрики» литий-ионных аккумуляторов.

- Из-за малого потенциала внутреннего рынка СНЭ в электроэнергетике запуск специального ДПМ для накопителей не имеет смысла. Господдержка должна ставить целью выход российских игроков на зарубежные субсидируемые рынки электромобильностью и энергонакопителей в качестве поставщиков оборудования и услуг. Для этого необходимо:
 - Стимулировать в России трансферт технологий и НИОКР в сфере электрохимических накопителей, в том числе с участием корпоративных венчурных фондов крупнейших российских компаний ТЭК, машиностроения и металлургии;
 - Субсидировать продажи электромобилей с высокой степенью локализации производства (до 100% отечественных технологий в ключевых компонентах – приводы, батарея, системы управления батареей (BMS), климатические системы);
 - Стимулировать внутренние высокотехнологические производства за счет сбалансированной системы импортных пошлин для продукции с высокой добавленной стоимостью (электромобили и аккумуляторные батареи) и экспортных пошлин для продукции низких переделов;
 - (редкоземельные металлы, алюминий, никель, кобальт, литий, ванадий, графит и прекурсоры для аккумуляторов).
 - Используя доступ российской экономики к запасам сырья (литий, кобальт, никель, ванадий) заключать международные соглашения о поставке оборудования и готовых изделий для перспективных зарубежных рынков: в Азии, на Ближнем Востоке, в Южной Америке и Африке.
- В 2020 г. правительства стран с развитой экономикой в условиях пандемии, вызванной вирусом COVID-19, намерены потратить колоссальные средства на поддержку до-вирусных темпов экономики (от 5 до 18% годового ВВП). Значительная часть средств, по-видимому, будет направлена на субсидии для стимулирования спроса населения и инвестиционной активности, что может создать условия для интенсивного роста как рынка электромобилей, так и накопителей в энергетике.

ВВЕДЕНИЕ

Технологии накопления энергии – заряжаемые электрические батареи – известны с 1850-х гг., но тогда, на этапе зарождения электрохимии и электротехники, аккумуляторы применялись лишь в научных экспериментах.

Аккумуляторные системы на стыке 19-го и 20-го веков уже использовались для электроснабжения ответственных потребителей, в системах городского освещения, а также в городских электропоездах, на тот момент составлявших реальную конкуренцию автомобилям с двигателями внутреннего сгорания (ДВС). К 1920-м годам свинцово-кислотные накопители смогли закрепиться на автомобильном рынке, но только в качестве источника энергии для запуска ДВС.

В конце 20-го века химические никель- и литийсодержащие аккумуляторы обеспечили возможность перехода человечества в новую эру автономных и мобильных электрических устройств. Развитие данной технологии позволило отказаться от стационарной связи, изменив ритм и образ жизни миллиардов людей. Сегодня большинство жителей экономически развитых стран уже не представляют нормального существования без портативной электроники как в быту, так и на работе.

Тем временем в электроэнергетике для накопления энергии в промышленном масштабе с конца 19-го века применялись только гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС). ГАЭС используются для покрытия суточных пиков потребления в энергосистеме, снижая необходимость в содержании дополнительной тепловой генерации. Де-факто же роль суточного балансирующего в энергосистемах всего мира выполняют и традиционные гидроэлектростанции (ГЭС), имеющие возможность за счет диапазона регулирования в рамках полезного объема водохранилища управлять генерируемой мощностью.

Облик энергетических систем будущего, по всей видимости, будут формировать идеи ответственного использования ресурсов и предотвращения антропогенного воздействия на окружающую среду. На это указывают ключевые тенденции последних лет – развитие ВИЭ и внедрение электротранспорта на основных рынках планеты. Солнечная и ветровая энергетика уверенно обосновалась в глобальном энергобалансе и только наращивает присутствие, обозначив тренд отказа от сжигания ископаемого топлива не только при производстве электрической энергии, но и в теплоснабжении и энергоемких технологических процессах.

Стремительное развитие электромобилей, сигнализирующее о закате эры ДВС после 2030 г., невозможно без создания масштабной отрасли по выпуску высокоэффективных – энергоемких, легких и недорогих – аккумуляторов или сверхкомпактных источников энергии.

Производители уже ответили на обозначенные вызовы планами строительства десятков гигафабрик литиевых батарей. Совокупные мощности по выпуску литиевых элементов питания к 2023 г. вырастут более чем в 2 раза до 650–700 ГВтч, годовой оборот рынка превысит 65 млрд долл. США.

Рост доступности решений хранения энергии на фоне кратного увеличения производственных мощностей способствует широкому использованию аккумуляторов, в том числе в электроэнергетике. Применение накопителей преимущественно видится в качестве инструмента эффективной интеграции непостоянной погодозависимой возобновляемой энергетики и электрозарядной инфраструктуры в периметры энергосистем.

Вставка 1. COVID-2019

Актуальную точку отсчета для прогноза развития экономики ТЭК в целом и электроэнергетики в частности, включая сегмент электрохимических накопителей, сегодня определить сложно. 2020 год начался под знаком пандемии COVID-19, а беспрецедентно жесткие меры, принятые властями в большинстве стран, фактически остановили работу целого ряда секторов традиционной экономики. Снижение экономической активности и мобильности населения, масштабное сокращение спроса на нефтепродукты, падение электропотребления – это серьезная проверка на устойчивость мировой экономики.

Однако современный технологический уровень позволяет рассматривать карантин не только как стоп-кран мировой промышленности и торговли, но и как импульс для опережающего развития онлайн-экономики и других инноваций. По сути, глобальные рынки за счет вирусной эпидемии получают возможность перезагрузиться: освободиться от старых долгов за счет инфляции, расчиститься от неэффективных конкурирующих компаний и целых отраслей.

В 2020 году правительства разных стран мира, опасаясь глубокой депрессии из-за пандемии COVID-19, намерены потратить колоссальные средства на поддержку довирусных темпов экономики: США уже резервируют для таких мер порядка 11% годового ВВП, Италия – 13%, Франция – 15%, Великобритания – 18%. Очевидно, что даже после завершения острой фазы карантина роль государственных расходов будет высока.

Так, например, обвал продаж легковых автомобилей поставит перед правительствами всех стран вопрос о реанимации спроса населения, и сейчас здравый смысл подсказывает, что соответствующую поддержку получит скорее электротранспорт, нежели сегмент бензиновых и дизельных автомобилей.

Изоляционный кризис, несомненно,кратно повысит внимание к сферам здравоохранения, а через здоровье людей – к экологии и устойчивому развитию экономик, что только усилит современные тенденции перехода на низкоуглеродную энергетику.

РОЛЬ НАКОПИТЕЛЕЙ
В ЭКОНОМИКЕ И
ЭНЕРГЕТИКЕ

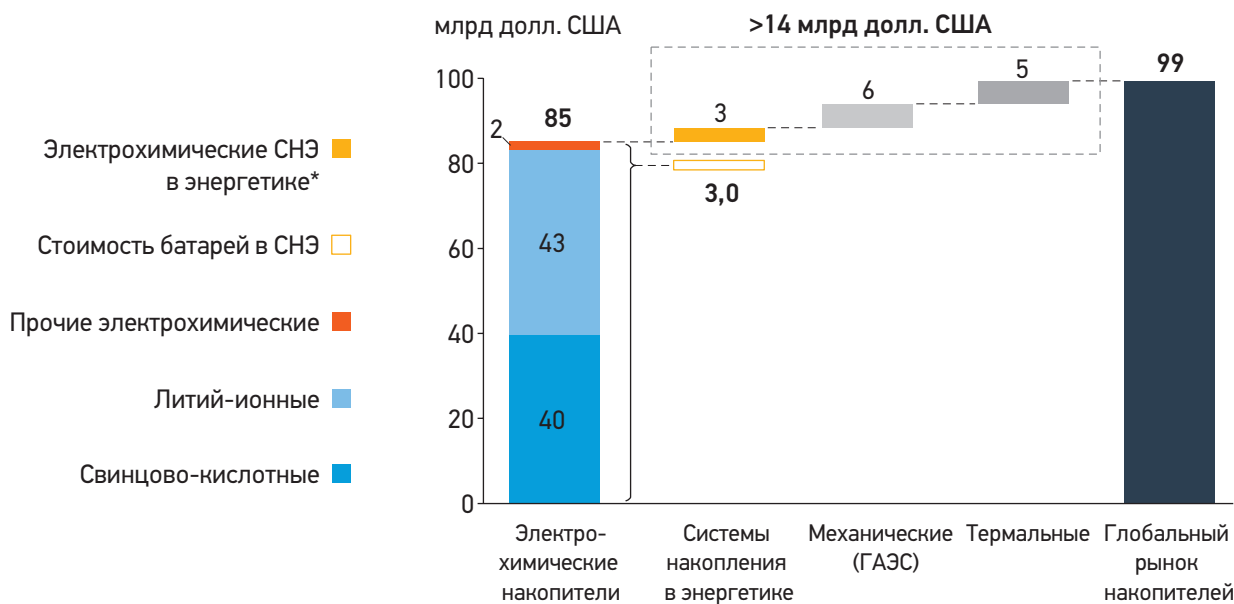
РЫНОК НАКОПИТЕЛЕЙ:
ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Сегодня существует множество технологических решений в области накопления энергии – электрохимические, гидро- и пневматические системы хранения, суперконденсаторы, маховичные, проточные и термальные аккумуляторы.

Оборот мирового рынка накопителей в 2019 г. можно оценить в 99 млрд долл. США по цене готовых решений, львиная доля при этом формируется за счет электрохимических аккумуляторов. Их большая часть продается в виде множества собранных в одном корпусе ячеек, то есть в виде батареи (“pack”), например в качестве бортового аккумулятора электромобиля или традиционного аккумулятора для пуска ДВС.

На перезаряжаемые электрохимические батареи всех типов приходится 86% (85 млрд долл. США).

Рис. 1. Рынок систем накопления энергии в разрезе технологий (2019 г.)



* Без учета стоимости батарей

Источник: VYGON Consulting

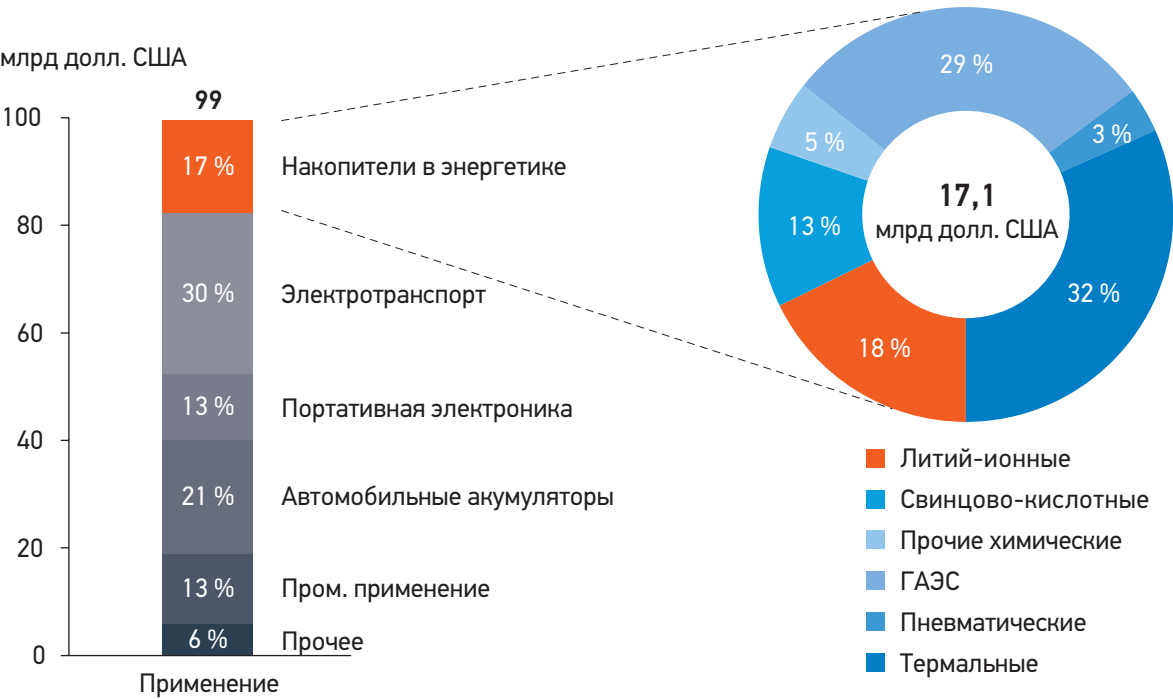
Еще 14 млрд долл. США – это годовые капитальные затраты на гидро-, пневматические¹ и тепловые аккумулирующие стан-

¹ На сегодняшний день объемы годовых вводов пренебрежимо малы, проекты реализуются в форме пилотов и НИОКР.

ции без учета стоимости батарей, включая силовую электронику и прочее оборудование, обеспечивающие применение решений под ключ в секторе электроэнергетики². Литий-ионные технологии занимают 43% рынка систем хранения энергии, свинцово-кислотные – 40%, и лишь 2% приходится на прочие экспериментальные технологии, включая никелевые, натриево-серные и все виды проточных накопителей.

К ключевым сферам применения накопителей энергии сегодня относятся электротранспорт (30%) и аккумуляторы для ДВС (21%), которые в совокупности занимают более половины всего рынка (Рисунок 2). 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. 2. Рынок систем накопления энергии в разрезе применения и технологий (2019 г.)

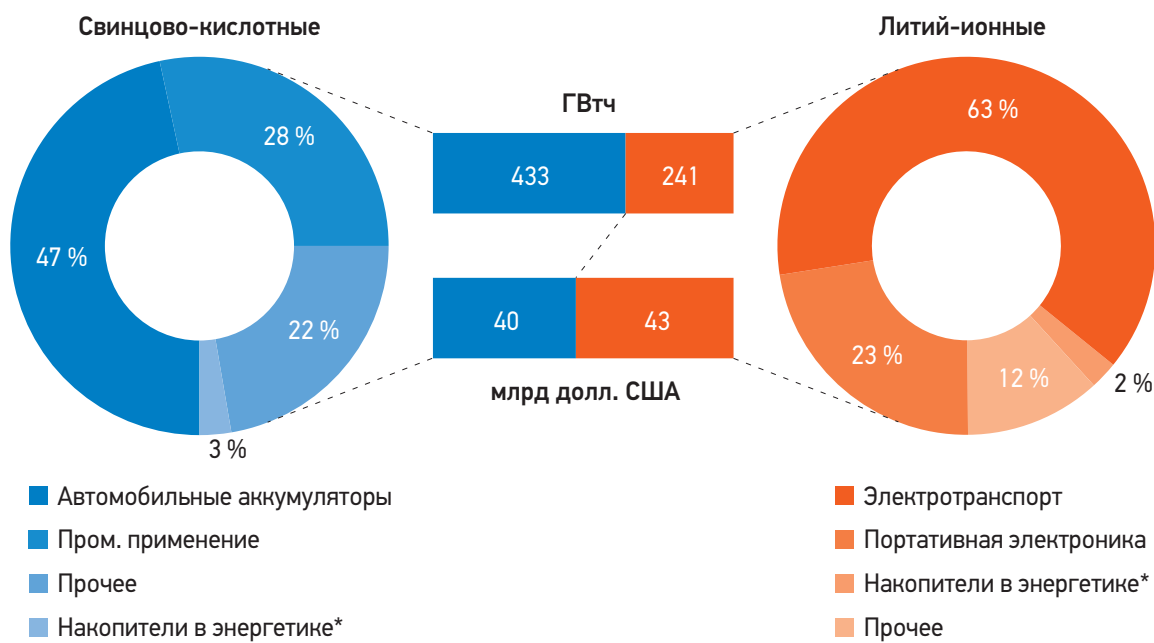


Источник: Global Battery Alliance, Avicenne Energy, Wood Mackenzie, BNEF, VYGON Consulting

2 Готовая для применения система накопления электрической энергии включает в себя также общестроительные конструкции, токопроводы и коммутационное оборудование, силовую электронику, системы управления, защиты и климата. Кроме того, в капитальных вложениях должны быть учтены затраты на проектирование, монтаж и пусконаладочные работы.

В натуральном выражении по величине емкости свинцово-кислотные элементы занимают 2/3 мирового рынка заряжаемых электрохимических батарей. Большая доля обусловлена столетним доминированием в сегменте автомобильных аккумуляторов, где не нужна высокая энергоемкость и целесообразно использовать более дешевые и нетребовательные к условиям эксплуатации решения (Рисунок 3).

Рис. 3. Области применения электрохимических аккумуляторов (2019 г.)



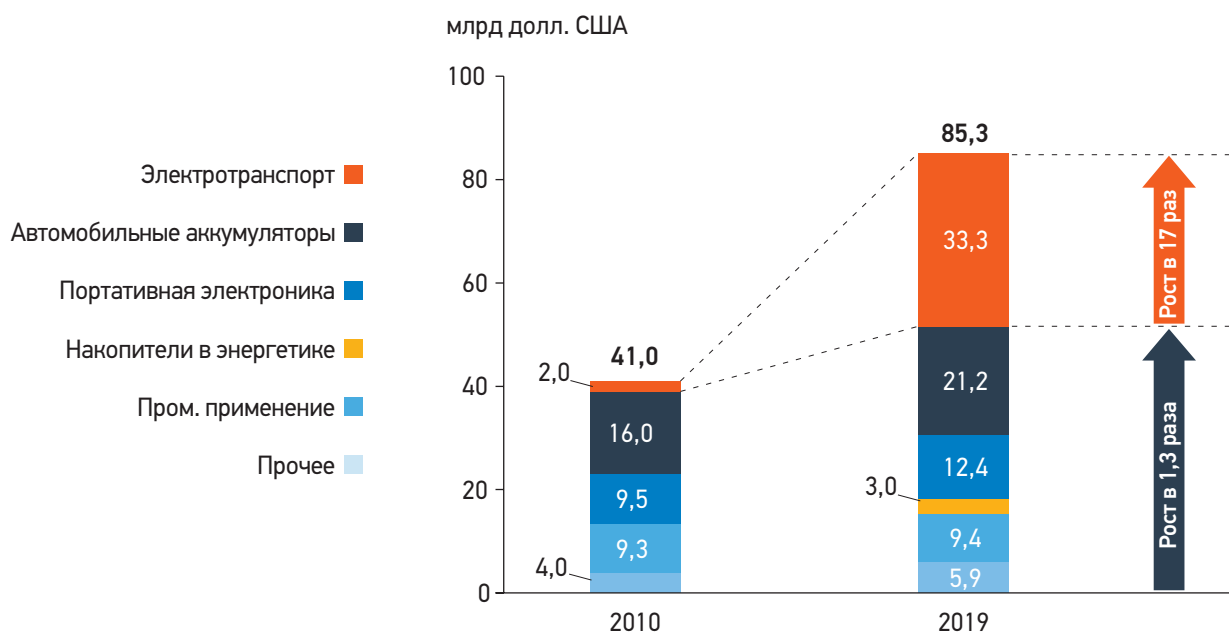
* Только батареи

Источник: Global Battery Alliance, Avicenne Energy, Wood Mackenzie, BNEF, VYGON Consulting

На сегодня литий-ионные батареи дороже свинцовых аккумуляторов по показателю долл. США за 1 кВтч емкости примерно в 1,5-2 раза. В то же время благодаря высокой удельной энергоемкости на ту же массу и объем (кВтч/кг, кВтч/см³) и превосходящему числу циклов разряда они являются практически безальтернативным выбором для всего многообразия электротранспорта – электромобилей, электробусов, электробайков, электросамокатов, гольф-каров, детских игрушечных автомобилей и даже инвалидных кресел.

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 (Рисунок 4). 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. Факторы роста рынка электрохимических аккумуляторов

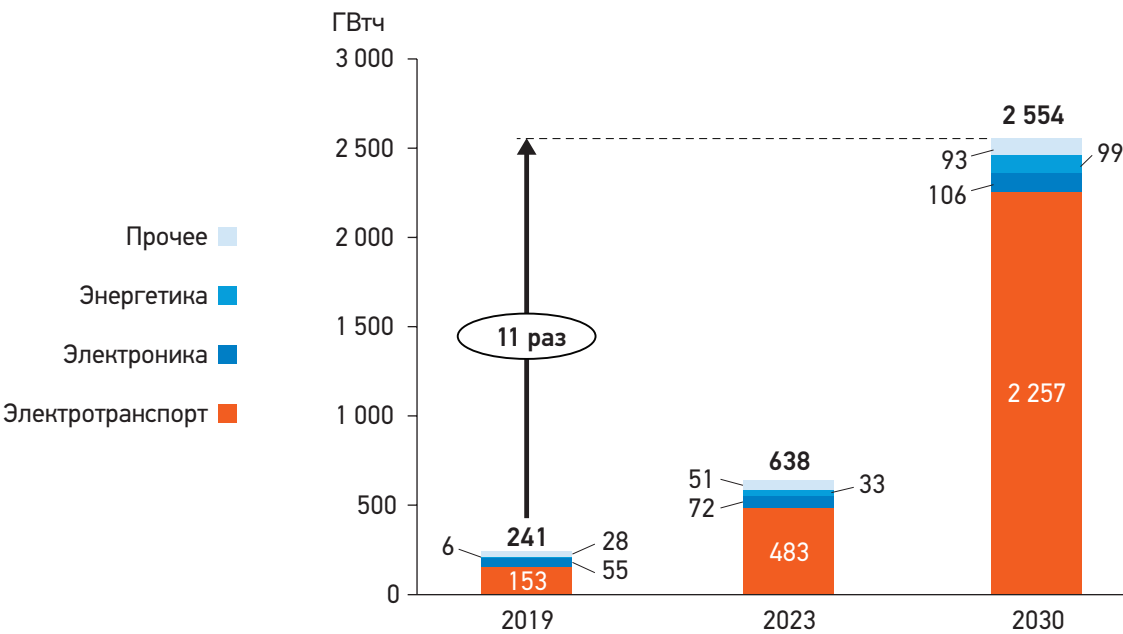


Источник: Global Battery Alliance, Avicenne Energy, Wood Mackenzie, BNEF, VYGON Consulting

В отличие от транспорта, преимущество Li-ion в электроэнергетике пока не столь очевидно. Ежегодный объем установки всех электрохимических батарей для накопления энергии из сети или от источников генерации составляет более 12 ГВтч, или 6,3 млрд долл. США (в том числе стоимость батарей – 3,0 млрд долл. США). Литиевые системы накопления в энергетике только в 2019 г. опередили свинцово-кислотные по объемам продаж, их доли составили 43% и 40% соответственно. Кроме того, значительные (до 25% всех «электрохимических» инвестиций) капитальные вложения направлены в промышленные и пилотные решения на базе проточных систем, серно-натриевых аккумуляторов и прочих технологий.

Исходя из консенсус-прогноза роста годового оборота рынка электромобилей и гибридов всех типов до 19 млн шт. в 2023 г.³ 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 (Рисунок 5).

Рис. 5. Прогноз развития рынка литий-ионных аккумуляторов



Источник: Global Battery Alliance, Avicenne Energy, Wood Mackenzie, BNEF, VYGON Consulting

К 2023 г. сектору электромобилей будет ежегодно требоваться около 500 ГВтч совокупной емкости литий-ионной батареи, что в 3 раза выше текущего объема потребления в данном сегменте.

Поставки литиевых батарей для систем накопления в электроэнергетике могут вырасти к 2023 г. в 5-6 раз с текущих 6 ГВтч до 33 ГВтч, но их доля едва ли превысит 5% рынка.

³ Консенсус-прогноз продаж электромобилей в 2023 г. (Avicenne Energy, BCG, ExxonMobil, IRENA, IEA): EV – 4,1 млн шт., PHEV – 3 млн шт., MHEV – 12 млн шт.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Подобно тому как конкурирующие технологии производства электрической энергии можно сопоставить по показателю нормированной стоимости 1 киловатт-часа (LCOE⁴), экономическая эффективность любого накопителя определяется параметром нормированной стоимости хранения энергии – LCOS⁵ (вставка 2). Интересно, что при применении аккумуляторов в мобильных устройствах, таких как сотовые телефоны, фотоаппараты, power-банки и даже электромобили, пользователям не нужно задумываться об экономической эффективности хранения энергии, здесь на первом месте потребительские свойства и комфорт, который обеспечивается благодаря использованию гаджета.

Покупателей волнует длительность автономной работы, скорость заряда, запас хода электромобиля, то есть, прежде всего, удобство эксплуатации. Стоимость каждого киловатт-часа, потребляемого из аккумулятора, в десятки раз превысит привычный уровень тарифа энергии из сети – правда, такое сравнение просто не будет иметь практического смысла.

По мере роста объемов производства и улучшения технических характеристик систем хранения энергии меняется их реальная экономическая эффективность, и все больший интерес вызывают возможности применения электрохимических накопителей не как портативного источника энергии, а в качестве стационарной энергетической установки.

В стационарных системах на первый план выходит не удельный вес запасенной энергии (важной в мобильном телефоне или электромобиле), а стоимость, надежность и энергетическая эффективность цикла аккумулятора.

Логичным применением недвижимого накопителя в электроэнергетике является заряд батареи в часы наиболее доступного ресурса или низкой цены на энергорынке и разряд в момент, когда цена на электроэнергию из сети находится на пике, а любые доступные альтернативы электроснабжения дороги.

Экономическая эффективность при этом будет определяться:

- ценой заряда (минимальная цена покупки из сети с учетом ограничений или альтернативная цена продажи излишков выработки в сеть);

4

LCOE – levelized cost of energy

5

LCOS – levelized cost of storage

- ценой разряда аккумулятора (эквивалентная цене покупки энергии из сети в дорогие часы или стоимости дорогого заменяемого ресурса на рынке системных услуг);
- нормированной стоимостью хранения энергии LCOS, зависящей от капитальных, эксплуатационных затрат, срока службы и эффективности накопителя.

Вставка 2. Нормированная стоимость хранения электроэнергии

Для релевантного сравнения различных типов накопителей энергии между собой и сценариев их использования применяется показатель нормированной стоимости хранения электроэнергии – LCOS (от англ. Levelized Cost of Storage). LCOS рассчитывается как отношение суммы затрат на систему накопления энергии к объему электроэнергии, отпущенной (разряженной) СНЭ за весь срок службы:

$$LCOS = \frac{CAPEX + \sum_n^N \frac{OPEX_n}{(1+r)^n}}{\sum_n^N \frac{Wh_n}{(1+r)^n}}$$

$CAPEX$ – капитальные затраты на установку накопителя энергии;

$OPEX_n$ – эксплуатационные затраты;

Wh_n – объем электроэнергии, разряженной СНЭ в году n ;

N – количество лет реализации проекта;

r – ставка дисконтирования.

$$Wh_n = X \times DOD \times C_{\text{СНЭ}}$$

X – количество циклов заряда-разряда в год в зависимости от сценария использования;

DOD – глубина разряда накопителя;

$C_{\text{СНЭ}}$ – емкость накопителя;

Кроме того при расчете LCOS может учитываться стоимость энергии, потраченной на заряд накопителя с учетом потерь в накопителе.

Нормированная стоимость хранения электроэнергии LCOS зависит не только от технико-экономических параметров конкретной технологии (Таблица 1), но и от сценария применения, а точнее – обусловленного им числа полезных циклов разряда в течение периода окупаемости.

Таблица 1.
Типовые технико-экономические параметры основных технологий хранения энергии
(1–10 МВт, 4 часа)

Технология накопления	CAPEX, тыс. руб./кВтч	OPEX*, тыс. руб./МВт в мес.	Ср. КПД цикла, %	Кол-во циклов, тыс. ед.	Дегра-дация, % от емкости в год	Дегра-дация, % на тыс. циклов
Натрий-серный	40-85	44	80	4	1,6	5,4
Литий-ионный	20-35	48	87	3,4	1,7	6,9
Проточный аккумулятор	31-44	54	72	9	0,0	0,8
Свинцово-кислотный	20-40	38	79	1	2,2	18,2
ГАЗС	7-15	51	78	24	0,4	0,7
Сжатый воздух (естеств. емкость)	5-15	21	59	13	0,7	1,4
Сжатый воздух (искусств. емкость)	17-20	11	80	13	0,7	1,4
Маховик	280-750	31	89	170	1,3	0,2
Ультра-конденсатор	4840	5	92	300	1,6	0,1

* OPEX – эксплуатационные затраты для СНЭ 1–10 МВт, включающие в себя также индикативные затраты на замену отдельных ячеек по мере их выхода из строя в течение срока службы.

Источник: U.S. Department of Energy, Imperial College London, VYGON Consulting

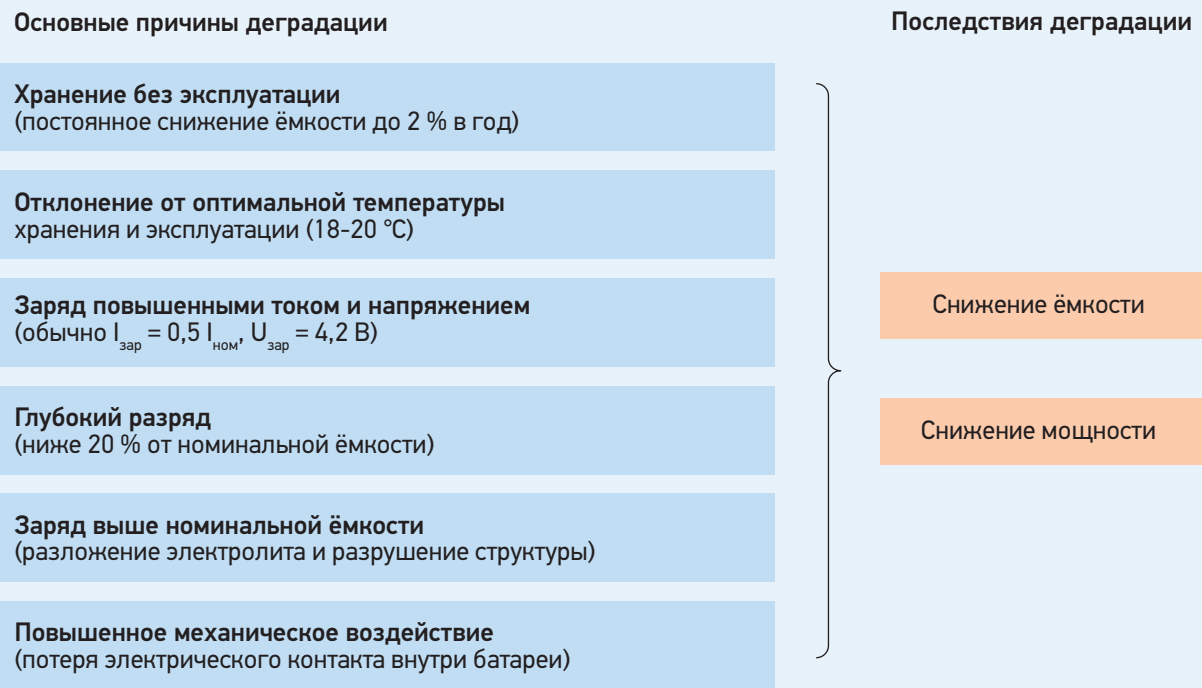
Высокий уровень капитальных вложений в строительство электрохимических СНЭ в энергетике на сегодня обусловлен в том числе технологическими особенностями применяемых катодных и анодных элементов, которые подвержены деградации, что требует затрат для обеспечения проектной мощности на всем протяжении срока использования.

Вставка 3. Деградация электрохимических систем накопления энергии

Ограничения и виды деградации:

- деградация на 0,007% при каждом цикле разряда и заряда, в основном за счет уменьшения активно-го вещества анода, катода, электролита, что дает снижение емкости;
- постоянная деградация до 2% в год вне зависимости от интенсивности использования накопителя, в том числе за счет расслоения и диффузии материалов, что увеличивает внутреннее сопротивление;
- ускоренная деградация при постоянном разряде, для литий-ионных батарей регулярный полный разряд снижает количество циклов использования в 3 раза от базового уровня (3 000–5 000 циклов), после чего потребуется замена элементов;
- ограниченное количество циклов разряда и заряда (для литий-ионных батарей составляет до 3,5 тыс. при глубине разряда до 80% емкости);
- сокращение ресурса при температурах ниже 0 °С (для литий-ионных батарей при -20 0С количество циклов может снизиться при прочих равных на 50%), что требует постоянного подогрева аккумулятора, в том числе за счет запасенной энергии).

Рис. 6. Причины и последствия деградации в электрохимических накопителях



Источник: VYGON Consulting

При разработке инвестиционных проектов строительства системы хранения энергии важными становятся:

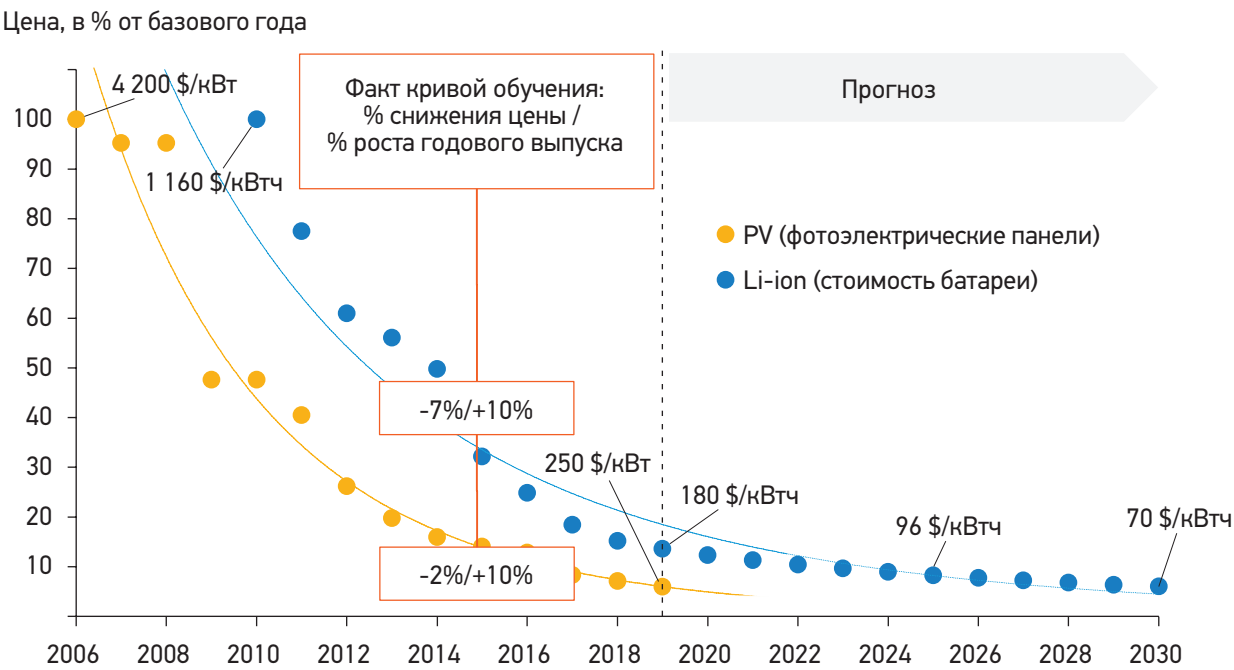
- оценка потерь энергии, в том числе расхода на обогрев аккумулятора с учетом сценария его использования и климатических особенностей места установки;

- расчет темпов деградации аккумулятора с учетом технологий и сценария применения;
- оценка капитальных затрат на обслуживание (замена аккумуляторных ячеек) с учетом гарантий поставщиков.

Технологии накопления энергии продолжают конкурировать между собой: рост объемов производства, оптимизация надежности и технико-экономических характеристик литий-ионных аккумуляторов в связи с развитием тренда электромобильности позволяют пересмотреть возможности использования Li-ion в энергетике.

Так, с 2010 г. средняя стоимость литий-ионных батарей снизилась в 6-7 раз, а с учетом роста объемов производства в ближайшие 10 лет прогнозируется дальнейшее сокращение в 2,5-3 раза (Рисунок 7).

Рис. 7. Показатели кривой обучения и прогноз стоимости литий-ионных батарей

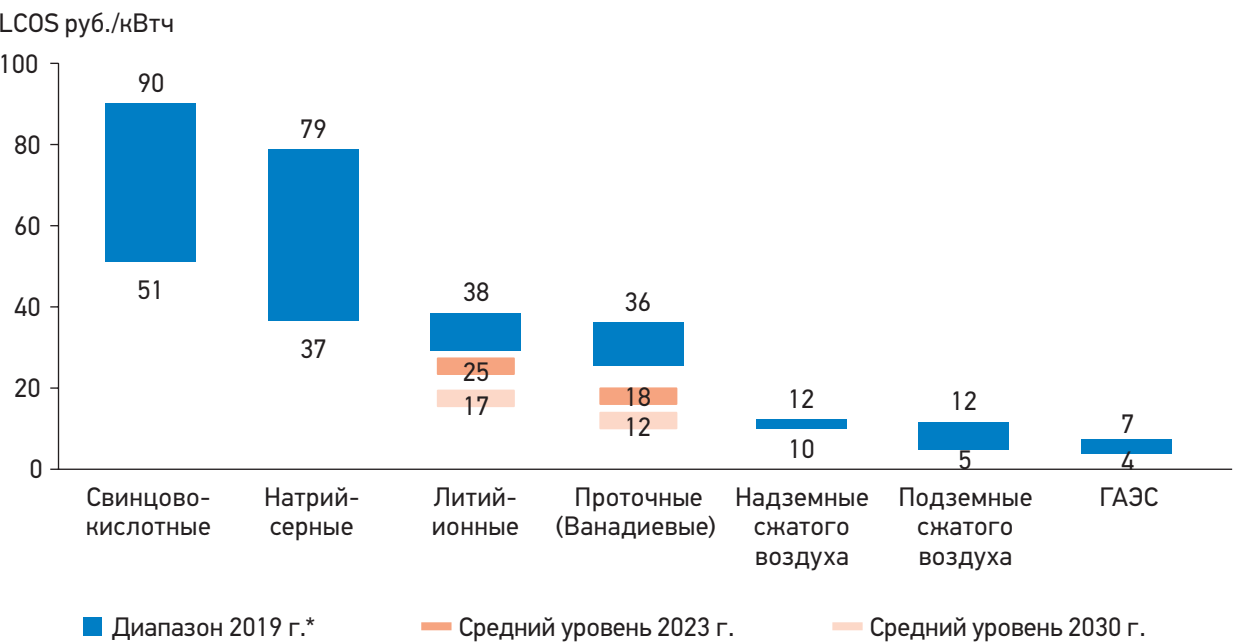


Источник: VYGON Consulting

Если сопоставить фактические темпы увеличения доступности литий-ионных батарей с приростом их ежегодного выпуска в мире, то эта характеристика даже превысит по темпам аналогичную кривую обучения фотоэлектрических панелей.

На сегодняшний день литий-ионные аккумуляторы лидируют по экономической эффективности среди широкодоступных электрохимических технологий, но пока проигрывают по стоимости, а значит и по показателю LCOS гидроаккумулирующим электростанциям и системам хранения энергии на основе сжатого воздуха (Рисунок 8).

Рис. 8. LCOS различных видов накопителей



* LCOS в зависимости от граничных значений CAPEX технологии при использовании 250 циклов в год.

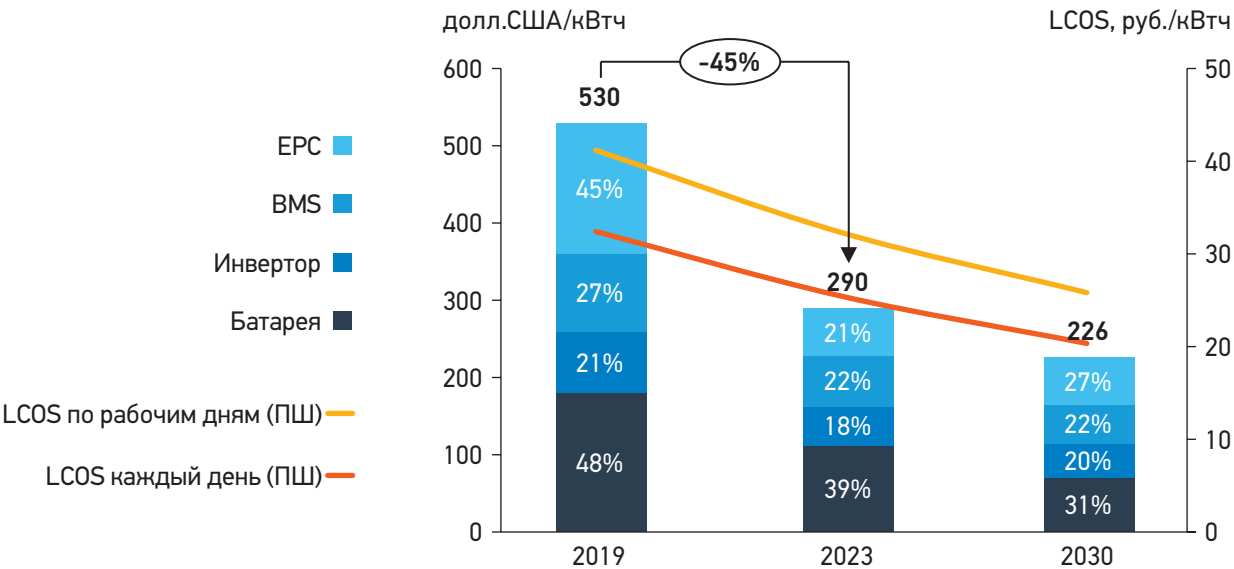
Источник: VYGON Consulting

Прогнозное снижение цены аккумуляторной ячейки (Рисунок 8) обеспечит возможность в 2030 г. предлагать потребителям готовую систему хранения за 230 долл. США/кВтч вместо сегодняшних 530 долл. США/кВтч. Нормированная стоимость хранения энергии при этом снизится до 17–25 руб./кВтч (Рисунок 9).

В таком сценарии к 2030 г. литий-ионные системы хранения приблизятся к пневматическим накопителям промышленного масштаба по показателям удельной стоимости хранения энергии, но все еще будут дороже ГАЭС.

Для того чтобы конкурировать с ними, необходимо обеспечить CAPEX готового решения Li-ion ниже 190 долл. США/кВтч.

Рис. 9. Прогноз снижения стоимости литий-ионных систем накопления энергии емкостью более 1 МВтч



Источник: BNEF, NREL, VYGON Consulting

Важно, что в части технологической простоты строительства и эксплуатации⁶ электрохимические накопители энергии как нельзя лучше отвечают современному тренду развития распределенной энергетики – значительному количеству территориально рассредоточенных электростанций, по большей части на основе ВИЭ, а значит ВЭС и СЭС генерируют постоянный ток и уже включают в себя инвертор (конвертор), необходимый для подключения к электрическим сетям. Таким образом, литий-ионные аккумуляторы имеют все возможности для формирования нового сегмента своего применения в сфере энергетики, прежде всего, в компактных форматах мощностью до 10 МВт и емкостью до 40 МВтч.

В сегменте больших систем в энергетике наиболее перспективны на сегодня развивающиеся проточные накопители (прежде всего, ванадиевые), средний объем производства которых в ближайшие 2-3 года увеличится с 200 МВтч до 1 - 3 ГВтч в год за счет заявленных проектов промышленных накопителей и производств оборудования в Китае, Саудовской Аравии и ЕС.

6 Электрохимические СНЭ поставляются в виде готовых к установке и использованию решений, которые требуют только подключения и наладки. Учитывая время на подготовку проектной документации, их внедрение может занимать от 3 месяцев до 1 года, в отличие от ГАЭС, строительство которых требует порядка 4-5 лет.

СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ
ЭНЕРГИИ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Если вывести за рамки исследования обеспечение бесперебойного и качественного питания ответственных электроприемников, традиционно экономическая целесообразность применения накопителей в энергетике обусловлена, прежде всего, неравномерностью графика потребления электроэнергии и важностью эффективного балансирования устойчивой работы энергосистемы.

Эти задачи исторически решались на уровне тепловых электростанций, ГЭС и ГАЭС, оказывающих системные услуги регулирования частоты и напряжения, поддержания мощности в оперативном и ремонтном резервах.

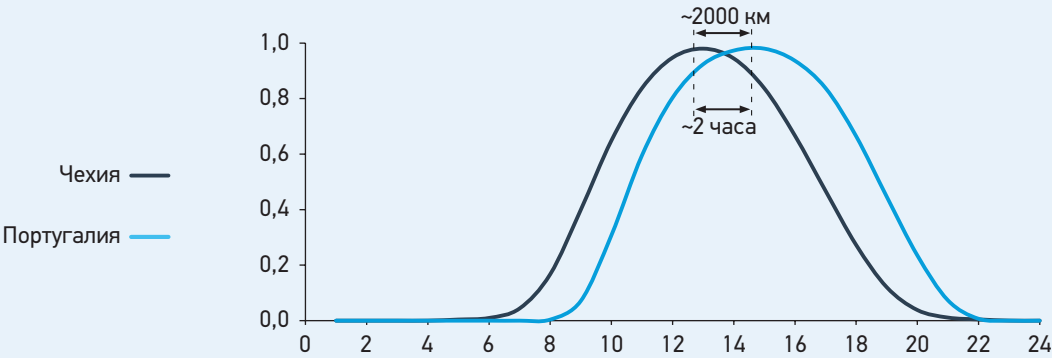
В 21-м веке к аспекту естественной неравномерности графика потребления электрической энергии добавился рост выработки на погодозависимых возобновляемых источниках энергии (ВИЭ): ветряных (ВЭС) и солнечных электростанциях (СЭС).

Вставка 4. Интеграция ВИЭ с использованием накопителей

Агрегированный график выработки ВЭС при корректном системном планировании размещения объектов даже на ограниченной территории будет носить более сглаженный характер по сравнению с каждым объектом в отдельности. За счет наличия предсказуемых постоянных (пассатов, западных, стоковых), сезонных (муссонов) и переменных внутри суток местных ветров интеграция большей части выработки распределенных в энергосистеме ВЭС возможна за счет роста пропускной способности электросетей.

При этом для больших объемов мощностей СЭС укрепление сетей не выглядит сбалансированным решением. Так, СЭС, отстоящие друг от друга на 2 тыс. км параллельно экватору на широте Краснодарского края, потенциально будут иметь разницу в выраженном пике выработки только 1,5-2 часа.

Рис. 10. Нормированная выработка электроэнергии на СЭС для Чехии и Португалии в 2019 г.



Источник: ENTSO-E, VYGON Consulting

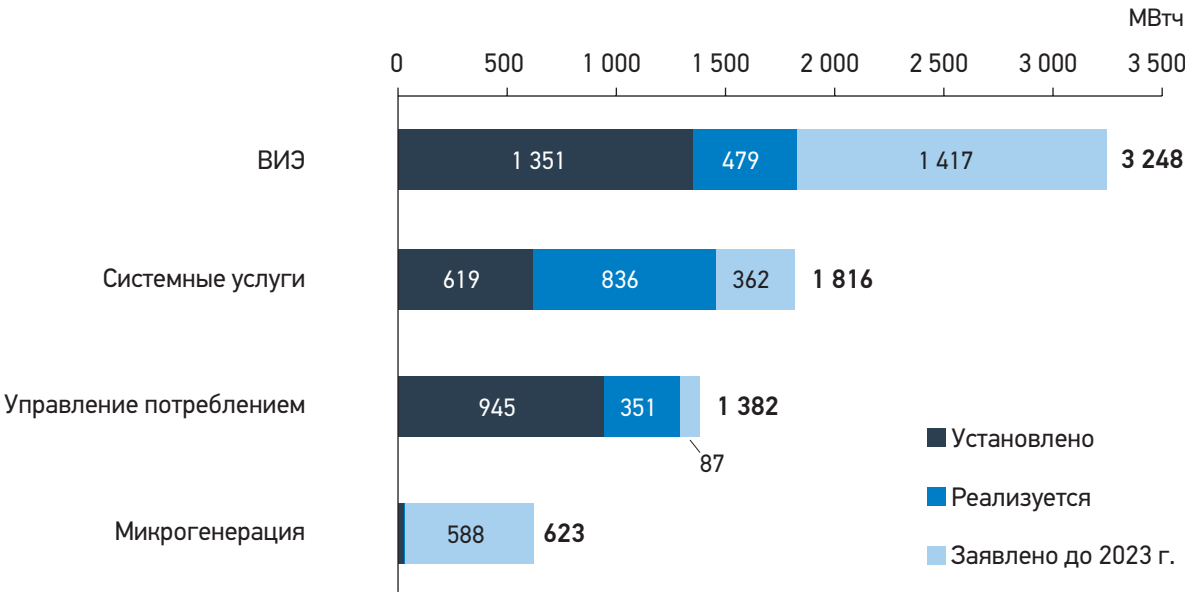
Сглаживание графика выработки солнечной электростанции важно не только для обеспечения предсказуемости управления энергосистемой, но и с точки зрения оптимизации развития сетевой инфраструктуры. При этом учитывая «встречный» сезонный характер работы СЭС и ВЭС (зимняя выработка СЭС ниже летней, для ВЭС — наоборот) при планировании развития энергосистем рационально использовать общие системы хранения энергии для энергорайонов и энергосистем.

Необходимость интеграции в энергосистемы переменных ВИЭ обусловила запуск в большинстве стран стимулирующих мер поддержки накопителей.

Более того, можно сказать, что поддержка накопителей – это своего рода последствие внедренных ранее механизмов стимулирования развития ВИЭ. В результате большая часть и действующих, и только строящихся накопителей решает следующие задачи (Рисунок 11):

- снижение нагрузки на «последней миле» электрических сетей в связи с массовым проникновением субсидируемой солнечной энергетики;
- снижение нагрузки в контролируемых сечениях магистральных электрических сетей, обеспечивающих переток выработки из регионов с большим проникновением ВИЭ;
- сохранение устойчивости и гибкости работы генерации в энергетических системах с высокой долей недиспетчируемой возобновляемой выработки.

Рис. 11. Текущая и планируемая установленная мощность электрохимических накопителей энергии в мире



Источник: U.S. Department of Energy, VYGON Consulting

Основными факторами окупаемости накопителя на энергорынках являются:

- для населения и малого бизнеса – разница между тарифом продажи в сеть избыточной выработки электростанции на ВИЭ и более высокой конечной ценой покупки энергии из сети;
- для сетевых организаций – альтернативная стоимость масштабного развития пропускной способности сети для интеграции конкретных объектов ВИЭ или энергорайонов с высокой долей возобновляемой генерации;
- для обеспечения устойчивости и гибкого управления энергосистемами – плата на развивающихся рынках системных услуг, где по мере замещения паросиловых электростанций генерацией ВИЭ растет разнообразие востребованных сервисов, а также их цена.

К другим важным точкам инвестиций в проекты накопителей на сегодняшний день относятся пилотные проекты и НИОКР крупных, в том числе государственных, энергетических компаний.

Вставка 5. Водородная экономика

Использование накопителей электрической энергии для интеграции переменной выработки ВИЭ – лишь одно из перспективных технологических направлений. Альтернативой, помимо интенсивного развития электросетевой инфраструктуры, является использование излишков энергии для производства водорода – возможного топлива будущей низкоуглеродной энергетики.

Современные технологии позволяют получать водород в процессе электролиза воды, связывать его в более устойчивых состояниях (аммиак, аммоний, метанол) для хранения, транспортировки, и использовать в качестве топлива и сырья для химической и металлургической промышленности.

Активно развиваются также технологии мембранных топливных элементов, вырабатывающих электрическую энергию из водорода, аммиака, метана (природного газа), метанола без сжигания, за счет окисления кислородом.

Исследования в этих направлениях только набирают ход, созданы и работают первые технологические установки. Успех будет зависеть от развития мембранных технологий, подбора оптимальных катализаторов для синтеза, эффективных технологий использования водорода в транспортной отрасли.

Если данный вектор превратится в мейнстрим регуляторной поддержки в мировом масштабе, электроэнергетика, как и ТЭК в целом, начнет развиваться в направлении замкнутого безуглеродного цикла, основой которого станет «лишняя» выработка генерации ВИЭ.

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ
ВОЗМОЖНОСТИ В
РОССИЙСКОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**

Целесообразность использования накопителей определяется исходя из существующих на конкретном энергорынке правил дифференцирования цен и тарифов на электрическую энергию, программ управления спросом «demand response»⁷ и иных особенностей (Таблица 2).

Таблица 2.
Ставки и ключевые особенности налогообложения НДС различных видов полезных ископаемых

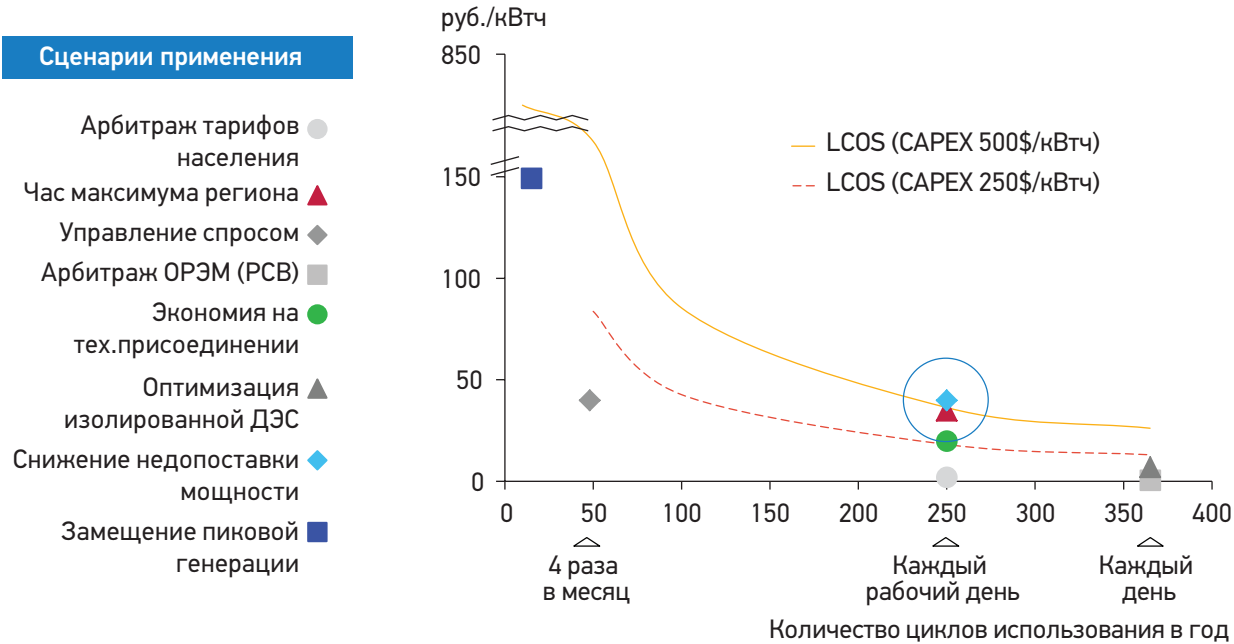
Владелец/эксплуатант накопителя энергии	Фактор окупаемости	Ценовой диапазон фактора окупаемости, руб./кВтч
Компенсация суточных пиков потребления электроэнергии		
Население	Разница зонных (ночных и пиковых дневных) тарифов	0.9-4.5
Бизнес	Снижение платы за мощность за счет минимизации потребления электроэнергии из сети в час максимума региона	29-47
Бизнес	Плата за участие в механизмах управления спросом на оптовом и розничном рынках электрической энергии (до 4 разгрузок в месяц)	23-92
Генерирующая компания	Разница ночных и дневных цен на спотовом рынке э/э, увеличение платежа за мощность (КОМ) за счет максимизации выработки в час максимума региона (не предусмотрено НПА)	5-10
Компенсация неравномерной выработки ВИЭ в течение суток		
Население с собственным ВИЭ	Разница между ценой продажи выработки ВИЭ в сеть и конечным тарифом покупки из сети	1-4
Генерирующая компания	Снижение платы за техприсоединение для ВИЭ с учетом перераспределения максимальной выработки на прочие часы (рассчитано для платы за техприсоединение 10 тыс. руб./кВт)	12
Оптимизация энергоснабжения в малых и/или изолированных энергосистемах		
Дизельная электростанция	Экономия топлива и снижение номинальной мощности ДЭС (снижение расхода топлива на 30%, установленной мощности в 2 раза)	до 15
Оптимизация недопоставки мощности ТЭС на ОРЭМ		
Генерирующая компания	Снижение эффекта недопоставки мощности в час максимума региона (не предусмотрено НПА)	10-80
Замещение оперативного резерва генерации		
Генерирующая компания	Компенсация на уровне затрат на топливо за счет замещения выработки генерации разрядом накопителя	1-1,5
Замещение пиковой генерации		
Генерирующая компания	Оплата мощности (не предусмотрено НПА), оплата пусков пиковой генерации и компенсация затрат на топливо	50-200

Источник: Данные компаний, VYGON Consulting

7 Управление спросом, в России – ценозависимое снижение потребления электроэнергии.

Фактор окупаемости (см. Таблицу 2) по сути означает предельный эффект от переноса потребления киловатт-часа внутри суток за счет накопителя. Но поскольку себестоимость применения накопителя или цена цикла заряда-разряда каждого киловатт-часа (LCOS) зависит от частоты использования аккумулятора, высокий фактор окупаемости не всегда означает наивысшую экономическую целесообразность внедрения СНЭ.

Рис. 12. Экономическая эффективность различных сценариев применения накопителей в России



Источник: VYGON Consulting

Таким образом, у накопителей может быть достаточно широкий спектр применения в энергетике, а выбор технологии зачастую связан с конкретными задачами, которые должны решаться их внедрением.

Применительно к отечественной электроэнергетике накопители уже сегодня могут быть привлекательными за счет:

- снижения платы за покупку мощности на ОРЭМ в максимальный час;
- оптимизации недопоставки мощности тепловой электростанции при цене на мощность выше КОМ (например, в ДПМ и КОММОД).

В текущих регуляторных условиях, с учетом актуальной ценовой конъюнктуры, потенциальный объем рынка накопителей без специальных мер поддержки в России ограничен решениями «за счетчиком» для бизнеса в части оптимизации платежа за мощность на розничном рынке. Для отдельных потребителей и регионов это уже экономически эффективно: при отказе от покупки 10% мощности в пиковые часы экономия годовых затрат на электроэнергию составит 5-7% без учета оплаты услуг сетевой организации.

При снижении цены готового решения до 15 тыс. руб./кВтч доходность инвестиций в накопитель для оптимизации почасового потребления и стоимости технологического присоединения объектов потребителей и генерации с переменной нагрузкой будет находиться в устойчивой положительной зоне, сроки окупаемости снизятся до 4-5 лет.

Технически перспективным представляется применение накопителей для оптимизации операционных и инвестиционных затрат электрических сетей, но важным условием активного запуска сегмента станет формирование корректных инвестиционных сигналов в рамках тарифного регулирования.

**ВАЖНОСТЬ И
ВОЗМОЖНОСТЬ
ГОСПОДДЕРЖКИ
НАКОПИТЕЛЕЙ**

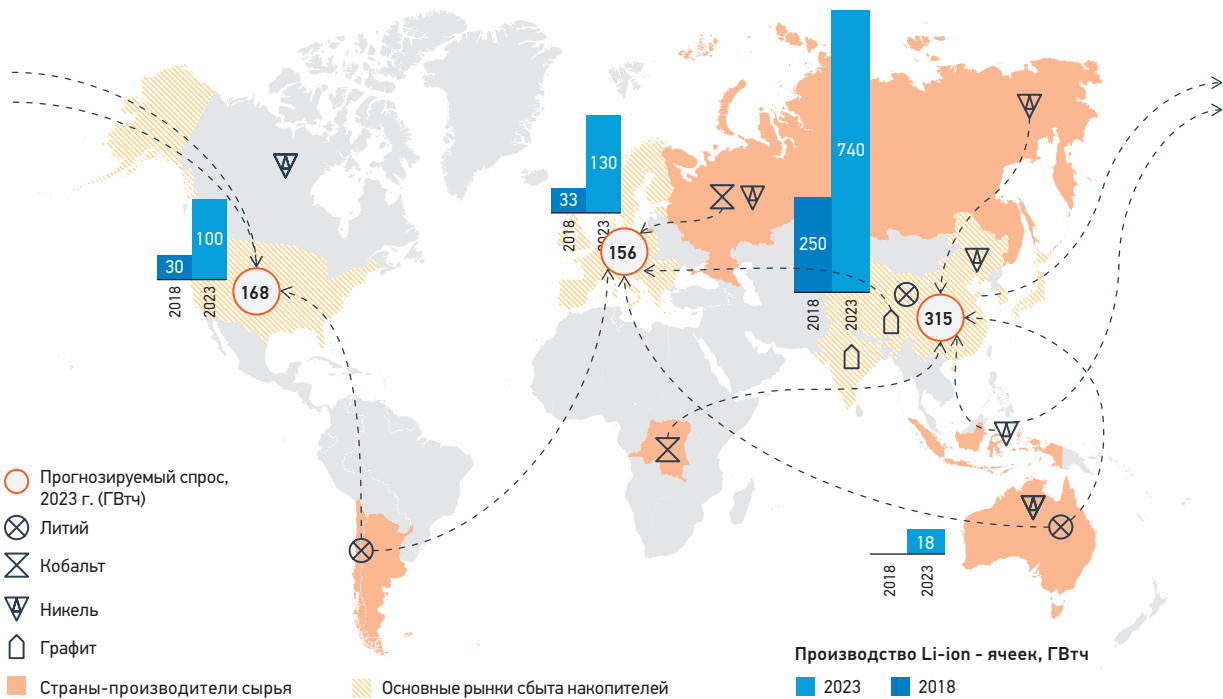
Рост спроса на электрохимические батареи во всех видах электротранспорта и системах хранения электрической энергии послужил мощным импульсом для развития отрасли производства аккумуляторных ячеек в мире и существенно изменил конъюнктуру глобальных рынков сырья.

**ЭКОНОМИКА ОТРАСЛИ
ЛИТИЙ-ИОННЫХ
НАКОПИТЕЛЕЙ**

Сырьевой сектор

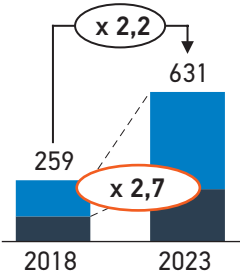
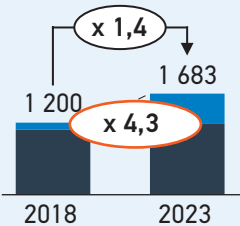
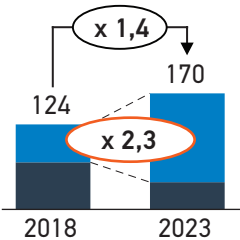
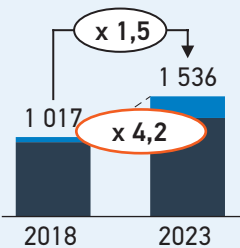
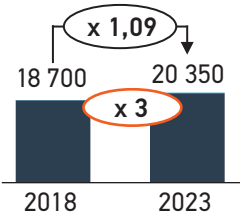
Ключевым элементам материальной базы современной отрасли литий-ионных аккумуляторов относятся составляющие для производства анодных и катодных элементов: литий, кобальт, графит, все более востребованный никель и, в меньшей степени на сегодня, марганец (Рисунок 13).

Рис. 13. Основные источники никелевых, литиевых и графитовых руд и потенциальные рынки сбыта литий-ионных накопителей



Источник: VYGON Consulting

Таблица 3.
Динамика добычи основных компонентов литий-ионных аккумуляторов

Элемент	Прогноз роста добычи к 2023 г. (тыс. т)	Применение в Li-ion аккумуляторах	География добычи и переработки сырья
Литий		Литий перерабатывается в прекурсоры*: сульфат, гидроксид, хлорид лития, которые используются для производства катодов и электролита	60% – Австралия (руда) 20% – Чили (рассолы) 10% – Китай (руда) 7% – Аргентина (рассолы) 3% – остальные с долей менее 10% 90% производства литиевых прекурсоров сосредоточено в Китае
Графит		Сферический графит – основной компонент анодных материалов, получаемый обработкой природного чешуйчатого графита	70% – Китай 10% – Бразилия 20% – остальные с долей менее 10% Почти все производство сферического графита сосредоточено в Китае
Кобальт		Кобальт стабилизирует нежелательные хим. реакции между никелем и кислородом в катод, за счет чего повышается эффективное количество циклов использования аккумулятора	65% – Демократическая Республика Конго 35% – остальные с долей менее 10% Конголезский кобальт добывается как основной металл, выигрывая в себестоимости у кобальта, добываемого как побочный продукт. Весь конголезский кобальт перевозится в Китай для дальнейшей обработки и обогащения
Никель		Никель способствует увеличению плотности энергии и, соответственно, повышению энергоемкости, а также снижению цены батареи, так как он замещает более дорогой кобальт (никель пока не является полной заменой кобальта)	21% – Индонезия 16% – Филиппины 12% – Россия 10% – Австралия 10% – Канада 31% – остальные с долей менее 10%
Марганец		Марганец формирует многоуровневую (кристаллическую) структуру, снижая внутреннее сопротивление и повышая термостойкость батареи	33% – ЮАР 15% – Австралия 14% – Китай 38% – остальные с долей менее 10% Почти все производство сульфата марганца для систем управления сетью (NMC) катодов находится в Китае

* Вещество, участвующее в реакции, приводящей к образованию целевого вещества.

Источник: Argus, Roskill Altura Mining, CleanTech, Cobalt27, FirstCobalt, DBS Bank, АКРА, Норникель, VYGON Consulting

Если говорить о производстве электромобилей, серьезный рост спроса возможен также на редкоземельные постоянные неодимовые и празеодимовые магниты, используемые в системе электрического привода. В то же время ведущие мировые компании активно разрабатывают новые типы электродвигателей с низким использованием постоянных магнитов или вообще без них.

Кратное увеличение оборотов сырья, необходимого для производства аккумуляторов, может спровоцировать временный дефицит предложения (преимущественно на рынках кобальта, лития и графита). В сценарии быстрого роста спроса на электромобили (до 19 млн шт. в 2023 г. и около 60 млн шт. в 2030 г.), с учетом вероятного сырьевого дефицита на горизонте 2020–2023 гг., успешность крупных предприятий по производству аккумуляторов будет зависеть не только от спроса на конечную продукцию, но и от возможности свободно законтрактовать поставки исходных материалов.

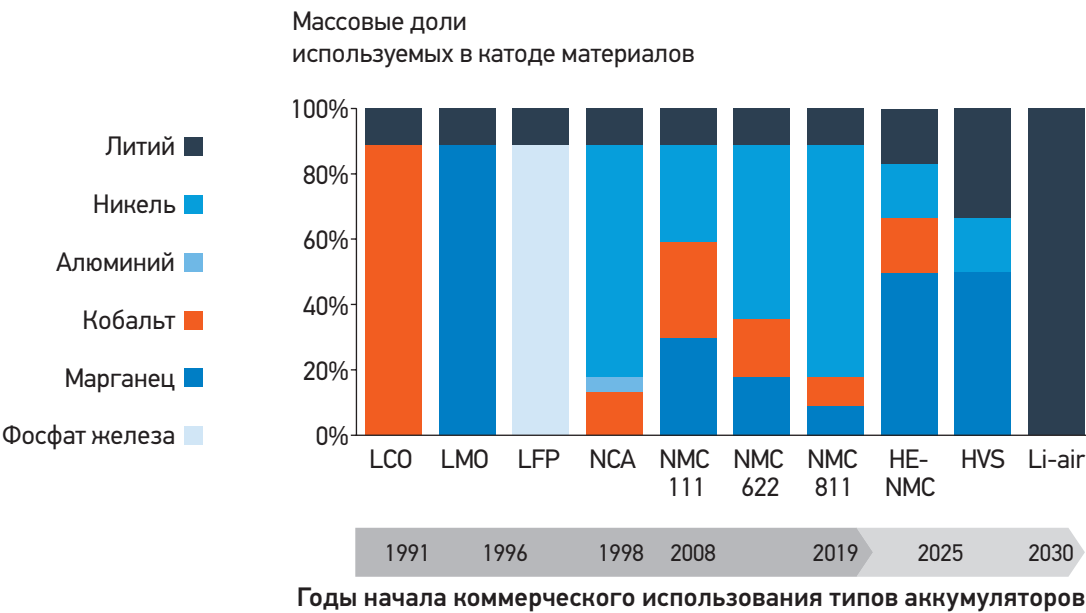
Ванадиевые проточные батареи – еще один ключевой тренд для сырьевых рынков новой энергетики. Текущий объем спроса на этот металл в мире не превышает 100 тыс. т в год и обусловлен производством прочных сталей. Но каждый киловатт-час ванадиевого аккумулятора потребует 4–5,5 кг металла, и в случае роста спроса на стационарные применения систем накопления рынок ванадия может удвоиться менее чем за 10 лет.

Долгосрочные контракты на поставку сырья для анодных и катодных материалов, высококачественных сепараторов станут обязательным условием конкурентоспособности производителей электрохимических аккумуляторов. Это вынуждает производителей ячеек к активным шагам, в числе которых:

- заключение долгосрочных контрактов на поставку сырья;
- вертикальная интеграция с сырьевым сегментом (например, вхождение в капитал добывающих компаний);
- развитие технологий с минимальным использованием дефицитного или дорогого сырья.

Сегодня научные исследования направлены на то, чтобы снизить в литиевых батареях содержание дорогого кобальта за счет применения других химических элементов в качестве катодных материалов, например никеля или марганца, в том числе в перспективных шпинельных аккумуляторах (Рисунок 14).

Рис. 14. Технологическое развитие литий-ионных аккумуляторов (год начала коммерческого использования)



Источник: VYGON Consulting

Принципиальными вехами на горизонте 2025–2030 гг. могут стать старты промышленного производства литий-воздушных или твердотельных⁸ аккумуляторов, которые позволят на порядок улучшить показатели удельной энергоемкости батарей.

Гигафабрики

Для удовлетворения прогнозного спроса только на электромобили и гибриды всех типов к 2023 г. (19 млн шт.) производственные мощности по выпуску литиевых ячеек и батарей в мире требуется в кратчайшие сроки нарастить по меньшей мере вдвое – с текущих 300 до 650–700 ГВтч в год.

Крупнейшие участники рынка – производители аккумуляторных батарей (Panasonic, LG, SAMSUNG, Saft, NEC, Maxell и прочие) и электромобилей (BYD, Tesla, Volkswagen и прочие) заявили о строительстве новых гигафабрик – крупных центров по изготовлению ячеек литий-ионных аккумуляторов. Гигафабрики предполагается расположить в непосредственной близости от основных

⁸ Следует отличать от упоминаемых в русскоязычных источниках «твердотельных аккумуляторных электростанций», или аккумуляторов гравитационного типа, запаасающих потенциальную энергию за счет подъема предмета максимальной массы (бетон, гранит и т. п.) на как можно большую высоту.

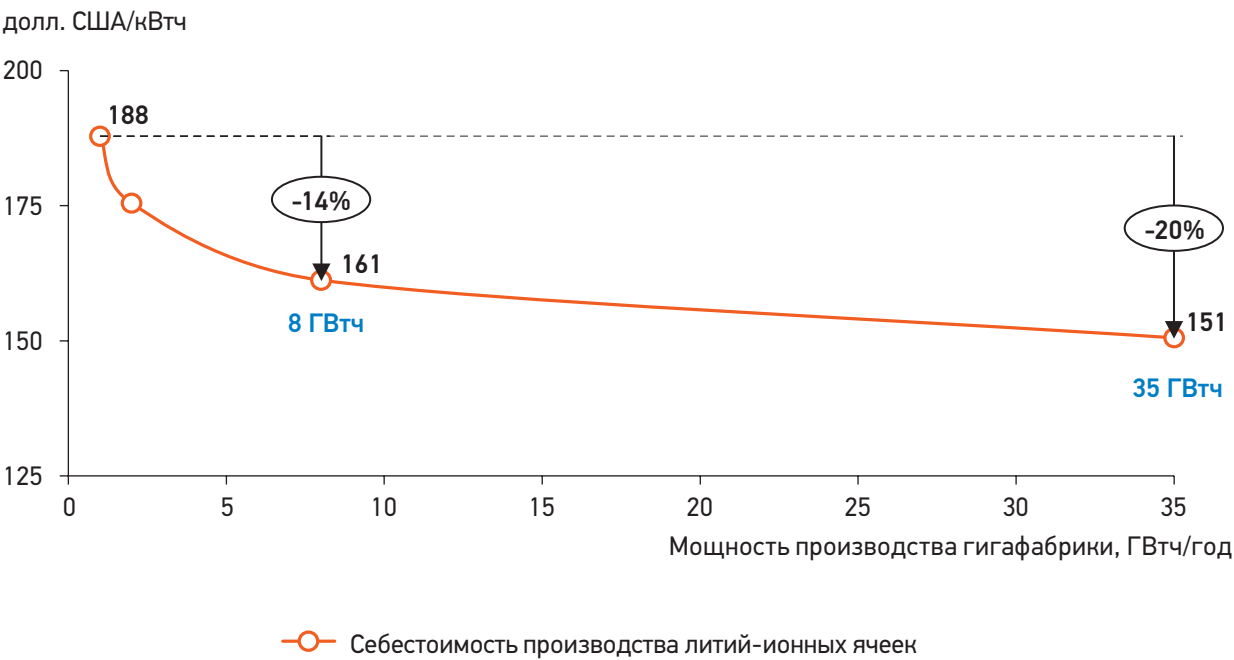
рынков сборки и последующего сбыта электромобилей – в Китае, Японии, Корее, США, Евросоюзе.

Выбор местоположения гигафабрики в основном обусловлен логистической близостью к центрам сбыта, наличием государственной поддержки производств и субсидиями, стимулирующими массовое использование электротранспорта на локальных рынках. Например, 6 из 7 крупнейших гигафабрик южнокорейских производителей литиевых аккумуляторов построены или же строятся в США, Китае и ЕС, где сейчас продается подавляющее большинство электромобилей.

Инвестиции в гигафабрики различаются по глубине переработки исходных материалов, часть предприятий заканчивает свой цикл на выпуске ячеек, другие собирают готовые батареи и даже электромобили. В среднем удельные капитальные затраты строительства гигафабрики оцениваются в 6 млрд руб./ (ГВтч в год) для объекта с производительностью 15–18 ГВтч в год.

Строительство крупных производств связано с ожиданием высокой ценовой конкуренции на рынке. Эффект масштаба позволит снизить себестоимость ячейки на 14–20% относительно показателей небольших фабрик (Рисунок 15).

Рис. 15. Эффект масштаба при производстве литий-ионных ячеек



Источник: VYGON Consulting

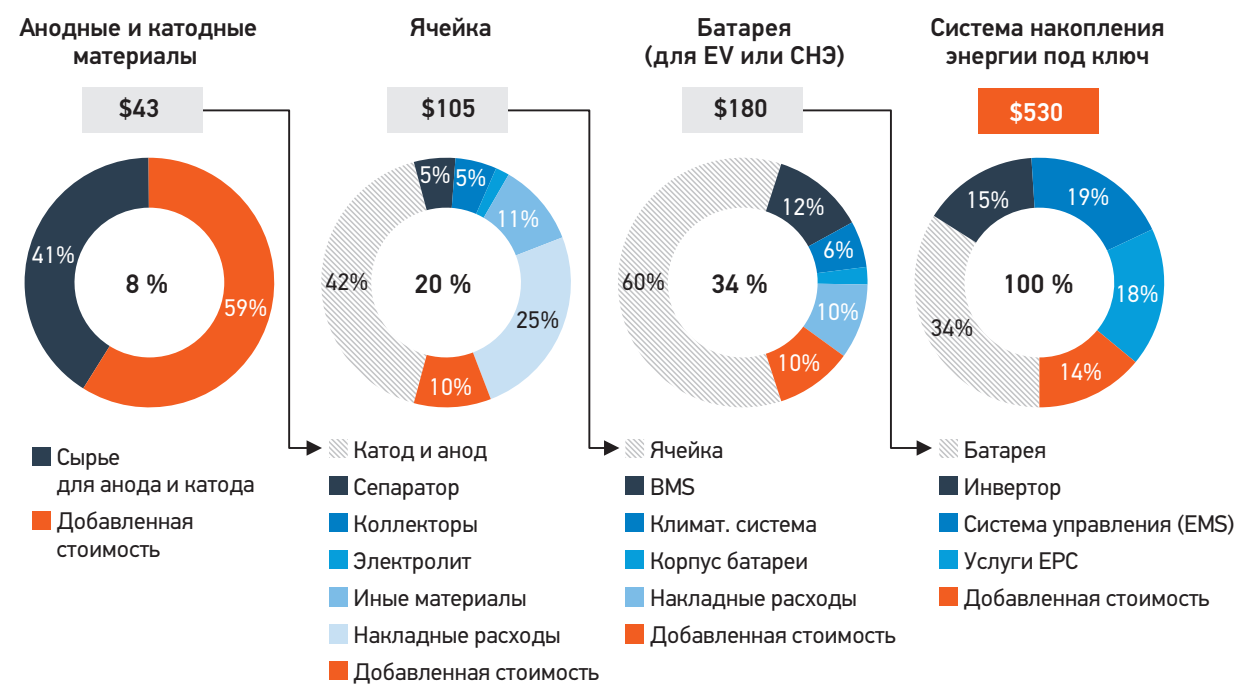
Цепочка добавленной стоимости и продажи

Производственная цепочка литий-ионных накопителей энергии включает добычу и обогащение разнообразного химического сырья, технологические процессы производства анодных и катодных материалов, электролита, изготовления пленок-сепараторов, медных и алюминиевых коллекторов микронной толщины, изготовления стандартизированных по форме (призматических или цилиндрических) ячеек (Рисунок 16).

Готовые ячейки собираются в модули и батареи с применением электроники управляющих, защитных и климатических систем.

Несмотря на критическую важность такого сырья, как литий, кобальт, никель, с точки зрения создания добавленной стоимости доля анодных и катодных материалов после переработки составляет только 8% в цене системы накопления энергии для конечного покупателя.

Рис. 16. Структура добавленной стоимости производства 1 кВтч литий-ионной системы накопления энергии



Цены в 2019 г. долл. США/кВтч
Источник: VYGON Consulting

Весомая часть добавленной стоимости в цепочке формируется на этапе поставки и установки готовой продукции клиенту (порядка

66%), тогда как более трудоемкий процесс, производство аккумуляторной батареи, включая сырьевую составляющую и объединение аккумуляторных ячеек в батарею, составляет всего 34% от конечной цены.

Сравнительно высока доля систем управления батареей (BMS⁹ и EMS¹⁰) и программного обеспечения, которая занимает около 25% в стоимости промышленного накопителя энергии и около 16% в батарее электромобиля.

До 20% цены готового решения приходится на стоимость системы преобразования тока и напряжения в промышленной системе хранения энергии, в то время как этап проектирования и строительства батареи может стоить потребителю до 16% от конечной цены.

МИРОВОЙ ОПЫТ ПОДДЕРЖКИ НАКОПИТЕЛЕЙ

В последние 10 лет все более выраженной становится государственная поддержка систем накопления энергии, которую можно разделить на две составляющие:

- поддержка разработки, производства и покупки систем хранения электрической энергии для домохозяйств и бизнеса;
- поддержка производства и покупки электромобилей на базе литий-ионных электрохимических батарей.

Если говорить о большой энергетике, ежегодно около 2,5 ГВт ГАЭС вводится в эксплуатацию за счет тарифных источников – в рамках территориальных планов перспективного развития электроэнергетики и за счет инвестиционных программ вертикально интегрированных энергокомпаний.

Кроме того, растет объем мощностей электрохимических систем хранения промышленного масштаба, вводимых за счет платежей на рынках мощности, специальных тарифов и инвестиционных надбавок: во всем мире в год вводится порядка 5 ГВтч таких объектов.

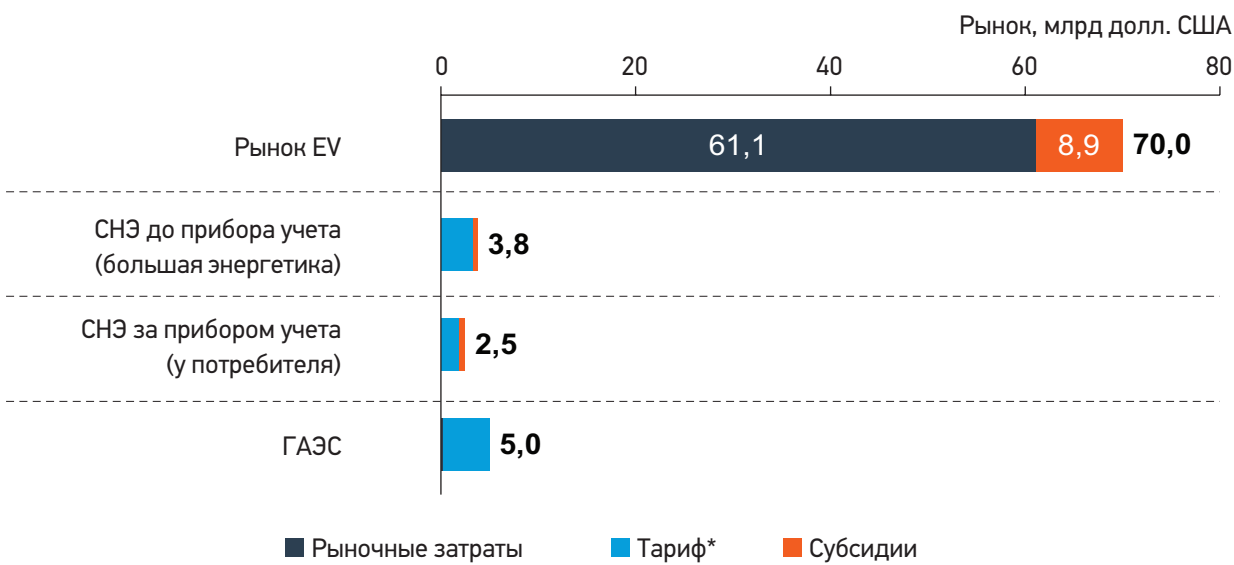
⁹

BMS – “battery management system” – система контроля состояния, обеспечения защиты и управления температурным режимом, зарядом и разрядом аккумуляторных ячеек.

¹⁰

EMS – “energy management system” – механизм управления работой системы накопления энергии в рамках поставленных пользователем задач.

Рис. 17. Оценка объемов поддержки накопителей в мире (2019 г.)



* Возврат инвестиций за счет тарифов, цен и правил функционирования соответствующих рынков э/э и мощности, в том числе проекты, реализованные в рамках инвестиционных программ частных и государственных генерирующих и вертикально интегрированных энергокомпаний.

Источник: VYGON Consulting

Наибольший объем государственной поддержки в денежном выражении (около 90%) сосредоточен сейчас на рынках электромобилей. Не считая налоговых и таможенных преференций для производителей электромобилей и аккумуляторных батарей, страны тратят на запуск рынка электромобилей в виде субсидий порядка 9 млрд долл. США в год.

Средняя субсидия, приходящаяся на один электромобиль, снизилась за последний год примерно в 2 раза и составляет сейчас около 4 тыс. долл. США на один электромобиль¹¹. Для сравнения, на поддержку энергетических накопителей за приборами учета все государства мира направляют не более 1 млрд долл. США.

11 Подробнее о снижении господдержки электромобилей см. исследование VYGON Consulting «Развитие электромобилей: без господдержки не летают», сентябрь 2018 г.

ПОДДЕРЖКА ОТРАСЛИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

В мировых выбросах парниковых газов доля автотранспорта с ДВС составляет около 11%. В США автомобильный транспорт ответственен за 17% выбросов, в Европейском союзе – за 19%. Хотя в развитых постиндустриальных странах выбросы промышленности и энергетики в основном стабилизировались или снижаются, автомобилизация остается основным фактором роста эмиссии CO₂.

Именно важность предотвращения климатических изменений является ключевым мотивом формирования трендов государственной поддержки перехода развитых и быстрорастущих экономик мира на электромобили. А это, в свою очередь, делает неизбежным развитие отрасли литий-ионных аккумуляторов, по крайней мере до появления более эффективных альтернатив двигателей без выбросов – твердотельных (solid state) электрохимических аккумуляторов или водородных топливных ячеек.

В зависимости от конъюнктуры внутреннего рынка страны реализуют прямые и косвенные механизмы, стимулирующие развитие производства накопителей и повышение спроса на электромобили (Таблица 4).

Темпы роста спроса и развития мировой отрасли электромобилей сегодня по большей части определяются размером субсидии, которая может достигать 30% от конечной цены для потребителя. В некоторых странах на старте программ поддержки (в Японии в середине 1990-х гг., в Китае 2-3 года назад) могло покрываться до 50% цены автомобиля.

Страны с самыми зрелыми рынками электромобилей (Китай, ЕС и США) переходят от прямого субсидирования к косвенным механизмам поддержки отрасли (снижение налоговой нагрузки от владения, госзакупки, бесплатные парковка и зарядка на общественных станциях, проезд по выделенным полосам). В дальнейшем влияние господдержки электротранспорта будет снижаться.

В глазах конечного пользователя электромобили могут одержать победу в экономической конкуренции с ДВС, прежде всего, за счет:

- возрастающего эффекта масштаба производства;
- увеличения (размеров) экологических сборов для производителей ДВС и автовладельцев.

Таблица 4.
Направления мер поддержки добычи сырья, его переработки и производства аккумуляторных ячеек

Страна	Сырье и комплектующие	Поддержка национальных производств по выпуску аккумуляторных батарей	Поддержка национальных производств по выпуску электромобилей
Китай	Контроль рынков сырья: долгосрочные контракты на поставку сырья и поглощение добывающих производств национальными компаниями (например, почти весь конголезский кобальт экспортируется в Китай для переработки).	Ограничения экспорта сырья: квоты и дополнительные таможенные пошлины на экспорт обогащенных графитных и литиевых компонентов стимулируют внутреннее использование. Льготы для производств: освобождение от налога с продаж для производителей (Li-ion, Ni-MH). Субсидии только для технологически эффективных батарей: размер субсидии на электромобиль зависит от тех. характеристик: дальности хода (не менее 250 км), емкости батареи (не менее 125 Втч/кг), массы и скорости автомобиля.	Субсидирование производства EV: субсидии порядка 3,6 тыс. долл. США на одобренные партией электромобили с накопителями, произведенными в Китае на крупных (с годовым выпуском > 8 ГВтч/год) гигафабриках*. Продажи электромобилей освобождаются от НДС 10% с 2018 г. до конца 2020 г. Субсидирование продаж EV: в регионах реализуются отдельные программы субсидирования покупки электромобилей порядка 1,5 тыс. долл. США. Ограничения импорта EV: пошлина на импорт электромобилей 10%.
Индия	Повышение доступности сырья: снижение или полная отмена импортных пошлин.	Ограничения импорта батарей: в 2021 г. увеличение импортных пошлин на ввоз Li-ion ячеек до 10%, Li-ion аккумуляторов до 15%. Льготы для производств: вычет по налогу на прибыль (50%); компенсация валютных рисков иностранных инвесторов; льготное кредитование (снижение ставки на 3 п. п.).	Субсидирование продаж EV: субсидии на электромобили ценой менее 21 тыс. долл США в размере 140 долл. США/кВтч емкости батареи. В фокусе поддержки – личный и общественный транспорт, включая электробусы (280 долл. США/кВтч) и авторикшсы. Ограничения импорта EV: с 2021 г. пошлина на импорт электромобилей 30%, электробусов – 50%.
Индонезия	Повышение доступности сырья: снижение импортных пошлин на технику и материалы для создания производств по переработке сырья.	Ограничение экспорта сырья: с 2014 г. работает комплекс мер по ограничению экспорта необработанных минеральных руд (прежде всего, никелевых).	Субсидирование продаж EV: субсидии предусматривают прогрессирующие требования к локализации: двухколесный электротранспорт должен состоять на 80% из отечественных комплектующих к 2026 г., автомобили – на 80% к 2030 г.

* В настоящее время роль субсидии снижается, на первый план выходит требование об обязательной квоте продаж EV любым производителем в Китае (10%).

** В рамках Проекта общеевропейского интереса (IPCEI) поддержку получают 17 европейских компаний (PSA Group, BASF, Saft, Opel и другие), которые в консорциуме сформируют устойчивую цепочку производства литий-ионных аккумуляторов в Европе.

*** The European Battery Alliance (EBA) – инвестиционная платформа в сфере накопителей и электротранспорта, учрежденная Еврокомиссией.

Источники: Еврокомиссия, национальные энергетические агентства, Insideevs, VYGON Consulting

Таблица 4.

Направления мер поддержки добычи сырья, его переработки и производства аккумуляторных ячеек

ЕС	Повышение доступности сырья: ЕС заключил соглашение о свободной беспошлинной торговле (в т. ч. сырьевыми ресурсами) с Мексикой, с Канадой (с 2017 г. проходит ратификацию в ЕС) и прорабатывает аналогичные соглашения с Чили и Австралией. ЕС предпринимает системные шаги по ограничению протекционистской политики (Индонезия, Китай) в отношении сырья для производства Li-ion аккумуляторов. Основные действия – ведение переговоров и подача жалоб по факту экспортных ограничений в рамках ВТО.	Льготы для производств: в 2019 г. Еврокомиссия согласовала 3,2 млрд евро взносов от семи стран ЕС для финансирования развития производства литий-ионных батарей на территории Европы**. Треть господдержки покрывает 25% инвестиций в строительство 48 ГВтч гигафабрик во Франции и Германии. Остальные 2/3 планируется направить на развитие иных этапов цепочки добавленной стоимости: производство первичных ресурсов и прекурсоров, разработку BMS/EMS, переработку отработанных батарей. В 2017 г. Еврокомиссия запустила платформу «Европейский батарейный альянс»***, в том числе для повышения доступности для ее членов финансирования развития производств по выпуску литий-ионных батарей.	Субсидирование продаж EV: госсубсидии (гранты на покрытие части стоимости покупки, экологические бонусы) от 1,5 тыс. евро (легковые EV в Австрии) до 15 тыс. евро (грузовые EV в Испании). Освобождение от НДС при покупке (Норвегия) или полное освобождение от налога (транспортного и на регистрацию). В ряде случаев, например в Германии, господдержка осуществляется в отношении производителей электромобилей, утверждаемых государством с учетом их взносов в бюджет поддержки. Ограничения импорта EV: базовая пошлина на импорт электромобилей 10%.
США	Поддержка внутренних производителей: организация национального исследовательского института по разработке технологий восстановления ключевых элементов из отработанных аккумуляторов.	R&D: в начале 2020 г. правительством США анонсирована стратегическая программа развития НИОКР производств по выпуску аккумуляторных батарей на территории страны (объем на старте более 150 млн долл. США в год). Ограничения импорта батарей: в результате торговой войны с Китаем в 2019–2020 гг. ввозные пошлины на китайские Li-ion, свинцово-кислотные и никель-кадмиевые батареи повышены с 0 до 7,5%.	Субсидирование продаж EV: налоговый вычет до 7,5 тыс. долл. США для покупателей электромобилей, произведенных в США. Распространяется на первые 200 тыс. электромобилей для каждого производителя, после чего поэтапно снижается.

* В настоящее время роль субсидии снижается, на первый план выходит требование об обязательной квоте продаж EV любым производителем в Китае (10%).

** В рамках Проекта общеевропейского интереса (IPCEI) поддержку получают 17 европейских компаний (PSA Group, BASF, Saft, Opel и другие), которые в консорциуме сформируют устойчивую цепочку производства литий-ионных аккумуляторов в Европе.

*** The European Battery Alliance (EBA) – инвестиционная платформа в сфере накопителей и электротранспорта, учрежденная Еврокомиссией.

Источник: Еврокомиссия, национальные энергетические агентства, Insideevs, VYGON Consulting

Важно, что действия большинства стран – как ключевых производителей автомобилей, так и формирующих основной спрос на транспорт zero-emission¹² – системно направлены на запуск национальных предприятий по производству электромобилей и аккумуляторов. В центре внимания регуляторов оказывается рост доли национального бизнеса в глобальной цепочке добавленной стоимости нового рынка. Основными мерами электромобильного «протекционизма» при этом выступают:

- повышение импортных пошлин на готовую продукцию;
- стимулирование внутренней переработки сырья через таможенные пошлины;
- налоговые льготы для производственных предприятий;
- субсидии потребителям в части продукции, локализованной на территории страны.

Во многом такие действия являются реакцией на усиление позиций Китая в отрасли. Правительства реализуют меры поддержки для максимальной диверсификации поставок сырья и локализации производственных мощностей, чтобы в будущем не оказаться в зависимости от аккумуляторов и электромобилей из Поднебесной.

Действия же Китая, обеспечившего себе поставки большей части необходимого сырья, направлены на построение и контроль национальной цепочки производства высококачественных аккумуляторов и электромобилей, а также снижение зависимости от традиционных технологических лидеров – Panasonic (Япония) и LG Chem (Южная Корея).

Очевидно, что активность глобальных производителей автомобилей в виде опережающих инвестиций и конкуренции за спрос, обеспеченный мерами господдержки на ключевых рынках, позволит им создать и укрепить позиции на трансформирующемся автомобильном рынке.

Можно сказать, что целевой облик отрасли электрохимических накопителей энергии и центры добавленной стоимости будут определены сегодняшними стратегическими решениями заинтересованных государств – поддержкой внутренних рынков, внешней торгово-промышленной политикой и активностью в привлечении инвесторов.

12

Нулевые выбросы парниковых газов (вредных веществ) в атмосферу.

ПОДДЕРЖКА НАКОПИТЕЛЕЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Программы поддержки стационарных накопителей в энергетике принимаются на государственном, региональном и муниципальном уровнях во многих странах мира. Упор сделан на решении прикладных задач энергетических систем, и, в отличие от сектора электротранспорта, не преследуется цель формирования и развития промышленной отрасли производства систем хранения энергии (Таблица 5).

Поддержку накопителей в энергетике можно разделить на два ключевых сегмента:

- накопители для домохозяйств и малого бизнеса «за счетчиком»;
- промышленные сетевые системы хранения электрической энергии (как участники рынка электроэнергии).

В первом сегменте основной тон задают субсидии в виде налоговых вычетов до 60% стоимости малых накопителей энергии, большое значение имеют принципы формирования конечных цен на электрическую энергию, приобретаемую в пиковые часы. Второй сегмент развивается в большей степени за счет средств оптовых генерирующих и крупных электросетевых компаний. Меньшее значение имеют такие факторы окупаемости проекта, как оплата электрической энергии, мощности и системных услуг на оптовом рынке, а более весомой является стоимость альтернативных решений традиционной энергетики, например создания электросетевой инфраструктуры.

Интересно, что в обоих сегментах ключевой движущей силой для производства накопителей служит высокая доля проникновения возобновляемой энергетики. Например, использование накопителя домохозяйством в совокупности с уже построенной СЭС позволяет достичь не только персонального экономического эффекта на разнице высокого тарифа покупки и продажи избыточной выработки в сеть, но и принести общесистемную пользу. Накопитель в этом случае позволяет избежать повышенной нагрузки на распределительные электрические сети в часы пиковой солнечной активности и снизить потребность в маневренных генерирующих мощностях для устойчивого управления энергосистемой.

Таблица 5.

Направления мер поддержки систем накопления энергии

Страна	Компенсация стоимости СНЭ, %	Малые системы хранения (домохозяйства и МСП)	Промышленные системы хранения
США	50%	Интеграция ВИЭ До 2022 г. действует регрессивный федеральный налоговый вычет (сейчас 26%) от стоимости установки СЭС, включая СНЭ. Региональные субсидии на покупку СНЭ в зависимости от емкости накопителя, длительности разрядки, циклов, локализации. Бесперебойное энергоснабжение Региональная субсидия на покупку СНЭ в штатах, где есть угроза потери энергоснабжения из-за пожаров.	Оказание системных услуг Федеральная комиссия по регулированию энергетики США в 2018 г. издала приказ, обязывающий операторов энергосистем (TSO) устранить барьеры для участия СНЭ на оптовых рынках электроэнергии и мощности. Сейчас условия работы накопителей на оптовых рынках формируются.
Германия	50%	Интеграция ВИЭ Региональные субсидии, в среднем 500–3200 евро, выдаются уполномоченным банком (KfW) для домохозяйств по факту установки СНЭ для СЭС и зависят от емкости накопителя.	Оказание системных услуг/ интеграция ВИЭ Правительственные субсидии с 2014 г. на установку СНЭ совместно с ВИЭ для контроля частоты в энергосистеме и выравнивая пиков потребления генерируемой за счет ВИЭ электроэнергии (Drewag, SMA, STEAG, Vattenfall и др.).
Индия	-	-	Интеграция ВИЭ Государственный конкурс на право строительства СЭС/ВЭС со СНЭ с обязательством поставки мощности в пиковые часы (не менее 600 МВт). Окупаемость обеспечивается повышенными платежами в рамках договора поставки мощности в течение 25 лет.
Великобритания	-	Интеграция ВИЭ/ сглаживание пиков потребления С 2020 г. реализуется схема Smart Export Guarantee, гарантирующая оплату отпуска «зеленой» э/э в сеть. В зависимости от энергоснабжающей компании доступны тарифы, стимулирующие сглаживание пиков потребления, в т. ч. с помощью СНЭ.	Оказание системных услуг В 2016 г. проводятся тендеры для СНЭ на оказание услуг по регулированию частоты (Enhanced Frequency Response) и иные системные услуги.
Швеция	60%	Интеграция ВИЭ В 2016–2019 гг. правительственная субсидия до 5400 долл. США в виде гранта на установку СНЭ для СЭС, зависящая от емкости накопителя.	-

* Дополнительный эффект может быть получен от участия в программе «виртуальной электростанции»: платежи со стороны агрегаторов услуг от использования емкости СНЭ, отдельная субсидия/ скидка на СНЭ.

Источник: Еврокомиссия, национальные энергетические агентства, Insideevs, VYGON Consulting

Таблица 5.
Направления мер поддержки систем накопления энергии

Италия	50%	Интеграция ВИЭ Налоговый вычет на покупку домохозяйством СЭС со СНЭ. Региональные программы и субсидии (на данный момент действует в Ломбардии).	Интеграция ВИЭ Специальный тариф, обеспечивающий окупаемость стационарного накопителя для оптимизации работы сети и генерации с учетом передачи излишков выработки ВЭС и СЭС из южных районов Италии в северную часть.
Австралия	70%	Интеграция ВИЭ Региональная субсидия на покупку СНЭ для СЭС в размере 350–4000 долл. США перечисляется продавцу. Сглаживание пиков потребления/ интеграция ВИЭ Пилотная программа за счет средств Южн. Австралии по установке компаниями Tesla СЭС со СНЭ в домохозяйствах для создания «виртуальной станции». За участие в программе цена э/э из сети для домохозяйства снижается на 20%. По результатам реализации 2-го этапа достигнуто снижение потребления электроэнергии из сети на 70%.	Оказание системных услуг Госгранты (от правительства штатов и Австралийского агентства по возобновляемой энергетике) на установку СНЭ для создания резерва мощности и контроля частоты в энергосистеме.
Япония	60%	Интеграция ВИЭ/ бесперебойное энергоснабжение Региональные субсидии (от префектур) в виде оплаты части стоимости СНЭ домохозяйствам при строительстве дома в удаленных районах и при установке накопителя совместно с солнечной панелью. В 2019 г. начата разработка проекта «виртуальной электростанции» на основе СНЭ.	Оказание системных услуг Правительственные субсидии на установку накопителя для контроля напряжения в сети.
Южная Корея	-	Сглаживание пиков потребления Система розничных тарифов на покупку электрической энергии в Корею (для всех потребителей фактического монополиста рынка КЕРСО) стимулирует использовать системы накопления энергии для экономии в пиковые часы.	Интеграция ВИЭ/ сглаживание пиков потребления В системе «зеленых» сертификатов (REC) электроэнергия ВИЭ, отданная из СНЭ в часы пик, оценивается в 4–5 раз выше, чем от СЭС без батарей. Сглаживание пиков потребления С 2017 г. обязательная установка СНЭ в новых административных зданиях с мощностью более 1 МВт.
Китай	-	Интеграция ВИЭ Муниципальные субсидии для накопителей, работающих совместно с СЭС, за 1 кВтч накопленный (г. Хэфэй) и за 1 кВтч, отданный в сеть из накопителя (г. Сучжоу).	Сглаживание пиков потребления Надбавка к цене за 1 кВтч отдаваемой в сеть э/э из накопителя в рамках demand response в пиковые часы (провинции Цзянсу и Чжэцзян).

* Дополнительный эффект может быть получен от участия в программе «виртуальной электростанции»: платежи со стороны агрегаторов услуг от использования емкости СНЭ, отдельная субсидия/ скидка на СНЭ.

Источник: Еврокомиссия, национальные энергетические агентства, Insideevs, VYGON Consulting

Для промышленных систем одним из оптимальных сценариев становится установка накопителя в энергорайоне, насыщенном солнечной или ветроэнергетикой, который позволяет не расширять пропускную способность транзитных магистральных линий на сотни километров и не выключать ВИЭ вынужденно в случае перегрузки системы, а перераспределять избыточную выработку внутри суток.

В странах с относительно развитыми оптовыми энергорынками, в первую очередь в части проведения аукционов мощности, созданы условия для участия накопителей в сегменте поставки мощности и регулирования частоты в энергосистемах наравне с генерацией. Значительное внимание уделяется тому, чтобы устранить барьеры для включения накопителей в структуру оптового рынка и обеспечить равные условия платы за услуги по сравнению с традиционной генерацией.

Проблема заключается в том, что в условиях равной конкуренции с существующей инфраструктурой энергетики в отдельных сегментах (на рынках мощности, системных услуг, demand response) равновесные цены не позволяют достичь окупаемости капиталоемких проектов накопителей в разумные сроки.

КОНТУРЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ

РОССИЯ В ЦЕПОЧКЕ ПОСТАВОК

Несмотря на фактическое отсутствие отечественного рынка электромобилей или энергетических накопителей, в России добываются и/или производятся многие элементы и материалы, необходимые для изготовления наиболее распространенных типов литий-ионных аккумуляторов. Так, примерно 10% глобальных объемов никеля, большая часть из которого 1-го «катодного» класса, и 3% кобальта производятся ПАО «ГМК «Норильский никель». «Евраз» является одним из мировых лидеров производства ванадия.

С запасами ситуация также очень перспективна: существуют возможности наращивания производства меди, никеля, марганца, графита, лития и ванадия. Интересно, что литий можно извлекать не только на солевых месторождениях или из залежей редких металлических пород, но и производить в качестве попутного продукта на месторождениях нефти и газа. Техно-экономические обоснования таких проектов сейчас проводят многие российские игроки, включая ПАО «Газпром» и ЗАО «Иркутская нефтяная компания».

К российским активам добычи лития проявляют интерес и международные игроки: в конце 2019 г. возможность разработки Завитинского месторождения (Забайкальский край) изучали индийские компании KABIL и IREL.

С точки зрения производственных компаний крупнейшими игроками в цепочке создания добавленной стоимости сегмента электротранспорта и накопителей являются производители электробусов «КАМАЗ», «Группа ГАЗ», «Тролза». Все они сотрудничают с научно-производственными компаниями и производителями аккумуляторов – как отечественными, так и зарубежными.

Российские изготовители литий-ионных аккумуляторных ячеек – ООО «Лиотех» (производит литий-железо-фосфатные аккумуляторы) и ОАО «Чеченнефтехимпром» (использует технологию NMC) – обладают годовым потенциалом выпуска около 150 МВтч аккумуляторных ячеек, но полностью не задействованы даже эти мощности. Стоит отметить, что значительная часть прекурсоров и комплектующих для производства ячеек импортируется в Россию. Малый размер внутреннего рынка, который составляет лишь 2% годового выпуска средней гигафабрики, не позволяет производить внутри страны конкурентные по цене компоненты аккумуляторов.

Традиционные шаблоны и подходы отечественного бизнеса «разрывает» основанная в 2015 г. российским предпринимателем британская компания по производству почтовых электромобилей

Arrival. На сегодня стартап, капитализация которого оценивается в 3 млрд долл. США, располагает научно-производственными центрами в США, Великобритании, Германии, Сингапуре и России. Компания сосредоточена на кастомизированных решениях, прежде всего, для операторов почтовых услуг. Arrival разрабатывает и производит электромобили, включая интеллектуальные системы управления аккумулятором и транспортным средством, на основе индивидуализированных решений для своих клиентов – Royal Mail и UPS, получивших также доли в ее капитале.

Arrival работает в сегменте разработки и создания конечного продукта с уникальными и важными для пользователей характеристиками, а значит создает большую часть добавленной стоимости, даже, к примеру, используя аккумуляторные ячейки сторонних вендоров.

В целом же роль России и российских предприятий в мировой цепочке производства литий-ионных аккумуляторов может быть определена в качестве поставщика сырья и полуфабрикатов с невысокой добавленной стоимостью.

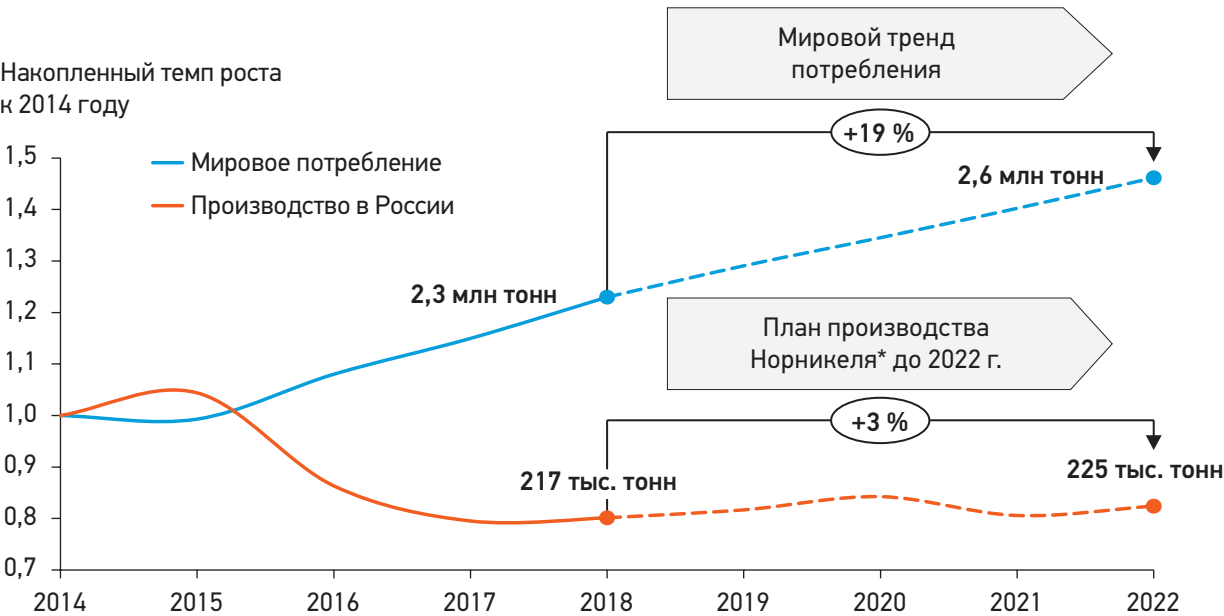
В конце 2020 г. должно быть завершено строительство завода немецкой компании BASF по производству катодных материалов для европейских производств по выпуску электромобилей. Предприятие располагается в г. Харьявалта (Финляндия) на площадке ПАО «ГМК «Норильский никель», роль которого сводится к обеспечению долгосрочных поставок никелевого и кобальтового сырья. На той же площадке планируется запустить вторичную переработку аккумуляторов силами Crisolteq (дочерняя компания финской Fortum) при участии BASF¹³.

С учетом преимущественно экспортной ориентации добывающего бизнеса идет поиск решений для увеличения добычи, вертикальной интеграции и трансграничной кооперации в контексте органического роста. Однако серьезных прорывов на этом направлении пока нет: так, производство и продажи российского никеля сегодня растут медленнее глобального рынка этого металла, что не позволяет говорить даже об увеличении доли поставки сырья (Рисунок 18).

13

В 2020 г. Fortum, BASF и Норникель подписали соглашение о создании кластера вторичной переработки аккумуляторов.

Рис. 18. Рынок никеля



* Презентация Норникеля «Расширяя горизонты устойчивого роста», ноябрь 2019 г.

Источник: ПАО «ГМК «Норильский никель», VYGON Consulting

На данном этапе рынок развивается, растет и трансформируется, и Россия еще может занять ключевое место в этом огромном бизнесе, для чего необходимо:

1. **Использовать сильные стороны:** географическое положение, доступ к сырью, возможность реализации масштабных национальных проектов.
2. **В русле стратегического развития отдавать приоритет сегментам с максимальной добавленной стоимостью** – созданию уникальной ценности для конечного клиента.

Важный вопрос заключается в том, поможет ли стимулирование развития внутреннего рынка будущим глобальным игрокам?

РОССИЙСКИЙ РЫНОК НАКОПИТЕЛЕЙ СЕГОДНЯ И ЕГО ПОТЕНЦИАЛ

На сегодня отечественный рынок накопителей формируется практически полностью за счет общественного электротранспорта и определяется расходами муниципалитетов мегаполисов в объеме около 9,5 млрд руб., примерно на 80% это бюджет Москвы.

Очевидно, объем внутреннего рынка будет во многом зависеть от регуляторных решений. Так, например, Москва намерена с 2021 г. полностью отказаться от закупок новых автобусов с двигателями внутреннего сгорания в пользу электробусов¹⁴. К этому же времени долю электробусов от общего парка внерельсового транспорта планируется увеличить до 10%.

Замена пиковой генерации или же использование накопителей совместно с объектами генерации возобновляемой энергетики, хоть и представляется максимально разумным подходом, требует серьезных преобразований отраслевого нормативного регулирования. Постепенное замещение пиковой генерации можно обеспечить, зафиксировав допуск систем накопления к участию в конкурсных проектах строительства резервных мощностей и стимулируя владельцев действующих пиковых мощностей к замещению их накопителями.

Для того чтобы инвестор в генерацию (например в СЭС) поставил накопитель, также необходим стимул, который может выражаться в виде дополнительной платы, экономически обоснованной с точки зрения:

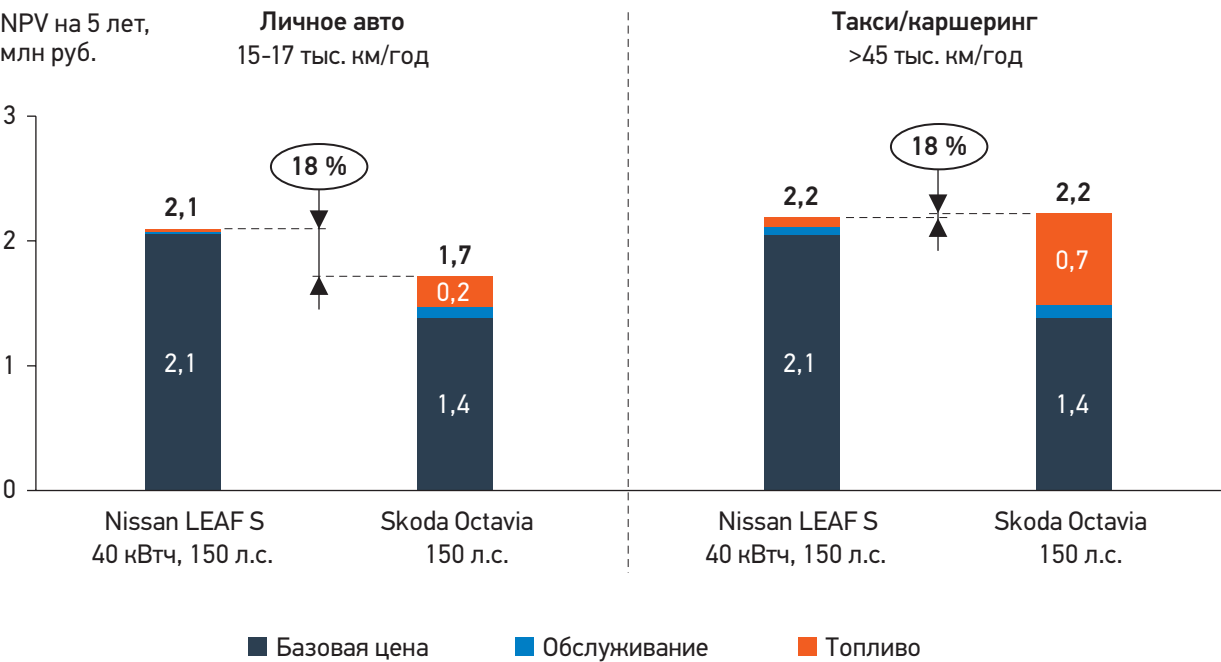
- использования диапазона регулирования тепловой генерации в суточные часы пиков выдачи мощности СЭС;
- стоимости сетевых ограничений при выдаче мощности СЭС.

Однако не все зависит от государственной поддержки и регулирования. Электромобиль среднего класса¹⁵ на сегодня дороже бензинового аналога примерно на 750 тыс. руб. (без учета субсидии), тогда как чистая экономия от потребления топлива и сервиса двигателя внутреннего сгорания за пять лет активного использования может составить ту же сумму при пробеге 45 тыс. км в год (Рисунок 19).

¹⁴ Постановление Правительства Москвы от 26.03.2019 № 243-ПП. Государственная программа города Москвы «Развитие транспортной системы», подпрограмма «Общественный транспорт «Наземный городской пассажирский транспорт».

¹⁵ Nissan LEAF S.

Рис. 19. Стоимость владения транспортным средством в течение 5 лет



* Для г. Москвы. Базовая стоимость указана без учёта таможенного сбора на импорт электромобиля.

Источник: данные автопроизводителей, VYGON Consulting

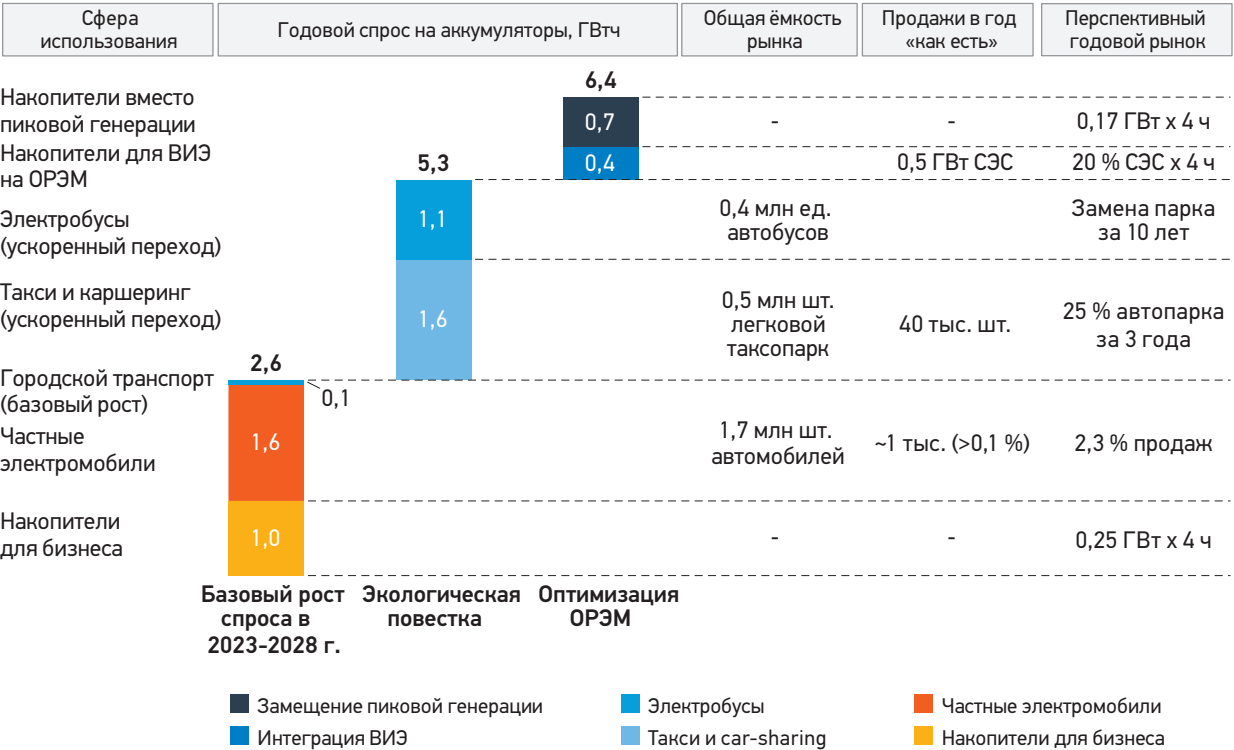
Суточный пробег транспортного средства составляет порядка 180 км – в пределах емкости стандартных батарей 40–60 кВтч, что снижает степень актуальности электрозарядной инфраструктуры для запуска рынка.

Важно, что такая или меньшая длина маршрута характерна для более чем 80% такси в Москве¹⁶, и электромобили могут оказаться конкурентными в этом сегменте в больших городах России уже в ближайшие 2-3 года.

В условиях продления текущих регуляторных политик внутренний спрос на накопители может быть обеспечен в размере 2,6 ГВтч в год к 2023 г. (Рисунок 20.).

16 По данным компании «Лаборатория умного вождения», пробег 50% такси в г. Москве около 180 км/день, еще 30% такси проезжают 100 км/день.

Рис. 20. Потенциал российского рынка накопителей энергии



Источник: VYGON Consulting

В случае принятия дополнительных мер государственной и тарифной поддержки накопителей в энергетике и транспортном секторе, совокупный спрос в России может составить около 6,4 ГВтч в год.

МЕРЫ ПОДДЕРЖКИ

Если говорить о конкретных шагах развития рынка накопителей в России, то можно выделить несколько направлений:

- Трансформация таможенных мер для создания и защиты крупных национальных производств по выпуску продукции с высокой добавленной стоимостью как для внутреннего рынка, так и для экспорта.
- Стимулирование национального процесса научных исследований и разработок в области создания накопителей энергии, а также трансферт технологий.

- Стимулирующие меры для экспорта продукции с высокой добавленной стоимостью (льготное экспортное кредитование и страхование, сопровождение ВЭД, пр.).
- Развитие внутреннего рынка аккумуляторов за счет стимулирования сегмента электротранспорта и систем накопления энергии.
- Запуск новых предприятий – «эмиссаров» национальной экономики и энергетической политики на конкретных быстрорастущих зарубежных рынках накопителей.

Рис. 21. Ключевые аспекты успешного развития отрасли накопителей энергии в РФ



Источник: VYGON Consulting

СОЗДАНИЕ ВНУТРЕННЕГО РЫНКА

С учетом оценки потенциала применения электрохимических аккумуляторов в России в 2,6–6,4 ГВтч в год, две трети из которых приходится на сектор электротранспорта, он должен стать опорой для создания внутреннего рынка.

Решение о покупке личного электромобиля на сегодняшний день для рядового российского покупателя не только непривычно, но и чаще всего невыгодно (Рисунок 19).

Эффект масштаба производства электромобилей на глобальных рынках пока не реализован. Цены на них до настоящего момента формировались не по принципу «затраты +», а исходя из ограниченных объемов производства и субсидируемой части покупки. Уже в ближайшие два года на рынок выйдут более 30 новых моделей электромобилей, что создаст конкурентное давление на цены и поставит вопрос выбора между ДВС и EV более остро. В России, при отсутствии специальной отечественной программы поддержки электромобилей, пользователь будет выбирать из импортных машин.

Несмотря на малый в ближайшей перспективе размер внутреннего рынка, его необходимо использовать как преимущество при развитии сектора накопителей в России, обеспечив разумные и управляемые темпы роста отрасли:

1. Стимулировать запуск современных производств по выпуску аккумуляторных батарей в России и обеспечить присутствие на этом рынке отечественного автопрома, для чего:
 - разработать и внедрить национальную программу перевода общественного электротранспорта на технологии без выбросов CO₂;
 - разработать и внедрить систему стимулирования продаж электромобилей напрямую физическим лицам (субсидия, налоговый вычет) с высокой степенью использования локализованных технологий (100% для ключевых компонентов – батареи, инверторов, привода, BMS, климатической системы);
 - плавающая ставка субсидии должна обеспечивать равную привлекательность решения о покупке электромобиля по сравнению с ДВС в массовых сегментах автомобилей.
2. Произвести комплексную ревизию внешнеторговой политики в отношении сектора электрохимических накопителей, рассмотрев в том числе такие шаги, как:
 - введение/увеличение размера ставок импортных пошлин на продукцию с высокой добавленной стоимостью (электромобили и аккумуляторные батареи)¹⁷;

17

Существующие и обсуждаемые меры, напротив, направлены на свободный доступ зарубежных электромобилей на внутренний рынок. Например, в рамках ЕАЭС рассматривается обнуление импортной пошлины на электромобили.

- снижение или обнуление импортных пошлин на все прекурсоры и сырье для производства аккумуляторов;
 - актуализация системы экспортных пошлин на сырье низких переделов для аккумуляторных батарей (никель, кобальт, литий, графит, ванадий) и электромобилей (редкоземельные магнитные металлы).
3. Разработать и реализовать программу снятия барьеров для использования накопителей в секторе электроэнергетики, прежде всего, в сценариях с близкой перспективой окупаемости, как в российских условиях, так и за рубежом:
- оптимизация пиков потребления на розничном рынке;
 - снижение нагрузки на сетевую инфраструктуру;
 - интеграция ВИЭ в энергосистемах.

Важно учитывать, что оптимальными с точки зрения технико-экономических показателей решениями хранения электрической энергии промышленного масштаба в ближайшей перспективе могут оказаться не Li-ion аккумуляторы, а проточные системы (на основе ванадиевого электролита) и накопители на основе запаса сжатого воздуха. По этой причине поддержка не должна ограничиваться одним или двумя типами систем, а в основе решений о запуске индустрии накопителей должен быть научно-технологический отбор, вплоть до соревнований предприятий и команд в лучших традициях конструкторских бюро оборонно-промышленного комплекса.

ВНЕШНЕТОРГОВАЯ ЭКСПАНСИЯ

Российский рынок легковых автомобилей составляет лишь 2% мирового, а доля выработки возобновляемой энергетики только к 2025 году приблизится к 1%, по этой причине потенциал использования электрохимических накопителей внутри страны серьезно ограничен, что затрудняет создание конкурентоспособного сектора.

Снять ограничения возможно за счет разработки и реализации комплекса системных решений национального уровня, включающих:

1. Реализацию преимуществ обеспеченности запасами сырьевых ресурсов и мощностями по их добыче, необходимых для производства аккумуляторов, за счет:
 - участия в акционерном капитале международных проектов производства электромобилей и накопителей в энергетике;
 - запуска высокотехнологичных производств в иных сегментах цепочки добавленной стоимости продукции, ориентированных на конкретные субсидируемые рынки.
2. Проработку оптимальных вариантов и запуск национальных проектов глубокой локализации производств по выпуску накопителей и электромобилей на растущих зарубежных рынках: в государствах Азии, Ближнего Востока, Южной Америки и, возможно, Африки.

В зависимости от условий достижения договоренности с потенциальными партнерами – как публичными (государствами), так и частными (технологическими) – такие проекты могут реализовываться консорциумами российских участников, в том числе с привлечением государственного финансирования.

Учитывая критическую необходимость роста финансирования широкого спектра НИОКР технологических решений накопителей энергии, важным инструментом должно стать корпоративное венчурное финансирование на базе лидеров отечественного топливно-энергетического, машиностроительного и металлургического комплексов.

Многие российские компании в этих секторах являются предприятиями с государственным участием, значительное число из них входит в списки крупнейших компаний мира в своих отраслях. Пожалуй, только в их силах сейчас запустить проактивный процесс догоняющего и опережающего развития в сфере накопителей, взяв на себя важнейшую роль национального технологического лидера энергетики будущего.

Все материалы, представленные в настоящем документе, носят исключительно информационный характер, являются исключительно частным суждением авторов и не могут рассматриваться как призыв или рекомендация к совершению каких-либо действий.

ООО «ВЫГОН Консалтинг» и его сотрудники не несут ответственности за использование информации, содержащейся в настоящем документе, за прямой или косвенный ущерб, наступивший вследствие использования данной информации, а также за достоверность информации, полученной из внешних источников.

Любое использование материалов документа допускается только со ссылкой на источник – ООО «ВЫГОН Консалтинг».

VYGON Consulting

123610, Россия, Москва, Краснопресненская наб., 12, 3-й подъезд, офис 1608-1610

тел.: +7 495 543 76 43

e-mail: info@vygon.consulting

web: <http://vygon.consulting>

