АРВЭ
АССОЦИАЦИЯ РАЗВИТИЯ
ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

ЭНЕРГОПЕРЕХОД: СТОРОНА СПРОСА



СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

ТЕНДЕНЦИИ В ПОТРЕБЛЕНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ 7

ДРАЙВЕРЫ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ 10
Прогноз роста электропотребления ЦОД 10
Прогноз роста электропотребления электротранспортом 15

ВОЗРАСТАЮЩАЯ РОЛЬ ТЕХНОЛОГИЙ ЭНЕРГОПЕРЕХОДА В УСЛОВИЯХ УСКОРЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ 21
Технологии энергоперехода на стороне энергосистемы 23
Технологии энергоперехода на стороне потребителя 34

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 41

ВВЕДЕНИЕ

В структуре глобального потребления энергии происходят значимые изменения на фоне роста спроса на первичные энергоресурсы. К основным драйверам текущего этапа глобальной электрификации относятся цифровизация и электротранспорт. Их доля в совокупном мировом электропотреблении уже превышает 3%.

В таких условиях первостепенная задача — обеспечить способность энергосистем быстро реагировать на взрывной рост электропотребления. На первый план выходят решения, реализация которых может осуществляться быстро. Это ВИЭ-генерация, накопители энергии и механизмы управления спросом на электрическую энергию (Demand Response).

Парадоксально, но бурное развитие указанных сегментов спроса поспособствовало повышению доступности «быстрых» решений.

Так, центры обработки данных (ЦОД, дата-центры), количество которых растет с каждым годом, способны эффективно регулировать свое потребление, подстраиваясь под нужды энергосистемы. Развитие электротранспорта в свою очередь привело к широкому применению электрохимических батарей за счет их удешевления.

Указанные тренды характерны и для нашей страны. В данном обзоре проанализированы эти тенденции и возможности для их применения в Единой энергетической системе России.

В условиях динамичного развития новых цифровых технологий потенциал использования ресурса гибкости для энергосистемы на стороне потребителя растет. Минэнерго России стремится идти в ногу со временем, внедрена целевая модель управления спросом, готовится нормативная правовая база по применению систем накопления электрической энергии, в рамках исполнения дорожной карты НТИ «Энерджинет» реализуются мероприятия по развитию новых сегментов и выводу на рынок новых инновационных продуктов. С учетом масштаба стоящих перед отраслью задач, определенных Генеральной схемой размещения объектов электроэнергетики, наша цель как регулятора предпринять все необходимые меры для того, чтобы полноценно задействовать имеющиеся ресурсы, в том числе на стороне потребителя, и вывести отрасль на новый технологический уровень при сохранении необходимого уровня надежности и обеспеченности энергоресурсами.



Заместитель Министра энергетики Российской Федерации

ПЁТР КОНЮШЕНКО

ЭКСПЕРТЫ

ПЁТР КОНЮШЕНКО



Заместитель Министра энергетики Российской Федерации

ГЕННАДИЙ МАГАЗИНОВ



Заместитель руководителя ФАС России

ФЕДОР ОПАДЧИЙ



Председатель Правления АО «Системный оператор ЕЭС»

АЛЕКСЕЙ ЖИХАРЕВ



Директор Ассоциации развития возобновляемой энергетики

ОЛЕГ БАРКИН



Член Правления Ассоциации «НП Совет рынка»

АЛЕКСЕЙ ПАРШИКОВ



Заместитель председателя Правления по работе с партнерами Фонда «Сколково»

ИГОРЬ РУНЕЦ



Генеральный директор ООО «Битривер Рус»

АЛЕКСАНДР КАМАШЕВ



Генеральный директор ООО «ИНЭСИС»

АЛЕКСЕЙ КАШИН



Генеральный директор АО «ГК Инэнерджи»

АЛЕКСАНДР КИЯНИЦА



Генеральный директор ООО «Вольтс Групп»

ВЛАДИМИР МАТЮК



Руководитель направления «Энергетика» департамента «Инфраструктура Дата – Центров Яндекс» МКПАО «Яндекс»

АЛЕКСАНДР МАСЛОВ



Директор департамента продаж РФ и СНГ ООО «Юнигрин Энерджи»

* 速 **(sù)** – скорость, быстрое развитие.

速

ТЕНДЕНЦИИ В ПОТРЕБЛЕНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

По данным отчета Международного энергетического агентства (МЭА) World Energy Outlook 2025[1] за последние 15 лет глобальное потребление первичной энергии[2] росло гораздо медленнее, чем конечное потребление электрической энергии: CAGR составляет 1,3% против 2,9%. Согласно базовому сценарию, доля электрической энергии в конечном потреблении энергии к 2050 г. увеличится на **70%** относительно уровня 2010 г. **(Рис. 1).**

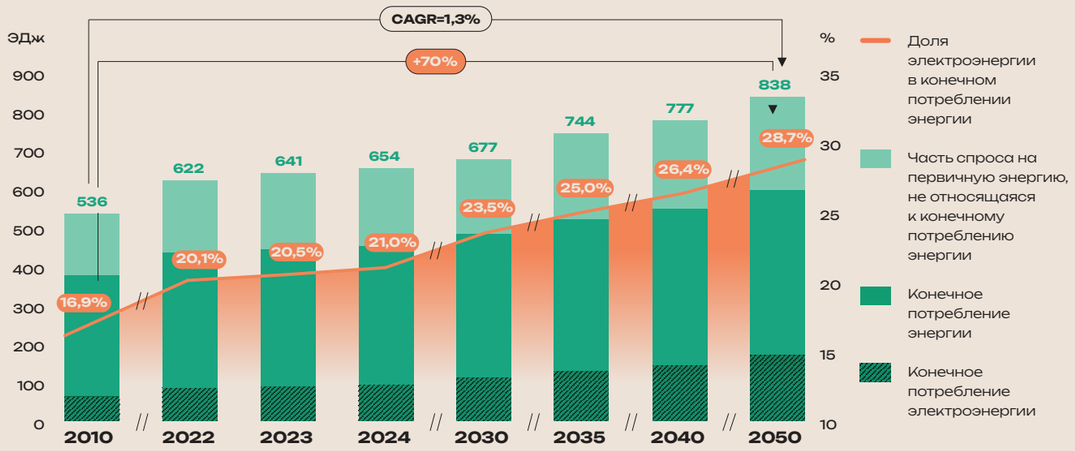
Только за 2024 г. потребление электроэнергии выросло на 4,4% **(до 95 ЭДж)[3].** В период с 2025-го по 2050 г. этот показатель увеличится на 81% или на **77 ЭДж[4].**

Спрос на электрическую энергию растет во всех основных сегментах экономики. **(Рис. 2).** В абсолютных значениях основной объем прироста за период с 2010-го по 2024 г. приходится на здания и промышленность **(+15 Эдж в каждом).** При этом величина спроса со стороны транспортного сектора практически удвоилась **(+1 ЭДж),** обеспечив наибольший относительный прирост.

В МИРЕ

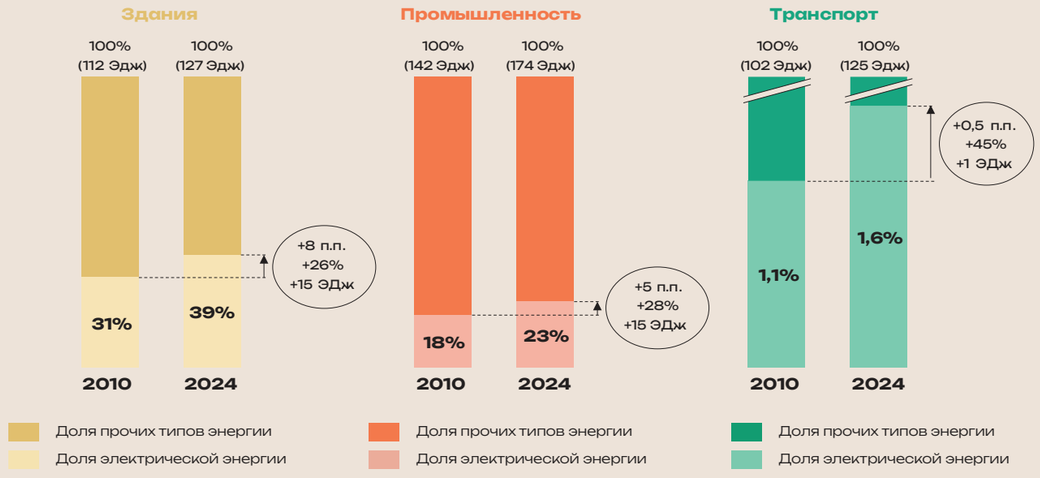
1. IEA (2025). World Energy Outlook 2025.
2. С учетом КПД, потерь и собственных нужд энергетических объектов.
3. Производство электроэнергии при этом выросло на 4,2% —до 31 153 ТВт·ч (превышает потребление на ~20%).
4. 1 ЭДж равен 10^18 Дж, что соответствует 277,78 ТВт·ч

Рис. 1. | Доля электроэнергии в конечном потреблении энергии в мире



Источник: World Energy Outlook 2025 (МЭА)

Рис. 2. | Динамика изменения структуры конечного потребления энергии в период 2010-2024 гг.



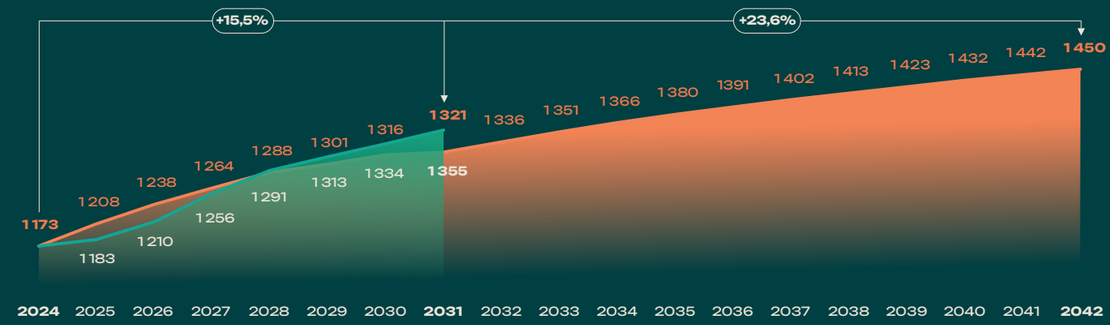
Источник: World Energy Outlook 2025 (МЭА)

В России

Описанная выше тенденция характерна и для России: по итогам 2024 г. электропотребление в России выросло на 3,1%, достигнув 1156,4 ТВт•ч. До 2031 г. в соответствии со Схемой и программой развития электроэнергетики (СиПР) ожидается увеличение потребления электрической энергии почти на 16% (+182 ТВт•ч). В период с 2031-го по 2042 г., согласно Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики (Генсхеме), потребность в электроэнергии дополнительно вырастет почти на 10%, или на 129 ТВт•ч **(Рис. 3).**

Рис. 3. | Прогноз потребления электрической энергии энергосистемой России

В течение следующих 15 лет электропотребление в России вырастет почти на четверть.
Более 50% прироста придется на ближайшую пятилетку



Источник: АО «СО ЕЭС»

* 加 **(jiā)** – добавлять, усиливать.

加

ДРАЙВЕРЫ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

Наряду с такими способствующими электрификации факторами, как модернизация и автоматизация производств, повышение доступности электроэнергии в развивающихся странах, урбанизация и рост бытового потребления, можно выделить и относительно новые направления. С 2010 г. все более заметную роль на энергорынке играют центры обработки данных и электротранспорт.

По итогам 2024 г. указанные сегменты спроса в совокупности сформировали 11,9% годового прироста потребления (6,7% — вклад дата-центров, 5,2% — электротранспорта). МЭА прогнозирует, что к 2030 г. вклад рассматриваемых секторов в совокупный объем мирового электропотребления может достичь **8,5%.**

Прогноз роста электропотребления дата-центров

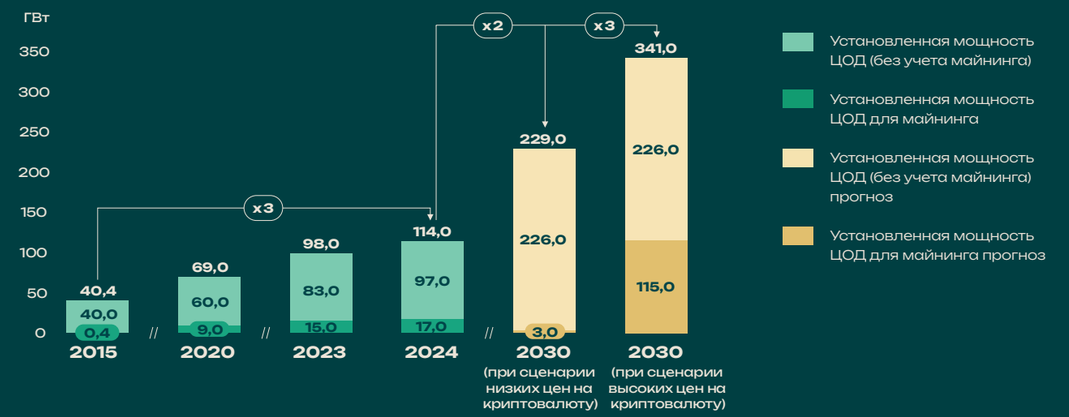
В МИРЕ

За предшествующее десятилетие в мире практически **утроилась** совокупная мощность дата-центров **(Рис. 4).**

По результатам 2024 г. доля дата-центров в мировом потреблении электрической энергии достигла **2,3%** (0,6% — вклад майнинга, 1,7% — вклад прочих ЦОД) **(Рис. 5).**

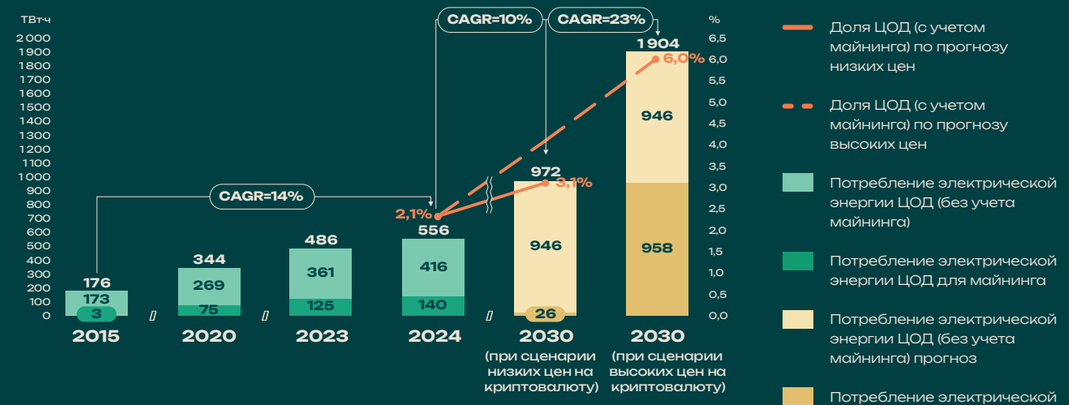
В следующие 5 лет ожидается увеличение этого показателя еще на 100 – 200%. К 2030 г. совокупная доля ЦОД в мировом энергопотреблении может составить от **3,1 до 6%.**

Рис. 4. | Рост установленной мощности ЦОД в мире



Источник: МЭА, расчеты АРВЭ.

Рис. 5. | Динамика потребления электроэнергии ЦОД в мире



Источник: МЭА, АРВЭ.

В РОССИИ

Всего по оценкам АРВЭ на текущий момент в ЕЭС России функционирует **не менее 3,7 ГВт** ЦОД разных типов, бурный рост строительства которых начался 10 лет назад.

Бурное развитие было связано прежде всего с эффективностью майнинга криптовалют на фоне относительно низких по мировым меркам цен на электрическую энергию. По данным Ассоциации промышленного майнинга, совокупная мощность дата-центров, специализирующихся на добыче криптовалют, составляет порядка 2,5 ГВт, а в отдельных регионах это значение еще больше, что делает майнинг важной составляющей электропотребления страны (1,7%).

До 2030 г. запланировано к вводу еще 7,5 ГВт ЦОД, преимущественно предназначенных для майнинга криптовалют **(Рис. 6).** При этом такие дата-центры, технологически могут быть адаптированы и для нужд ИИ.

Рис. 6. | Распределение по ОЭС совокупной мощности ЦОД, введенных в эксплуатацию и запланированных к вводу, ГВт



Фактическая установленная мощность ЦОД на конец 2024 года

Плановая установленная мощность ЦОД к 2031 г., спрогнозированная согласно поданным заявкам на ТП

Источник: World Energy Outlook 2025 (МЭА)

> Для того чтобы не остаться в стороне от прогресса в части информационных технологий и оставаться среди лидеров в отрасли, России необходимо развивать инфраструктуру центров обработки данных, причем как в области майнинга, так и, учитывая бурные темпы развития искусственного интеллекта, ЦОДов для поддержи AI. С учетом того что мы видим реальный интерес конкретных ИТ-компаний в размещении вычислительного оборудования для ИИ в наших новых дата-центрах, мы прогнозируем более чем 5-кратный рост этого сектора в ближайшие несколько лет.



Генеральный директор
ООО «Битривер Рус»

ИГОРЬ РУНЕЦ

Появление искусственного интеллекта изменило структуру вычислительных мощностей. На сегодняшний день у крупных игроков рынка ИИ-услуг большую часть вычислений делают на GPU. Такие решения отличаются значительно большим энергопотреблением по сравнению с «классическими» CPU-серверами. Возрастающая потребность в более совершенных языковых моделях приводит к взрывному росту потребности введения новых дата-центров.

В течение 5–6 лет мощности наших дата-центров перешагнут планку в 1 ГВт. В настоящий момент мы ведем строительство двух новых дата-центров мощностью более 100 МВт каждый.



Руководитель направления «Энергетика» департамента «Инфраструктура Дата – Центров Яндекс» МКПАО «Яндекс»

ВЛАДИМИР МАТЮК

На текущий момент совокупная мощность дата-центров, обеспечивающих вычисления для нужд ИИ, составляет менее 0,1 ГВт, и, согласно прогнозу Ассоциации участников отрасли ЦОД, к 2035 г. она вырастет до 3 ГВт. При этом мощность всех типов ЦОД, не связанных с добычей криптовалют, за следующие 10 лет увеличится с 1,2 до 8 ГВт.

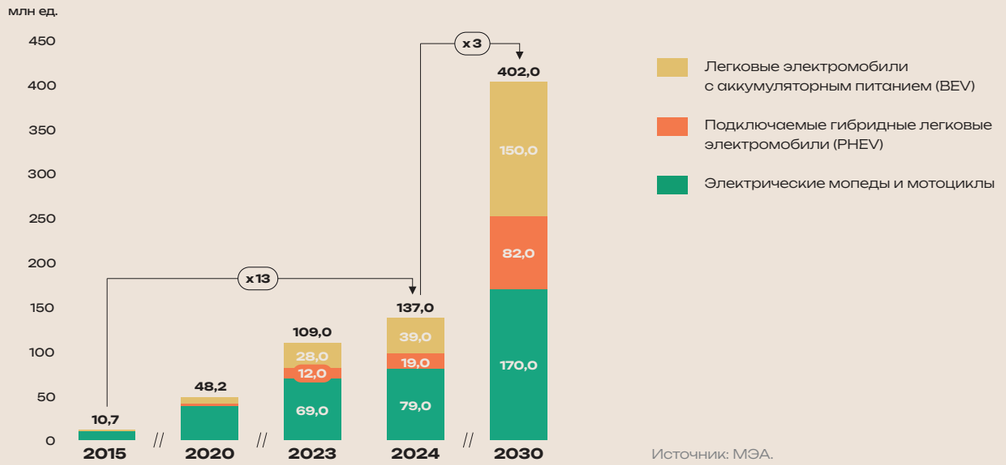
До 2035 г. совокупный объем мощности дата-центров составит **не менее 18 ГВт,** а их доля в общем энергопотреблении — **10%.**

Прогноз роста электропотребления электротранспортом

В МИРЕ

Доля электромобилей в структуре продаж новых автомобилей в 2024 г. достигла 20%[5], а их общее количество превысило 61 млн единиц. По данным МЭА, к концу 2030 г. это число увеличится почти в пять раз и составит 250 млн. Более чем в два раза расширится парк электрических мопедов и мотоциклов — с 79 млн до 170 млн единиц **(Рис. 7).**

Рис. 7. | Динамика парка электромобилей различного типа в мире



Источник: МЭА.

5. Соответствующий прогноз МЭА, который приводился в 2023 г. в информационном бюллетене АРВЭ, реализовался с опережением в 1 год.

В связи с такой тенденцией появляется потребность и в более мощных тяговых батареях (за последние 10 лет CAGR составил 26%). В среднем их нагрузка на энергосистему формируется исходя из 0,16 полных циклов заряда в сутки **(Табл. 1).**

Совокупная ёмкость тяговых батарей согласно прогнозам МЭА вырастет с 3220 до 12873 ГВт·ч к 2030 г. **(Рис. 8).** Образно говоря, если одновременно подключить все батареи к электросети, это будет соответствовать почти 70% мощности всех электростанций мира.

Таблица 1. | Оценка средней ёмкости тяговых батарей электротранспорта[6]

Тип	Оценка средней ёмкости АКБ, кВт·ч	Оценка среднего числа полных циклов в сутки
Легковые электромобили	46	0,11
Электрические минивэны	54	0,24
Электробусы	204	0,43
Электрогрузовики	175	0,88
Электрические мопеды и мотоциклы	3	0,19

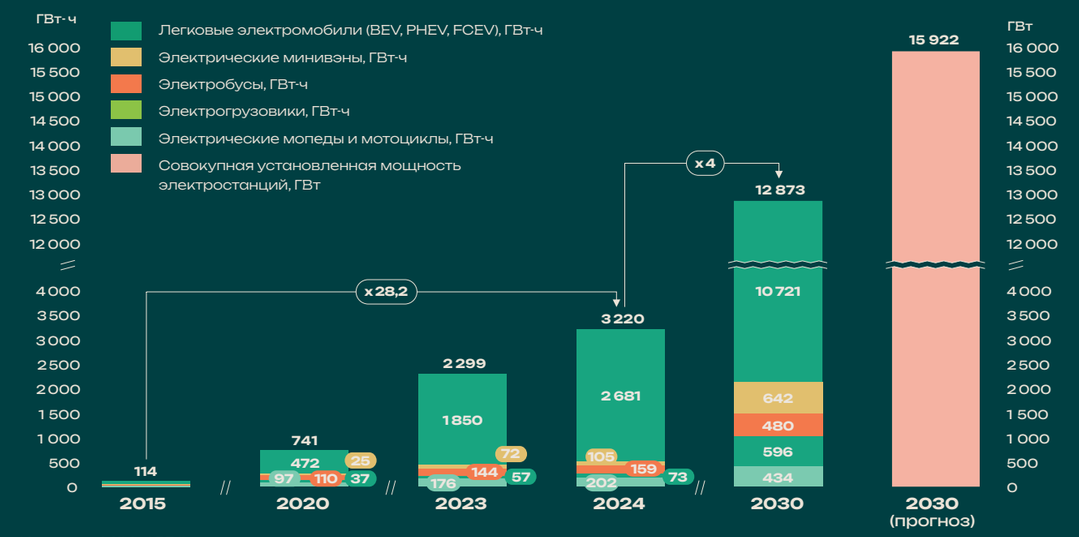
Источник: МЭА, АРВЭ.

Спрос на электрическую энергию со стороны глобального сектора электротранспорта рос в среднем на 21% в год в период 2015–2024 гг. и по итогам 2024 г. достиг порядка 0,7% мирового потребления электроэнергии.

Согласно базовому прогнозу МЭА, тенденция сохранится, к 2030 г. потребление электрической энергии электромобилями увеличится еще в 4 раза — до 780 ТВт·ч[7]. Среднегодовой темп роста увеличится до 28%, а доля электромобилей в мировом электропотреблении составит 2,5% **(Рис. 9).**

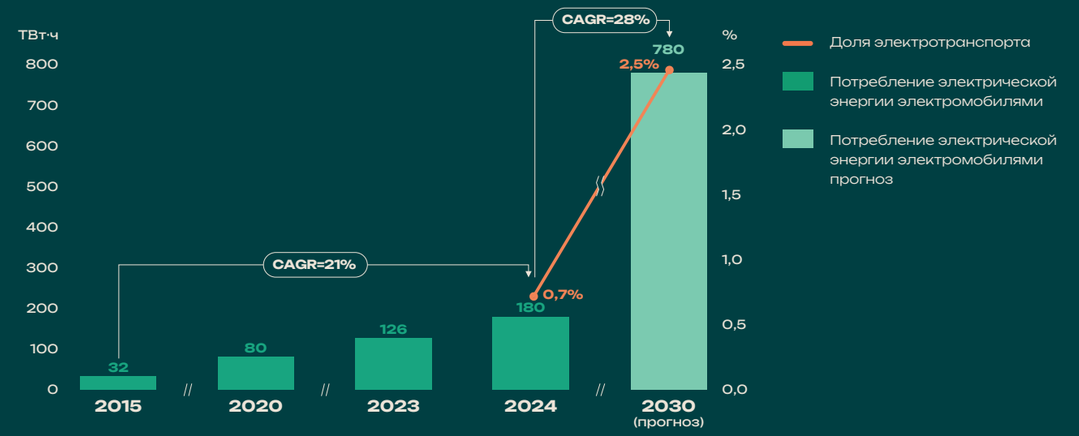
6. Без учета легкого электротранспорта с мощностью мотора до 1 кВт, железнодорожного транспорта и авиатранспорта.
7. IEA (2025). Global EV Outlook 2025.

Рис. 8. | Динамика роста совокупной емкости тяговых батарей в электротранспорте в мире



Источник: МЭА, АРВЭ.

Рис. 9. | Динамика роста потребления электрической энергии электротранспортом в мире



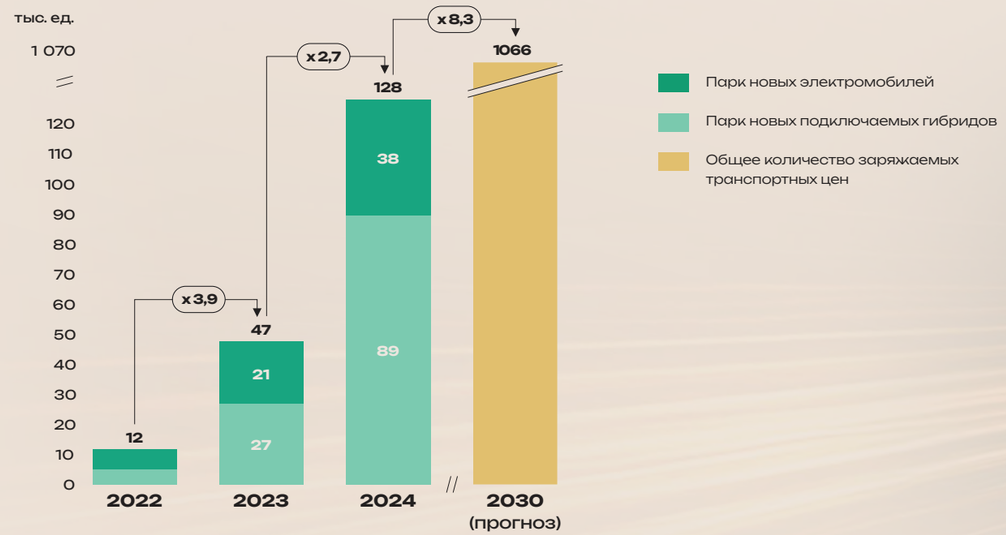
Источник: АРВЭ.

В РОССИИ

В России темпы электрификации транспорта хоть и значительно отстают от стран-лидеров, намечается ускорение динамики. Только за 2024 г. парк новых электромобилей и подключаемых гибридов практически утроился **(Рис. 10).**

По состоянию на октябрь 2025 г., согласно данным Аналитического агентства «Автостат», в России насчитывается порядка 6,5 тыс. точек публичных электрозарядных станций (ЭЗС)[8], их число на единицу электротранспорта превысило мировые показатели и продолжает увеличиваться. Появляются первые стартапы, которые занимаются развитием технологий V2G[9]. С учетом растущей мощности ЭЗС применение этой технологии позволит трансформировать совокупную емкость аккумуляторных батарей электромобилей, подключенных к сети, в выдаваемую мощность в качестве альтернативы пиковой генерации.

Рис. 10. | Парк новых электромобилей и подключаемых гибридов в России



Источник: АРВЭ, Аналитическое агентство «Автостат», Sitronics Electro

8. Мониторинг электрозарядных станций в РФ Аналитического агентства «Автостат» (2025).
9. Vehicle-to-grid (V2G) — технология двустороннего использования тяговой батареи электротранспорта, позволяющая обеспечить выдачу электроэнергии в общую электрическую сеть в ответ на централизованный сигнал.

Идея превратить сеть ЭЗС в виртуальную электростанцию — безусловно, тренд. Технологии V2G и smart charging открывают прямой путь на самые технологичные рынки: системных услуг, где важна мгновенная реакция для балансировки энергосистемы, и рынок мощности.

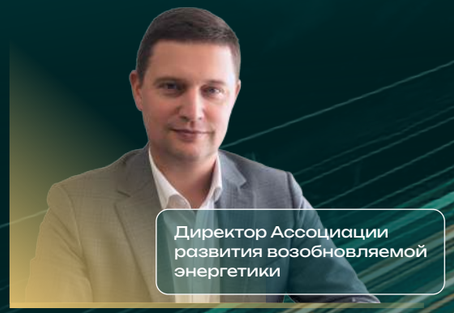
Горизонт перспективного планирования развития электроэнергетики, предусмотренный Генсхемой, — 2042 год. На этом горизонте появление критической массы V2G-совместимых авто неизбежно, и ключевой вопрос в том, насколько нормативная база и инфраструктура будут готовы к ее эффективной интеграции. В этой связи адаптацию правил энергорынка (в частности, доработку механизма Demand Response) и разработку системы стимулов для развития сети ЭЗС на основе наилучших доступных технологий (в т.ч. предусматривающих наличие функционала smart charging и V2G) целесообразно начинать уже сейчас.



Заместитель председателя Правления по работе с партнерами Фонда «Сколково»

АЛЕКСЕЙ ПАРШИКОВ

> Важным сигналом об ускорении энергоперехода и открытии новых перспектив для увеличения доли ВИЭ-генерации в энергосистемах стран мира является масштабная электрификация транспорта. Достигнутый за счет быстрорастущего спроса, формируемого транспортным сектором, эффект масштаба открыл новые перспективы для широкого применения СНЭ в электроэнергетике, которое становится эффективным для решения широкого спектра задач: резервирование, балансирование выработки ВИЭ-генерации, компенсация пиковых нагрузок, системные услуги.



Директор Ассоциации развития возобновляемой энергетики

АЛЕКСЕЙ ЖИХАРЕВ

* 能 **(néng)** – энергия, способность.

能

ВОЗРАСТАЮЩАЯ РОЛЬ ТЕХНОЛОГИЙ ЭНЕРГОПЕРЕХОДА В УСЛОВИЯХ УСКОРЕНИЯ ТЕМПОВ РОСТА СПРОСА НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ

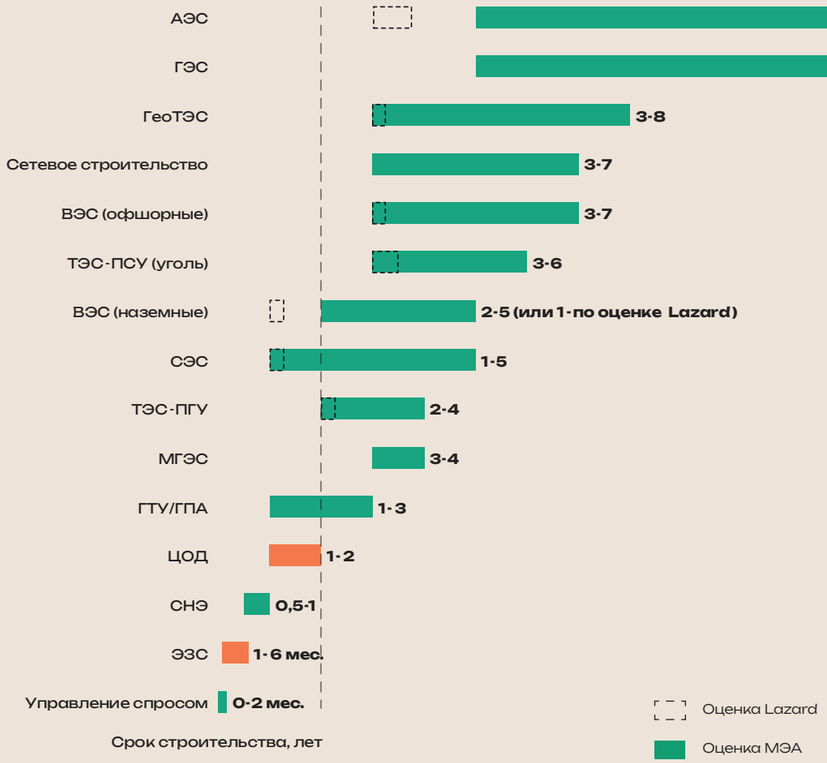
Быстрый рост потребления в секторах электротранспорта и центров обработки данных может вызвать локальные дефициты электрической энергии. Поэтому системные операторы все большее внимание уделяют «быстрым» решениям: интеграции ВИЭ, СНЭ и механизмов управления спросом на электрическую энергию (DR) **(Рис. 11).**

Решения на основе использования технологий энергоперехода стали дешевле любых других, что также стало фактором приори-

тизации выбора солнечной и ветровой энергетики, а также систем накопления энергии в качестве предпочтительных средств компенсации локальных дефицитов электроэнергии и мощности.

Трудности, связанные с финансированием масштабных энергетических проектов, ограничения в доступности генерирующего оборудования и высокие ставки кредитования только усиливают популярность «быстрых» решений.

Рис. 11. | Сравнение сроков строительства основных инструментов реагирования на локальные дефициты электрической энергии и мощности

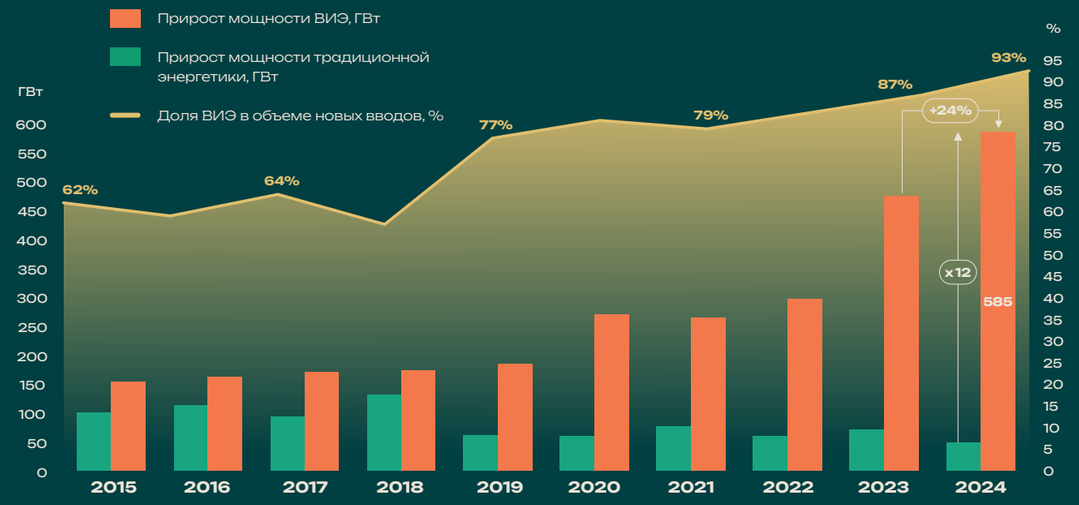


Источник: Lazard, МЭА, АРВЭ.

Технологии энергоперехода на стороне энергосистемы

Согласно оценкам МЭА, новые мощности возобновляемой энергетики более чем на 50% обеспечивают прирост спроса на электрическую энергию со стороны центров обработки данных. Во многом это объясняется небольшими сроками строительства таких объектов **(Рис. 12).**

Рис. 12. | Динамика ежегодных глобальных объемов прироста мощности



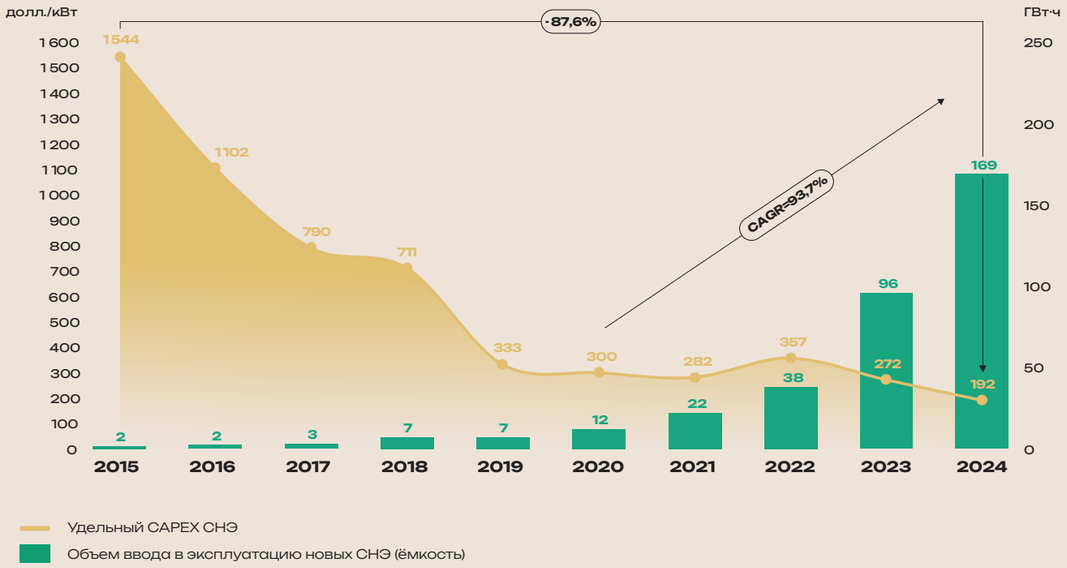
Источник: IRENA.

Стремительное распространение электротранспорта поспособствовало расширению производства литий-ионных батарей (ключевого и наиболее дорогого компонента электромобиля). Это в свою очередь сделало применение электрохимических накопителей в электроэнергетике экономически эффективным и для сетевых, и для частных потребителей энергии в рамках механизмов DR.

С 2015 г. удельный CAPEX (на 1 кВт•ч емкости) СНЭ снизился почти на 90%[10], что с учетом скорости их возведения (менее 1 года) позволяет быстро и качественно обеспечивать потребителей необходимыми мощностями. Это подтверждают и среднегодовые показатели роста вводов СНЭ (почти 94%) за период с 2020 г. **(Рис. 13).**

10. По данным Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA).

Рис. 13. | Совокупная емкость вводимых СНЭ на фоне снижения удельного CAPEX



Источник: IRENA.

Совокупный мировой объем СНЭ большой мощности, интегрированных в энергосистемы в качестве генерирующих объектов по итогам 2024 г., превысил **110 ГВт** **(Рис. 14).** Помимо этого, еще **11 ГВт** применяется для поддержания частоты и напряжения в электрических сетях в пиковые часы, а в границах балансовой принадлежности населения и коммерческих предприятий размещены СНЭ мощностью еще порядка **29 ГВт.** Темпы роста этого сегмента за рассматриваемый период составили **45%.**

Таким образом, совокупный объем электрохимических СНЭ большой мощности, применяемых в энергетике, превышает **150 ГВт.**

Из сказанного можно сделать вывод, что ключевым драйвером спроса на технологии энергоперехода является экономика, а не политика в области экологии и климата.

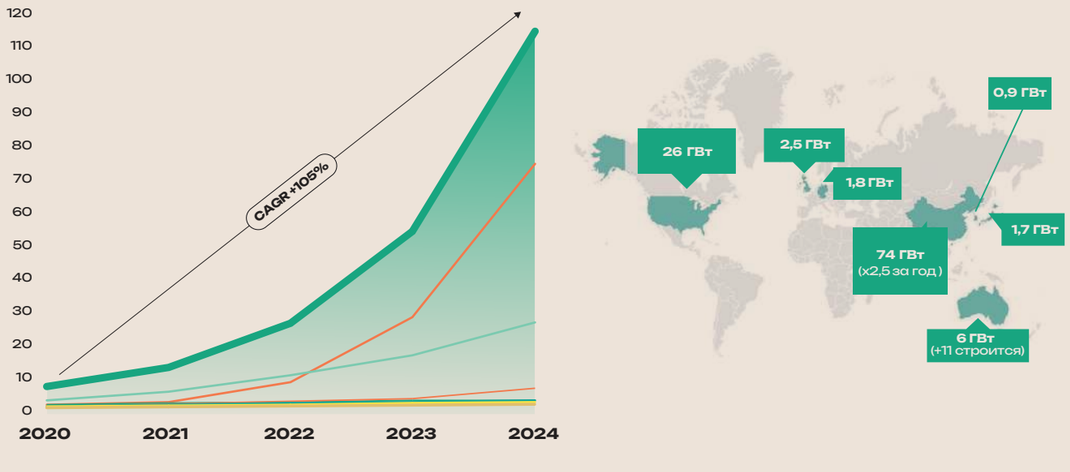
Методология формирования Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики предусматривает, что при формировании рациональной перспективной структуры генерирующих мощностей могут быть учтены все виды источников генерации и регулирования нагрузки в энергосистеме. И вопрос возможности использования новых технологий, таких как электрохимические накопители, становится все более значимым. При очередном внесении изменений в Генсхему для корректного отражения возможностей использования такого рода накопителей необходимо учитывать актуальные параметры их функционирования в энергосистеме, которые мы надеемся уточнить в ближайшее время на основе реализуемого пилотного внедрения, решение по которому уже принято Правительством. Возможным решением также станет совместное размещение объектов ВИЭ и систем накопления энергии в случае, если совокупные технологические и экономические параметры таких проектов позволят им конкурировать со строительством традиционной генерации для решения вопросов покрытия части перспективного спроса на электроэнергию и мощность.



Председатель Правления АО «Системный оператор ЕЭС»

ФЕДОР ОПАДЧИЙ

Рис. 14. | Динамика совокупного объема мощности сетевых СНЭ в мире



Источник: IRENA.

Как и во всем мире, основной спрос на электрохимические СНЭ в России пока формируют только производители электротранспорта.

Правительством РФ реализуется программа локализации производства автомобилей, в частности компонентов для электромобилей.

Согласно дорожной карте по развитию высокотехнологичного направления «Системы накопления электроэнергии» на период до 2030 г., подписанной Правительством РФ, ГК «Росатом» и АО «ГК Инэнерджи» планируется освоение и локализация производства широкой линейки тяговых батарей, в том числе литий-ионных и натрий-ионных[11]. В 2026 г. запланированы вводы в эксплуатацию двух гигафабрик ООО «РЭНЕРА» (дочерняя компания ГК «Росатом») в Калининградской области и г. Москве суммарной мощностью **8 ГВт·ч в год.** Также строятся еще две гигафабрики в Подмосковье: АО «ГК Инэнерджи» и ООО «ИНЭСИС».

11. Литий-ионные батареи все еще широко применяются в электротранспорте и энергетике. Технология их изготовления отработанная и коммерчески выгодная. Вместе с тем в мире очень быстро развиваются альтернативные решения, в том числе на основе натрий-ионных батарей. Они дешевле, безопаснее и эффективны при низких температурах. Однако проигрывают литий-ионным батареям по таким показателям, как энергетическая плотность и КПД.

ИНЭСИС в настоящее время строит гигафабрику по производству литий-ионных ячеек мощностью 4 ГВт·ч в год в Троицком городском округе г. Москвы. До половины мощности может быть задействовано под ячейки на химии «литий-железо-фосфат», широко применяемые для СНЭ в энергетике, ключевым продуктом будет призматическая ячейка мощностью 314 А·ч. Также мы приняли решение о запуске проекта по созданию полного локализованного цикла производства СНЭ для энергетики мощностью до 1 ГВт·ч в год. Это означает организацию автоматизированного производства модулей и батарейных блоков, а также сборку комплектных СНЭ. Важным элементом для такого продукта является разрабатываемая и внедряемая нами собственная российская система управления (EMS).

Основными сегментами, которые в ближайшее время будут активно развиваться на рынке, на наш взгляд, станут СНЭ для обеспечения сглаживания пиков потребления в энергосистеме, СНЭ для управления потреблением электроэнергии для промышленных предприятий, ИБП для объектов критической инфраструктуры и телекома.



АЛЕКСАНДР КАМАШЕВ

Генеральный директор ООО «ИНЭСИС»

> На текущем этапе становления отечественной отрасли СНЭ себестоимость российских решений объективно выше, чем у импортных аналогов. Это естественный эффект начальной фазы локализации и формирования технологической базы. Однако с вводом в эксплуатацию российских гигафабрик с глубокой локализацией, развитием цепочек поставок ключевых компонентов и ростом внутреннего спроса мы ожидаем быстрое снижение производственных издержек. Дополнительным фактором станет возможное применение механизмов регуляторной поддержки, направленных на первоначальное выравнивание условий конкуренции для формирующегося рынка. В совокупности эти процессы создают все предпосылки для достижения российскими СНЭ ценовой конкурентоспособности с зарубежными решениями уже в среднесрочной перспективе.



Генеральный директор
АО «ГК Инэнерджи»

АЛЕКСЕЙ КАШИН

Точный уровень цен, который смогут предложить отечественные производители после развертывания своих производств, пока не известен. Пока индикативные значения можно определить лишь на основе результатов проведенного обсуждения в рамках рабочей группы по реализации пилотного проекта по установке СНЭ в Объединенной энергосистеме (ОЭС) Юга. Озвученные потенциальными инвесторами и подрядчиками удельные значения капитальных вложений вполне укладываются в диапазон среднемировых значений.

Как было сказано выше, в мировой практике сетевые СНЭ используются в основном как альтернатива ГАЭС и пиковой генерации. Доля накопителей энергии, размещаемых «за счетчиком» и используемых для управления спросом на электрическую энергию, также существенна, но заметно ниже.

СНЭ уже стали эффективным инструментом быстрого покрытия локальных дефицитов мощности, которые прогнозируются на коротких горизонтах планирования. Спрос на такие решения может формироваться непосредственно при разработке СиПР для последующего проведения конкурентного отбора мощности новых генерирующих объектов (КОМ НГО), а также при выводе генерирующих объектов ТЭС из эксплуатации. В обоих случаях задача накопителя энергии — компенсировать дефицит мощности, возникающий в пиковые часы.

В 1-м полугодии 2025 г. в дополнение к комплексу мер по строительству новой генерации в ОЭС Юга АРВЭ была представлена концепция интеграции СНЭ в энергосистему России в качестве одного из решений компенсации дефицитов мощности. В основе данной инициативы — сочетание более низкой стоимости и быстрых сроков возведения объекта по сравнению со строительством ТЭС **(Рис. 12).**

По итогам обсуждения данной концепции Правительством РФ было принято решение о реализации пилотного проекта строительства СНЭ суммарным объемом мощности **350 МВт (6 ч).** Ответственным за его реализацию было назначено ПАО «Россети». Полученный опыт станет основой для расширения списка технических решений в рамках механизма КОМ НГО или внедрения в него принципа технологической нейтральности.

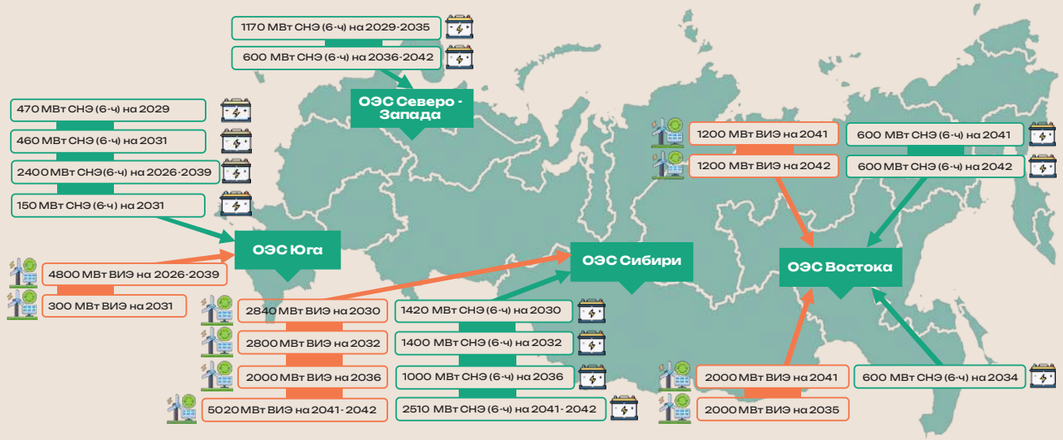
В Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2042 г. предусмотрены строительство дополнительно **3,5 ГВт** ГАЭС, а также вывод из эксплуатации до **35 ГВт** изношенных ТЭС (из них в соответствии с СиПР 2,7 ГВт уже до 2031 г.). Эти значения могут быть хорошим индикативом для прогнозирования спроса на электрохимические СНЭ с учетом их стремительного удешевления.

В октябре 2025 г. АРВЭ предложила включить в порядок разработки документов перспективного развития энергосистемы сценарий «Ускоренное технологическое развитие», предполагающий максимально оптимистичные предпосылки по технико-экономическим показателям инновационных технологий энергоперехода и вместе с тем использование актуальных предпосылок по стоимости и доступности оборудования для тепловой энергетики **(Рис. 15).**

Представленный АРВЭ сценарий содержит следующие ключевые предложения:

- включить СНЭ в состав генерирующих объектов, которые учитываются при определении рациональной структуры генерирующих мощностей в рамках Генсхемы;

Рис. 15. | Карта размещения дополнительных объемов мощности ВИЭ и СНЭ согласно сценарию ускоренного технологического развития



В рамках актуализации Генсхемы целесообразно рассмотреть сценарий включения дополнительных комплексных объектов ВИЭ и/или СНЭ на основе сравнения с ранее включенными в Генсхему объектами иных типов.

Источник: АРВЭ

- использовать актуальные значения показателей удельных капитальных эксплуатационных затрат и приведенной стоимости производства/хранения электрической энергии (LCOE/LCOS) при определении рациональной структуры генерирующих мощностей, подтверждаемые путем проведения технологически нейтральных отборов;
- формировать специальные территории с высоким экономическим потенциалом использования ВИЭ и СНЭ для поэтапного строительства объектов генерации большой мощности и опережающего строительства сетевой инфраструктуры (ВИЭ-хабы);
- включать ВИЭ-хабы в документы перспективного планирования развития энергосистем.

Указанные предложения были выработаны группой ведущих мировых экспертов в области возобновляемой энергетики, организованной Европейской экономической комиссией ООН и IRENA (Международное агентство по возобновляемым источникам энергии) в рамках проведения мероприятия «Откровенные разговоры о возобновляемой энер-

Учитывая технологическую универсальность систем накопления электрической энергии, их применение возможно и при оказании услуг по передаче электрической энергии, и при производстве электрической энергии, и при технологическом присоединении.

Для развития применения систем накопления электрической энергии в электроэнергетике необходимо создать условия, которые позволят любому субъекту электроэнергетики и потребителю электрической энергии использовать системы накопления электрической энергии в своей деятельности, в том числе регулируемой.

Использование систем накопления электрической энергии при осуществлении регулируемой деятельности должно быть прежде всего экономически обоснованным.



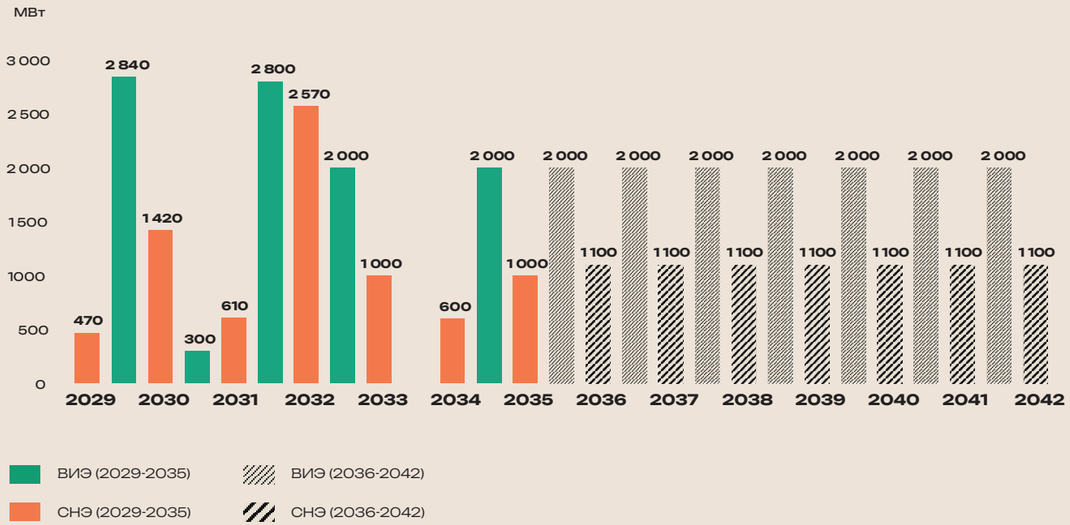
ГЕННАДИЙ МАГАЗИНОВ

гетике в России», итоги которого были подведены на полях Российской энергетической недели.

Реализация сценария «Ускоренное технологическое развитие» позволит до 2042 г. экономить на производстве электрической энергии от 1,5 трлн до 3,8 трлн рублей (в ценах 2024 г.) и сформировать устойчивый отраслевой заказ на максимально востребованное в мире инновационное оборудование технологий использования ВИЭ, а также СНЭ в объеме более **20 ГВт и 80 ГВт·ч** **(Рис. 16).**

Рис. 16. | График вводов дополнительного объема ВИЭ и СНЭ согласно сценарию ускоренного технологического развития

Среднегодовой дополнительный спрос на новые мощности в период составит;
- 1,4 ГВт для ВИЭ и 1,1 ГВт (6,6 ГВт·ч) для СНЭ в период 2029-2035 гг.
- 2 ГВт для ВИЭ и 1,1 ГВт (6,6 ГВт·ч) для СНЭ в период 2036-2042 гг.



Источник: АРВЭ

По данным МЭА прирост выработки электроэнергии за 2024 г. на **88%** обеспечен новыми объектами ВИЭ-генерации, что отражает их роль в обеспечении устойчивого развития мировой экономики. Этот тренд характерен и для России: за последние 5 лет ежегодные вводы генерирующего оборудования для АЭС и ТЭС не превышают **1 ГВт** (0,25 и 0,75 ГВт соответственно) **(Рис. 17).**

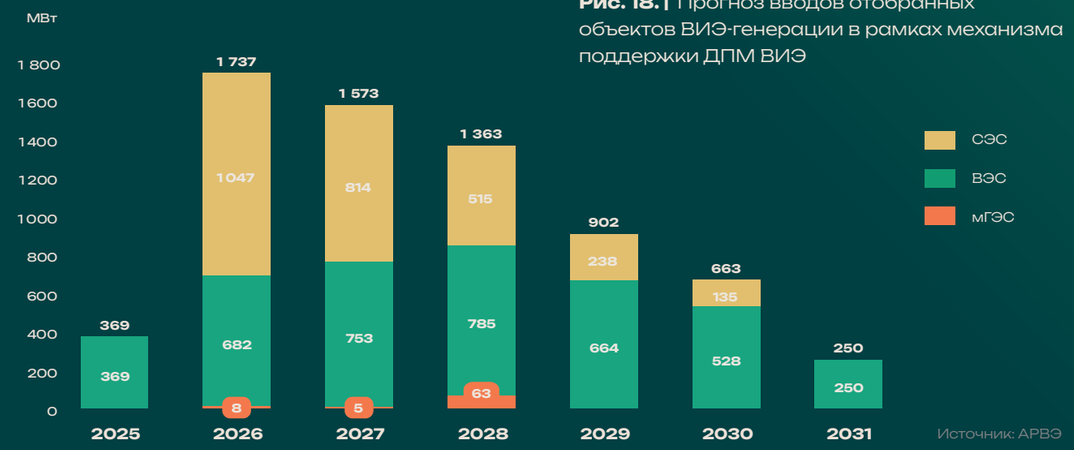
В 2026 г. объемы ввода объектов ВИЭ-генерации превысят **1,5 ГВт.** Таким образом, в условиях ускорения темпов роста спроса на электроэнергию в России технологии энергоперехода становятся важнейшей составляющей перспективного развития **(Рис. 18).**

Рис. 17. | График вводов нового генерирующего оборудования АЭС и ТЭС в ЕЭС России в период 2020–2024 гг.



Источник: АО «СО ЕЭС»

Рис. 18. | Прогноз вводов отобранных объектов ВИЭ-генерации в рамках механизма поддержки ДПМ ВИЭ



Источник: АРВЭ

Технологии энергоперехода на стороне потребителя

Стремительный рост энергопотребления электротранспортом и ЦОД формирует дополнительный ресурс гибкости в энергосистеме. Регулировать потребление электроэнергии можно через внедрение программ Demand Response или посредством агрегирования в виртуальные электростанции.

Основным экономическим стимулом для установки литий-ионных СНЭ на стороне потребителя в настоящее время в России является возможность оптимизации объема обязательств по оплате мощности посредством снижения объема потребления электроэнергии в час пикового потребления региона. Эта задача формирует в том числе существенные стимулы для повышения точности прогнозирования пикового часа в целях смещения потребления за его пределы. Это направление можно назвать индивидуальным DR.

Вместе с тем смещение потребления за границы часа пикового потребления не гарантирует снижение потребности энергосистемы в пиковой генерации в соответствующем энергорайоне. Для указанных задач лучше подходят долгосрочные «общесистемные» программы DR. Управление изменением режима потребления электрической энергии на оптовом энергорынке можно назвать наиболее значимой «общесистемной» программой DR с точки зрения вовлечения потребителей. Она активно развивается в России по инициативе системного оператора одновременно с трендом на строительство ЦОД, которые более чем на 90% сформировали предложение в данном сегменте в силу их высокой дисциплины выполнения команд на снижение нагрузки (ЦОД характеризуются относительно ровным графиком нагрузки, а технологический процесс майнинга криптовалют позволяет эффективно выполнять команды на снижение нагрузки).

Эта программа направлена на достижение ценовых эффектов[12] на оптовом энергорынке, прежде всего цен на рынке на сутки вперед (РСВ), а не на предупреждение рисков возникновения локальных дефицитов мощности. Кроме того, весь объем участия потребителей в этой программе сосредоточен в рамках краткосрочных отборов (на 1 квартал вперед).

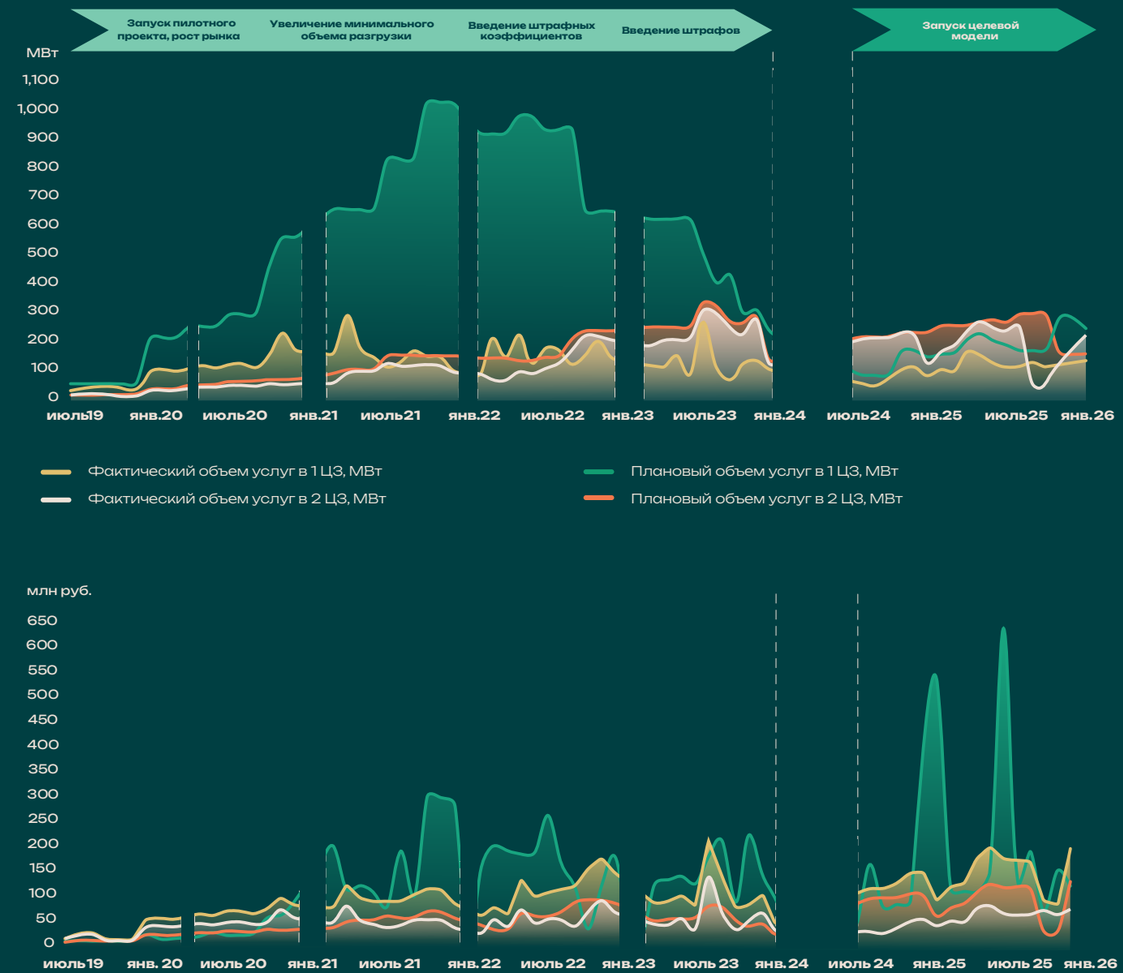
С 2019 г. рынок преодолел значительный путь в своем развитии, правила его функционирования постоянно совершенствовались, вплоть до запуска целевой модели в 2024 г. Хронология развития рынка представлена на графике **(Рис. 19).**

Благодаря конкурентному ценообразованию услуги стоили значительно меньше предельного значения средневзвешенной нерегулируемой цены мощности и в 2025 г. сохраняются на уровне около **0,5 млн руб/МВт** в месяц, что позволяет обеспечивать положительный стоимостной эффект для всех потребителей энергосистемы **(Рис. 20).**

С 2024 г. была запущена целевая модель рынка DR, которая предусматривает ежегодное проведение долгосрочных отборов ресурса DR. Привлечение к участию в долгосрочных от-

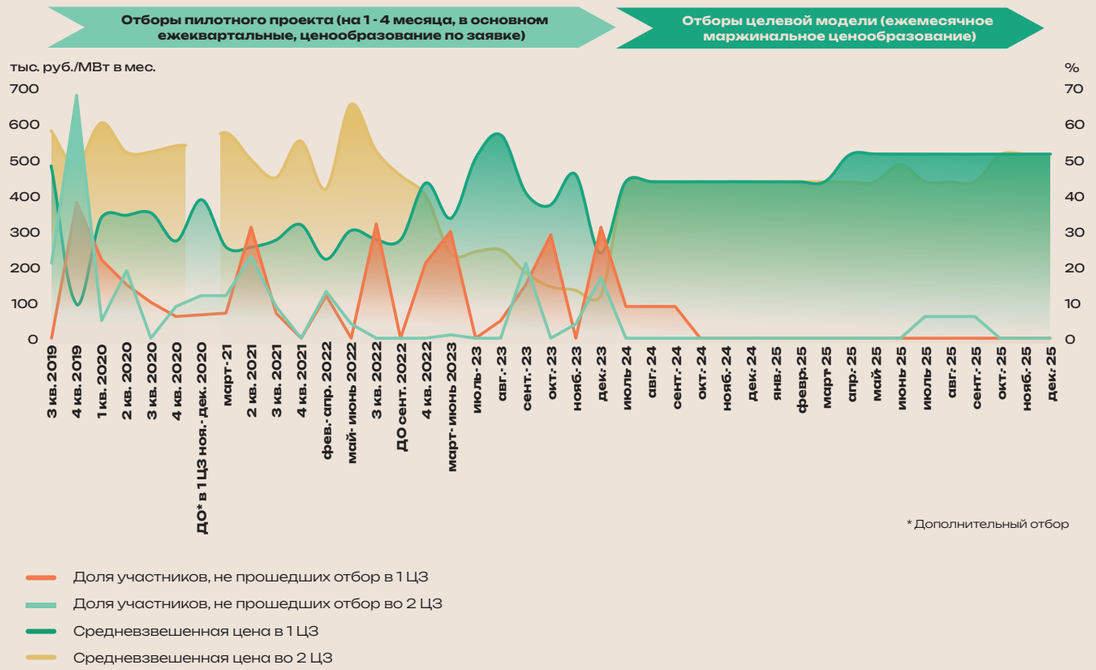
12. Агрегаторы и потребители обязаны снижать потребление участвующих в программе объектов на законтрактованную величину и длительность (до 4 ч) не более 5 раз (дней) в месяц по команде системного оператора в часы, определенные по итогам проведения двойного перерасчета цен РСВ (с учетом разгрузки и без нее).

Рис. 19. | Развитие рынка DR в России



Источник: АРВЭ.

Рис. 20. | Цены и переподписка на отборах



* Дополнительный отбор

- Доля участников, не прошедших отбор в 1 ЦЗ
- Доля участников, не прошедших отбор во 2 ЦЗ
- Средневзвешенная цена в 1 ЦЗ
- Средневзвешенная цена во 2 ЦЗ

Источник: АРВЭ.

борах ресурса DR (на 3–6 лет вперед) потребителей, оснащенных СНЭ, является важной инициативой компенсации рисков возникновения локальных дефицитов мощности. Реализовать эту задачу эффективно можно за счет дифференциации предельных объемных и стоимостных параметров в отношении территорий технологически необходимой генерации.

Помимо ресурсов DR в концепцию виртуальных электростанций отлично встраиваются ЭЗС, поддерживающие технологию V2G, а также СНЭ и солнечные панели, установленные для целей индивидуального энергоснабжения бизнеса и населения.

Сейчас в России разворачивается тренд на развитие солнечной микрогенерации. На ос-

Модель рынка Demand Response функционирует уже полтора года, и за это время она показала свою эффективность для решения задачи экономической оптимизации работы энергорынка. Тем не менее уже сейчас в качестве одного из направлений развития данного механизма мы видим возможность его задействования для решения задач обеспечения балансовой надежности, в том числе решая вопросы по снижению рисков дефицитов электрической энергии и мощности в отдельных регионах. Это становится возможным благодаря снижению стоимости и повышению доступности технологических решений, позволяющих обеспечить надежную разгрузку потребителя без ущерба основному технологическому процессу, таких как системы накопления электроэнергии, а также локальной потребительской генерации. Такое применение механизма DR потребует определенных доработок нормативной правовой базы, которые предстоит разработать и согласовать.

В целом механизмы управления спросом в мире являются традиционным рынком для применения таких технологий. Есть уверенность, что и у нас в России будет реализовано подходящее для нас эффективное использование таких технологий, в том числе через рынок DR.



ОЛЕГ БАРКИН

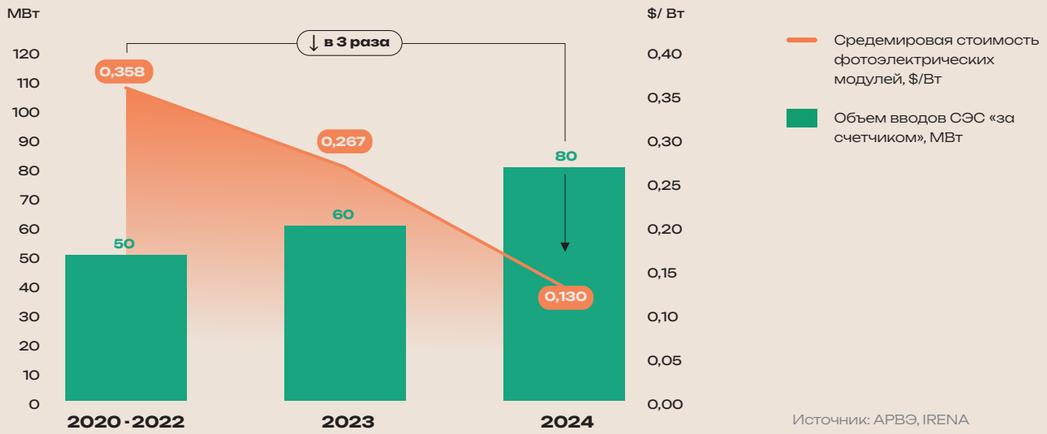
Член Правления Ассоциации «НП Совет рынка»

нове данных отечественных производителей о поставках солнечных электростанций (СЭС) для промышленных предприятий и частных домовладений, а также данных таможенной статистики совокупный объем СЭС «за счетчиком» составляет около 300 МВт. Прогнозируемые объемы вводов в течение ближайших пяти лет — 80–100 МВт в год. **(Рис. 21).**

Расширение состава потребителей, участвующих в механизмах энергорынка в качестве поставщиков электроэнергии и мощности, может стать драйвером для формирования виртуальных электростанций.

В мире уже наработан опыт развития данного направления. Например, в 2025 г. в Калифорнии[13] была зафиксирована рекордная выдача в сеть в течение 2 часов летнего пика потребления **535 МВт** мощности виртуальной электростанцией, сформированной в основном индивидуальными системами накопления энергии.

Рис. 21. | Динамика вводов СЭС для промышленного и коммерческого использования в России на фоне снижения цены фотоэлектрических модулей



Источник: АРВЭ, IRENA

15. Brattle (2025). Assessing VPP Performance: Impacts of a Test Event in California

Рост рынка солнечной генерации в РФ во многом зависит от сочетания нескольких факторов: снижения ключевой ставки и, как следствие, увеличения доступности финансовых ресурсов, а также роста тарифов на электроэнергию. Сегодня мы видим тенденцию к снижению ключевой ставки на 2026 год и значительный рост тарифов в ряде регионов (прежде всего в ДФО и на юге России). Поэтому среднегодовой темп роста спроса на солнечную генерацию со стороны частных и промышленных заказчиков в РФ будет выше мирового и составит не менее 15% ежегодно в среднем за 5 лет.



Директор департамента продаж РФ и СНГ ООО «Юнигрин Энерджи»

АЛЕКСАНДР МАСЛОВ

Рынок систем накопления энергии для бытового сектора в ближайшие годы будет расти за счет технологического прогресса и изменения потребительского поведения. Если еще пять лет назад СНЭ воспринимались как экзотика, то сегодня это элемент личной энергонезависимости. Одним из ключевых драйверов стала резкая оптимизация стоимости аккумуляторов — за последние несколько лет цена за киловатт-час емкости снизилась в несколько раз. Это делает СНЭ доступными для все более широкого круга домовладельцев и малых бизнесов. Дополнительный импульс дает рост стоимости электроэнергии в дневные часы, нестабильность сетей в ряде регионов и развитие распределенной генерации, прежде всего солнечных установок. Уже формируется новая модель энергопотребления, где частный дом не просто потребляет, а управляет энергией и экономикой своего энергопрофиля.

В среднесрочной перспективе значительный рост ожидается и в сегменте розничных сетей — от застройщиков и торговых центров до управляющих компаний, которые внедряют СНЭ для сглаживания пиков и снижения сетевой нагрузки. Таким образом, СНЭ становятся частью не только энергосбережения, но и инфраструктуры «умных» городов.



АЛЕКСАНДР КИЯНИЦА

Генеральный директор
ООО «Вольтс Групп»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тенденции ускорения электропотребления, связанные с технологическим развитием мировой экономики, формируют вызовы, требующие переосмысления роли технологий энергоперехода в обеспечении балансовой надежности функционирования энергосистемы и подходов к перспективному планированию ее развития.

Поражающее воображение масштабное применение новых технологий сопровождается их стремительным удешевлением, что в свою очередь открывает новые уникальные возможности для технологического обновления мировой электроэнергетики. Обеспечение устойчивого энергоснабжения за счет возобновляемой энергетики и других технологий энергоперехода уже становится дешевле, чем за счет решений топливной энергетики, при этом разрыв в стоимости увеличивается с каждым годом.

Скорость адаптации рыночных концепций к сложившимся тенденциям не только определит будущий облик энергосистемы и ее эффективность, но и окажет значимое влияние на конкурентоспособность экономики в целом. Преобразования, когда-то внедрявшиеся десятилетиями, сейчас могут произойти буквально в течение года.

Перед российской электроэнергетикой стоит важный выбор: стать снова драйвером развития передовых отраслей экономики, как это было в эпоху индустриализации XX века, или же фактором, сдерживающим динамику развития страны. Сделав ставку на разработку и совершенствование высокотехнологичных направлений в секторе электроэнергетики, который, согласно всем возможным прогнозам, вырастет кратно уже в течение следующих 25 лет, проиграть невозможно.

АРВЭ
АССОЦИАЦИЯ РАЗВИТИЯ
ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Об ассоциации

Ассоциация развития возобновляемой энергетики (АРВЭ) – ведущая экспертная площадка в России в сфере возобновляемой энергетики, представляющая интересы крупнейших и наиболее активных участников российского сектора ВИЭ и иных технологий энергоперехода – растущего высокотехнологичного рынка с объемом уже вложенных инвестиций в размере более 600 – 700 млрд рублей.

Ассоциация объединяет генерирующие компании, инвесторов и девелоперов проектов ВИЭ-генерации, производителей и поставщиков оборудования, технологические компании, научно-исследовательские и финансовые институты в целях формирования благоприятного инвестиционного климата, прозрачного правового регулирования и популяризации технологий энергоперехода для достижения целей низкоуглеродного развития России.

Наша миссия

Содействие эффективному и гармоничному энергопереходу через всестороннюю поддержку развития возобновляемой и иных технологий энергоперехода.

КОМАНДА ПРОЕКТА



АЛЕКСЕЙ ЖИХАРЕВ
Директор АРВЭ



ЯН ЧЕРЕПАНОВ
Руководитель аналитического отдела АРВЭ



ПОЛИНА САЗОНОВА
Аналитик АРВЭ



ИВАН КАЛМЫКОВ
Менеджер по международным связям АРВЭ



РОМАН ФОМИН
Аналитик АРВЭ



АЛЕНА ТКАЧ
Дизайнер

А Р В Э

АССОЦИАЦИЯ РАЗВИТИЯ
ОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

УЗНАТЬ ПОДРОБНЕЕ
О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АССОЦИАЦИИ

Наш сайт

Наш телеграм