



ЦЕНТР
СТРАТЕГИЧЕСКИХ
РАЗРАБОТОК

ТЕХНОЛОГИИ

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ
В. Н. **КНЯГИНИНА** И Д. В. **ХОЛКИНА**

ЦИФРОВОЙ ПЕРЕХОД В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ РОССИИ

ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ
ДОКЛАД



Энерджинет

Национальная
технологическая
инициатива

МОСКВА
СЕНТЯБРЬ 2017

ОБЩАЯ РЕДАКЦИЯ ДОКЛАДА:

В. Н. **КНЯГИНИН**, Вице-президент Фонда «Центр стратегических разработок», председатель правления Фонда «Центр стратегических разработок „Северо-Запад“»,

Д. В. **ХОЛКИН**, Руководитель Проектного центра развития инноваций Фонда «Центр стратегических разработок», заместитель руководителя рабочей группы НТИ «Энерджинет».

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ: А. Ю. **АБРАМОВ** (Фонд стратегического развития энергетики «Форсайт»), О. Г. **БАРКИН** (Некоммерческое партнерство «Совет рынка по организации эффективной системы оптовой и розничной торговли электрической энергией и мощностью»), И. В. **ДАНИЛИН** (Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений имени Е. М. Примакова РАН), Е. С. **РОЖКОВА** (Фонд «Центр стратегических разработок»), И. Ю. **РЯПИН** (Институт энергетики НИУ ВШЭ), А. Г. **СТАРЧЕНКО** (Ассоциация [некоммерческое партнерство] «Сообщество потребителей энергии»), И. С. **ЧАУСОВ** (Фонд «Центр стратегических разработок»), Р. М. **ХАЗИАХМЕТОВ** (Национальный исследовательский университет МЭИ).

СОДЕРЖАНИЕ

4.....	ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ
9.....	ВВЕДЕНИЕ
11.....	ГЛОБАЛЬНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ
12.....	Глобальные вызовы
15.....	Ключевые тренды
18.....	Парадигма энергетического перехода
21.....	КЛЮЧЕВЫЕ ВЫЗОВЫ ДЛЯ РОССИИ
22.....	Растущая неэффективность электроэнергетического сектора
25.....	Вытеснение отечественных компаний с рынков энергетического оборудования и систем
27.....	СТРАТЕГИЧЕСКИЙ МАНЕВР
28.....	Новая технологическая парадигма в электроэнергетике
30.....	Ожидаемые эффекты
32.....	Технологические приоритеты
33.....	Риски инерционного развития
35.....	НЕОБХОДИМЫЕ ДЕЙСТВИЯ
43.....	ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные выводы и рекомендации

ЧЕТВЕРТАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ, которая стремительно набирает обороты за счет активного внедрения киберфизических систем, автоматизации и роботизации производственных процессов, развития «Интернета вещей» и цифровых технологий, приводит не только к созданию новых секторов и рынков, но и к кардинальной трансформации традиционных и инфраструктурных отраслей. Так, значительные изменения, ставшие результатом перехода к новому технологическому укладу, сегодня наблюдаются в сфере электроэнергетики. Ведущие экономики (Германия, Великобритания, Япония, США и др.) уже приступили к реализации **инновационных сценариев развития энергетических инфраструктур**. В России, несмотря на существенное продвижение новой технологической повестки в энергетике (научные заделы, профильные стартапы, утверждение Прогноза научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года, принятие дорожной карты «Энерджинет» Национальной технологической инициативы), еще только предстоит решить вопросы, связанные с долгосрочными приоритетами отраслевой технологической политики, а также с оптимальными сроками и механизмами перехода к новому энергетическому укладу.

Отраслевые стратегические и прогнозные документы Российской Федерации в большей степени делают ставку на эволюционный сценарий развития электроэнергетики, который «во многом сохраняет привычную для российского ТЭК среду с достаточно высокими мировыми ценами и спросом на энергоресурсы»¹, а в части технологической политики устанавливает приоритет обеспечения «технологической независимости энергетического сектора и достаточ-

¹ Прогноз научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года.

ных компетенций во всех критически важных для устойчивого развития энергетики видах деятельности»². Более революционный сценарий, ориентированный на переход к новому технологическому укладу, и создание для него технологических предпосылок считается маловероятным или актуальным за горизонтом 2025 года.

Вместе с тем в отрасли сформировано понимание того, что реализация инновационного сценария необходима — не столько для соответствия мировым трендам, сколько для снижения риска потери конкурентоспособности России на формирующихся глобальных рынках новой электроэнергетики, а также для решения некоторых внутренних проблем.

В частности, помимо стагнации сферы отечественного энергомашиностроения и инжиниринга, ключевым вызовом для отрасли является **растущая неэффективность российского электроэнергетического сектора**, приводящая к повышению тарифов и цен на электроэнергию для потребителей. Это способно с большой долей вероятности стать сдерживающим фактором для развития экономики, существенная часть которой основана на энергоемком производстве. Вызов обостряется и тем, что современные потребители становятся все более требовательными в отношении доступности, надежности и качества электроэнергии. В этой связи следует понимать, что отрасли, базирующейся на традиционных технологиях, сложно существенно повысить свою эффективность, а также удовлетворить новые требования потребителей без заметного роста цен. Вместе с тем есть основания полагать, что на обозначенный вызов способен ответить новый технологический пакет, обеспечивающий переход от аналоговых к цифровым способам управления в электроэнергетической отрасли и поддерживающий трансформацию моделей поведения потребителей, а также бизнес-практик энергоснабжающих и сервисных компаний.

Этот пакет включает технологии производства электроэнергии на основе распределенных (в том числе возобновляемых) источников, технологии хранения электроэнергии, управляемого преобразования и коммутирования, интеллектуального управления потоками мощности, технологии контроля и управления агрегированными энергетическими ресурсами, гибкой организации экономических отношений и др. Иными словами, речь идет о переходе к новой технологической парадигме в электроэнергетике, представляющей организацию энергоснабжения в розничном секторе как **экосистему производителей и потребителей энергии, которые беспрепятственно интегрируются в общую инфраструктуру и обмениваются энергией**. Такой подход по аналогии осуществляемых взаимодействий также получил название «Интернет энергии» (Internet of Energy).

При существенном масштабе распространения технологий нового технологического пакета и их сбалансированном сочетании с традиционной электроэнергетикой (технологическая модернизация которой также должна быть предусмотрена) может быть обеспечено значительное повышение эффективности всей энергосистемы России. Основной целью государственной политики в данной области, в свою очередь, должно стать формирование

² Проект Энергетической стратегии России на период до 2035 года (редакция от 1 февраля 2017 года).

научно-технологической и промышленной основы для реализации инновационного (высокотехнологического) сценария развития электроэнергетики. При этом основные мероприятия должны быть завершены уже к 2022–2025 годам, когда, по оценкам экспертов, в отрасли наступит новый инвестиционный цикл.

Стратегический маневр, таким образом, может состоять в том, чтобы в качестве приоритета трансформации российской электроэнергетики использовать новую технологическую парадигму, основанную на формировании на базе «умной» инфраструктуры рыночной экосистемы активных потребителей, просьюмеров и других субъектов распределенной энергетики. Такой переход поможет мобилизовать предпринимательские инициативы в отрасли и привлечь частные инвестиции, обеспечит «творческое давление» на электроэнергетическую инфраструктуру, повысит уровень конкуренции на энергетических рынках. Другим важным следствием станет то, что технологические компании, предприятия энергетического машиностроения и инжиниринга смогут получить «рыночный плацдарм» для роста и развития. В итоге это позволит не только обеспечить инновационное развитие национальной электроэнергетики, но и занять отечественным компаниям значимые ниши на быстрорастущем глобальном рынке оборудования, систем и сервисов нового энергетического уклада. При этом важно понимать, что в России уже сформировался целый слой высокотехнологичных компаний («Таврида электрик», «КЭР-холдинг», «РТСофт», Tibbo Systems, Qiwi, «Лаборатория Касперского», «Яндекс» и др.), которые обладают современными конкурентными решениями и компетенциями, а также опытом работы на глобальных рынках. Именно подобным игрокам может быть отведена роль лидеров новой российской электроэнергетики.

Таким образом, **в технологической повестке российской государственной политики в сфере электроэнергетики на среднесрочную перспективу** могут быть зафиксированы следующие приоритетные направления:

1. запуск открытых модульных цифровых платформ для организации киберфизических систем и сред в электроэнергетике;
2. разработка интеллектуальных мультиагентных систем управления;
3. становление рыночного сегмента систем хранения электроэнергии (от аккумуляторов для электромобилей и бытового сектора до систем хранения электроэнергии большой емкости, в том числе технологии хранения электроэнергии в водородном цикле);
4. развитие сектора перспективной высоковольтной и высокочастотной силовой электроники;
5. внедрение технологий «Интернета вещей» (цифровые датчики, сенсоры, актуаторы и средства коммуникации);

6. использование цифровых финансовых технологий (блокчейн, смарт-контракты, децентрализованные автономные организации).

Препятствием для реализации стратегического маневра является то, что в сложившихся институциональных условиях основные субъекты рынка и инфраструктурные организации в основном не заинтересованы в переходе к новому технологическому пакету и к новой архитектуре в отрасли. При этом розничные потребители и субъекты распределенной энергетики зачастую остаются вне поля конкурентных механизмов и сталкиваются с регуляторными барьерами для реализации новых технологических подходов к энергоснабжению.

В этой связи, по мнению авторов доклада, **определяющим условием для развития новой электроэнергетики в России должно стать изменение архитектуры розничного сектора рынка электроэнергии, дерегулирование экономических отношений его субъектов, создание упрощенных интерфейсов технологического и информационного взаимодействия объектов распределенной энергетики с ЕЭС, создание механизмов распределения системного экономического эффекта.**

Эти действия должны привести к появлению нового класса рыночных субъектов — активных потребителей и просьюмеров, операторов микроэнергосистем и агрегаторов распределенных энергетических объектов, различных сервисных организаций. Данный класс субъектов будет заинтересован в использовании новых технологий и создаст спрос на высокотехнологичное оборудование и сервисы. Потребители, в свою очередь, получат возможность выбора вариантов энергоснабжения, что будет способствовать развитию конкуренции в отрасли. Кроме того, отдельное внимание может быть также уделено интенсификации процессов создания, апробации и внедрения новых технологий и практик в отрасли. Итогом реализации стратегического маневра должно стать повышение привлекательности российского сектора электроэнергетики для инвесторов.

С точки зрения государственной политики для реализации предлагаемого технологического маневра целесообразно предпринять ряд **мер институционального и организационного характера:**

1. создать стратегический консорциум (инвестиционное технологическое партнерство) в составе компаний — поставщиков технологических решений, потребителей и регулятора для реализации перехода к новой технологической парадигме в электроэнергетике;
2. сформировать регуляторные условия для появления новых субъектов электроэнергетики и реализации гибких форм их участия в энергообмене;
3. пересмотреть практику перекрестного субсидирования в электроэнергетике с целью получения более точных и стимулирующих экономических сигналов, направленных на тех-

нологическое обновление и повышение энергоэффективности в тех областях электроэнергетики, где это может принести наибольший результат;

4. разработать меры для стимулирования применения современных инновационных решений в электроэнергетике;
5. создать российское агентство передовых исследований и разработок в сфере энергетики (по аналогии с ARPA-E в США) и другие механизмы реализации приоритетных технологических направлений политики Российской Федерации в сфере электроэнергетики;
6. разработать долгосрочную программу поддержки экспорта высокотехнологичных продуктов и сервисов в сфере электроэнергетики.

Реализация инновационного сценария технологического развития электроэнергетики, по оценке экспертов рабочей группы Национальной технологической инициативы в сфере энергетики («Энерджинет»), создаст предпосылки для **сдерживания роста цен на электроэнергию** (прогнозируется, что цены на электроэнергию в 2035 году могут быть снижены на 30–40% относительно инерционного сценария развития электроэнергетики) за счет повышения эффективности использования генерирующих и сетевых мощностей, существенного сокращения потребности в новых мощностях, сокращения потерь энергии, снижения стоимости владения базовой инфраструктурой. Кроме того, будет сформирован научно-технологический и промышленный потенциал для **масштабного экспорта оборудования, систем и услуг на глобальные рынки** (уровень доходов российских компаний может составить в 2035 году около 40 млрд долл. США).

Введение

НАСТОЯЩИЙ ДОКЛАД ПОДГОТОВЛЕН фондом «Центр стратегических разработок» в рамках деятельности рабочей группы Экономического совета при Президенте Российской Федерации по направлению «Приоритеты структурных реформ и устойчивый экономический рост», которой разрабатываются предложения к Стратегии развития Российской Федерации на 2018–2024 годы и на перспективу до 2035 года³. Указанная работа проводится на площадке фонда совместно с федеральными органами исполнительной власти с привлечением делового, научного и экспертного сообществ. При подготовке доклада использовались аналитические материалы и выводы рабочей группы Национальной технологической инициативы в сфере энергетики («Энерджинет»)⁴.

Базовой предпосылкой для подготовки доклада является то, что в настоящее время сфера электроэнергетики во всем мире переживает кардинальную трансформацию, основным драйвером которой выступают технологические нововведения, обуславливающие возможности для перехода данной сферы к принципиально новому этапу развития. В последние годы произошли изменения, заставившие пересмотреть требования к объектам генерации, к сетевой инфраструктуре и в целом к организации электроэнергетики и электроэнергетических рынков.

³ Проект Энергетической стратегии России на период до 2035 года (редакция от 1 февраля 2017 года).

⁴ План мероприятий (дорожная карта) «Энерджинет» Национальной технологической инициативы был утвержден на заседании президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России 28 сентября 2016 года.

Нарастающий износ электроэнергетической инфраструктуры, вовлечение в оборот распределенных энергетических ресурсов (в т. ч. возобновляемых), изменение роли традиционных источников энергии и энергоносителей при одновременном росте спроса на электроэнергию и трансформации его качественных характеристик, изменение модели поведения потребителей – все это задает необходимость перехода к следующему энергетическому укладу.

По мнению ряда организаций и экспертов, новый технологический пакет, включающий передовые энергетические, информационно-коммуникационные и социальные технологии, полностью сформируется в течение ближайших 5 лет и будет определять технологический профиль рынков оборудования, программных систем, инжиниринга и сервисов в электроэнергетике.

В России сложились определенные предпосылки (научные заделы, профильные стартапы, развитые инфраструктура и механизмы поддержки инновационных фирм, амбициозные бизнес-компании), позволяющие в контексте перехода к новому энергетическому укладу сформировать высокотехнологические секторы промышленности, решить задачи повышения эффективности российской электроэнергетики, занять существенные позиции на новых глобальных рынках.

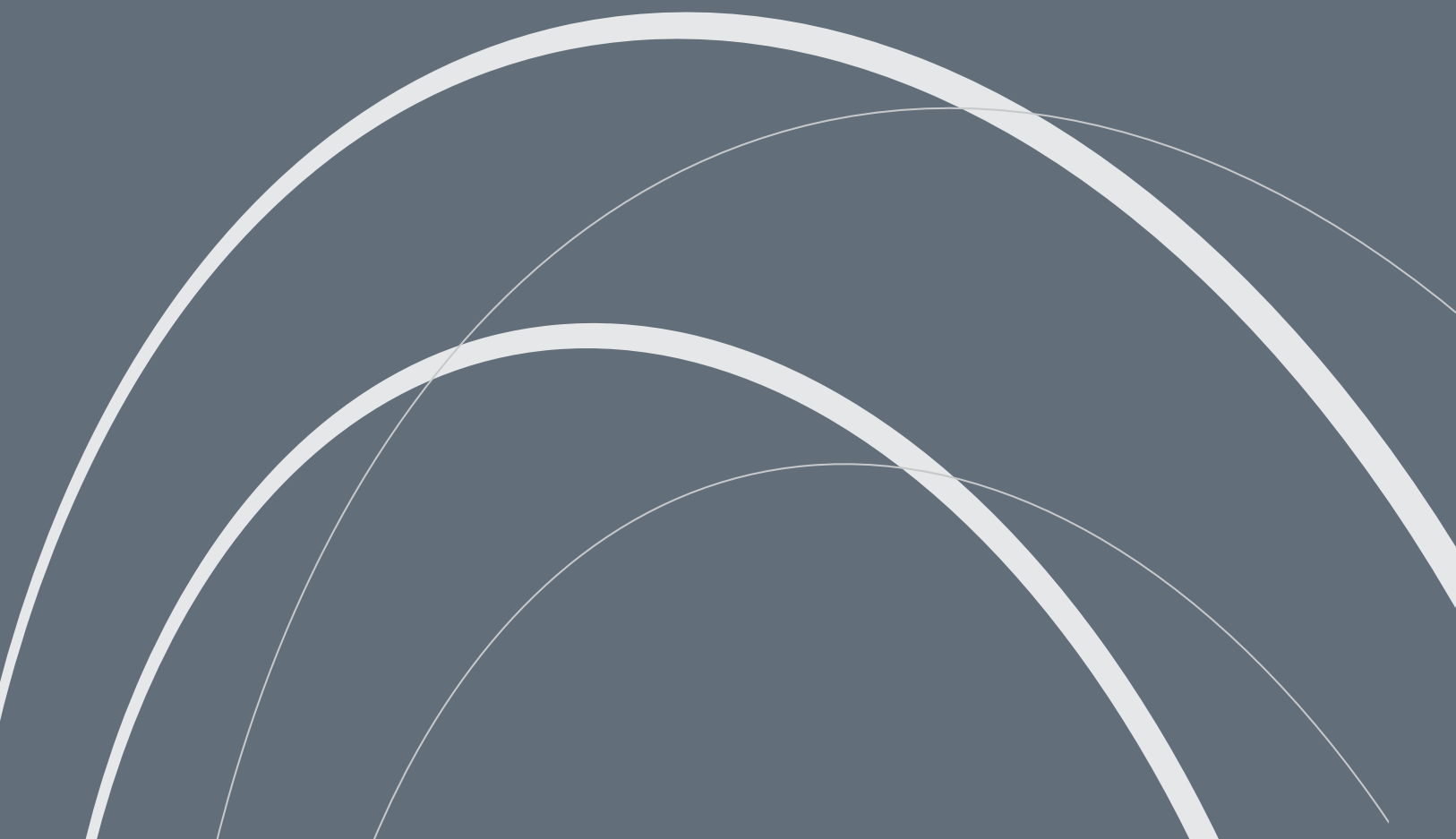
В этой связи возникает необходимость определить, при каких институциональных условиях в России сложатся предпосылки для интенсивного освоения технологий нового энергетического уклада.

Важнейшими вопросами в этой связи являются следующие:

- 1 Какая именно повестка технологического развития в электроэнергетике актуальна в России? В рамках каких глобальных вызовов она формируется?
- 2 Как Российская Федерация на уровне государственной энергетической политики работает с этой повесткой и связанными с ней вызовами?
- 3 Какие критические технологии необходимы для формирования новой технологической платформы в электроэнергетике?
- 4 По каким направлениям в России имеются передовые научно-технические заделы, которые могут стать «заявками» на глобальное лидерство?
- 5 Как сформировать в России благоприятные (институциональные) условия для интенсивного развития и освоения новых технологий и новых практик в электроэнергетике? Какие механизмы должны быть запущены? Какие решения должны быть приняты?

1.

**ГЛОБАЛЬНАЯ
ТРАНСФОРМАЦИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**



В настоящее время в мире происходит глобальная энергетическая трансформация. Внедрение комплекса новых решений (начиная с «зеленой» энергетики и новых поколений ядерных реакторов и заканчивая интеллектуальными автоматическими, т. н. «умными» электросетями и потребительскими сервисами на основе технологий «Интернета вещей» [IoT]) приводит к увеличению инвестиций и затрат на НИОКР в отрасли, росту венчурного финансирования и иным процессам. Масштабы изменений столь значимы, что одно время в США и ЕС политические лидеры и часть экспертного сообщества даже предполагали, что развитие новых технологий электроэнергетики поможет в преодолении рецессии и в переходе к новому экономическому циклу.

ГЛОБАЛЬНЫЕ ВЫЗОВЫ

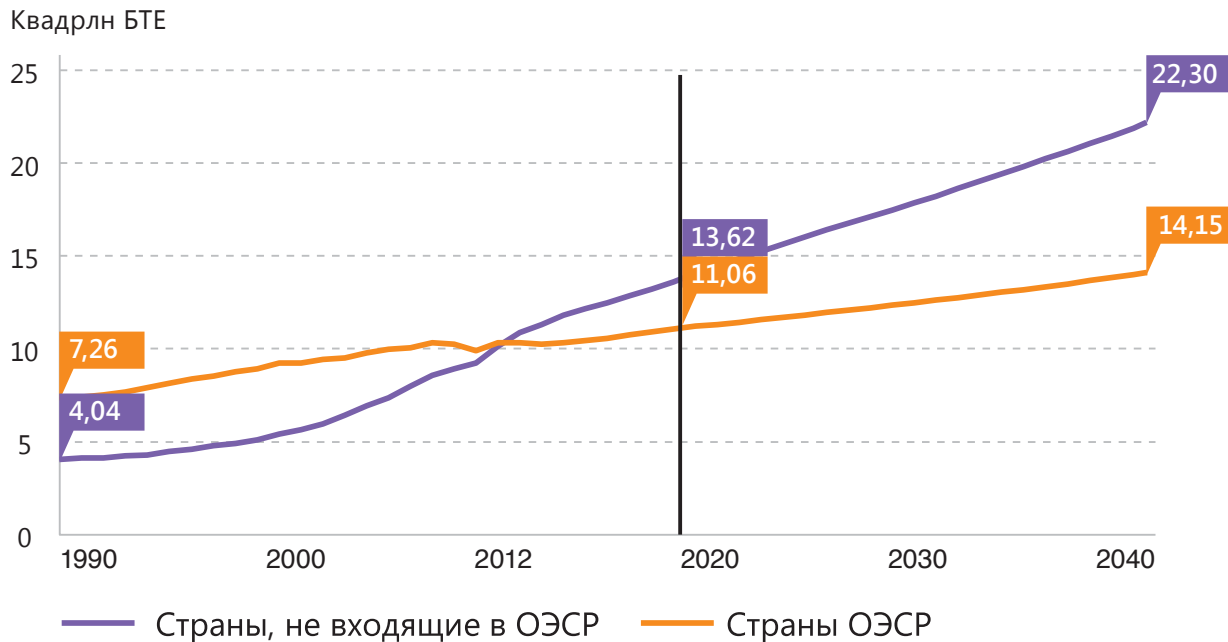
Среди ключевых вызовов для мировой энергетики можно выделить следующие факторы:

- **ВЫЗОВЫ РОСТА СПРОСА.** В мире в силу грядущего выхода из рецессии, увеличения уровня благосостояния жителей развивающихся стран и роста населения мира будет наблюдаться рост энергопотребления. Потенциально к 2035 году потребителями электроэнергии дополнительно станут: 1,3 млрд человек, не имеющих в настоящее время доступ к электроэнергии; 2,7 млрд человек, которые «готовят на дровах»; еще 1,6 млрд человек за счет прироста населения в мире. Это приведет к тому, что за обозначенный период потребление электроэнергии вырастет на 40–50%⁵.
- **ВЫЗОВЫ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СПРОСА.** Новая индустриализация в рамках разворачивающейся в мире т. н. четвертой промышленной революции будет происходить на новой технологической базе (цифровые системы, аддитивные и высокоточные производства) зачастую чувствительной к надежности энергоснабжения и качеству электроэнергии. Это определяет появление и развитие «цифрового спроса», доля которого в ряде стран, по некоторым оценкам, составит 20–30% к 2030 году.

⁵ Например, по прогнозу Frost&Sullivan, глобальное потребление энергии в ближайшие 20 лет вырастет почти на 40% по сравнению с уровнем потребления в 2010 году. См. подробнее: Global Oil and Gas Industry: Trends and Technology // Frost&Sullivan. — Январь 2016.

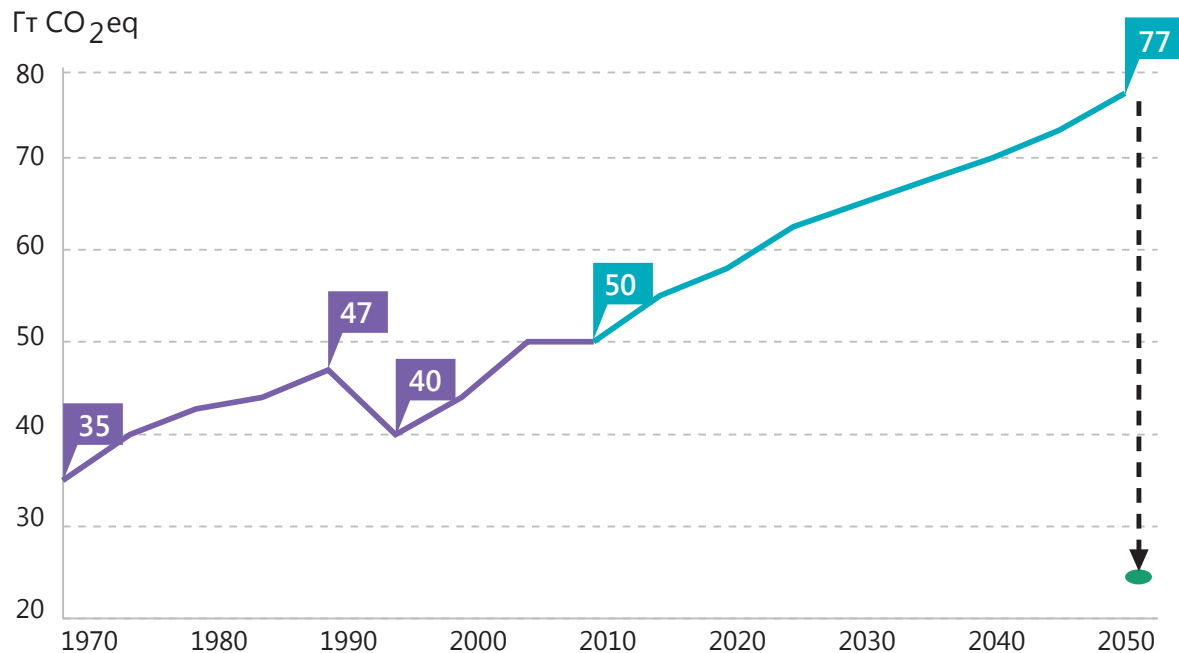
- ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВЫЗОВЫ.** По данным Международного энергетического агентства (далее – МЭА), электроэнергетика является источником 42% антропогенных выбросов парниковых газов и существенным источником выбросов загрязняющих веществ (1/3 суммарных выбросов SO₂, 14% – NOX, 5% – взвешенных частиц). На Конференции по климату в Париже в 2015 году состоялось подписание международного соглашения по поддержанию увеличения средней температуры планеты на уровне ниже 2°C, применимого ко всем странам (в т. ч. к России). Но даже безотносительно к вопросам глобального потепления, рост использования ископаемых топлив ведет к ухудшению экологической обстановки, что сказывается не только на качестве жизни, но и на уровне расходов государства и корпоративного сектора на социальное обеспечение, здравоохранение, экологические мероприятия и т. д. В то же время в странах с более высоким уровнем дохода фиксируется рост платежеспособного спроса на экологичную, надежную, доступную энергетику как важный элемент качества жизни. Но и в новых индустриальных странах – например, в Китае – в силу высокого уровня загрязнения спрос на более экологичные решения также растет.
- ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ВЫЗОВЫ.** В силу того что энергосистемы развитых стран в их текущем виде были созданы не позднее 1950–1960-х годов (самые молодые и современные из числа развитых стран – японская и южнокорейская), они требуют существенного объема затрат на поддержание, обновление и модернизацию. Традиционные энергосистемы индустриального типа строились в ситуации высокого уровня накоплений и мощного го-синвестирования, а также инвестиций из частных источников. Оба этих феномена в настоящее время не воспроизводимы в развитых странах – уровень накоплений заметно упал за последние 30 лет, государство сократило уровень вмешательства в экономику и в большинстве стран перегружено расходами на обслуживание финансового дефицита, социальных обязательств и т. д. Банковский же капитал в силу изменения модели энерго-рынков и наличия более привлекательных объектов инвестирования не проявляет интереса к «большим» проектам.
- ВЫЗОВЫ НОВОЙ УРБАНИЗАЦИИ.** В 2012 году доля городского населения планеты превысила 50%, и урбанизация в развивающихся экономиках продолжается ускоряющимися темпами. Так, ожидается, что к 2020 году почти 60% населения Китая будут жить в городах. Разрастание старых и появление новых городов формирует запрос на переход к городской энергетике нового поколения: с высокой концентрацией мощностей, существенным запасом прочности и возможности роста, требующей как можно меньших площадей дорогостоящих городских земель для размещения энергетических объектов и обеспечивающей приемлемую стоимость присоединения к инфраструктуре и дифференцированную по различным характеристикам стоимость электроэнергии для потребителей. Урбанизация и рост энергопотребления городами формируют и экологический вызов, поскольку высокая концентрация газовой и особенно угольной генерации в городах приводят к созданию нездорового микроклимата и опасной для здоровья среды жизни, как это происходит сейчас в крупных городах Китая.

Рисунок 1. Общий рост производства электроэнергии, 1990–2040 годы.



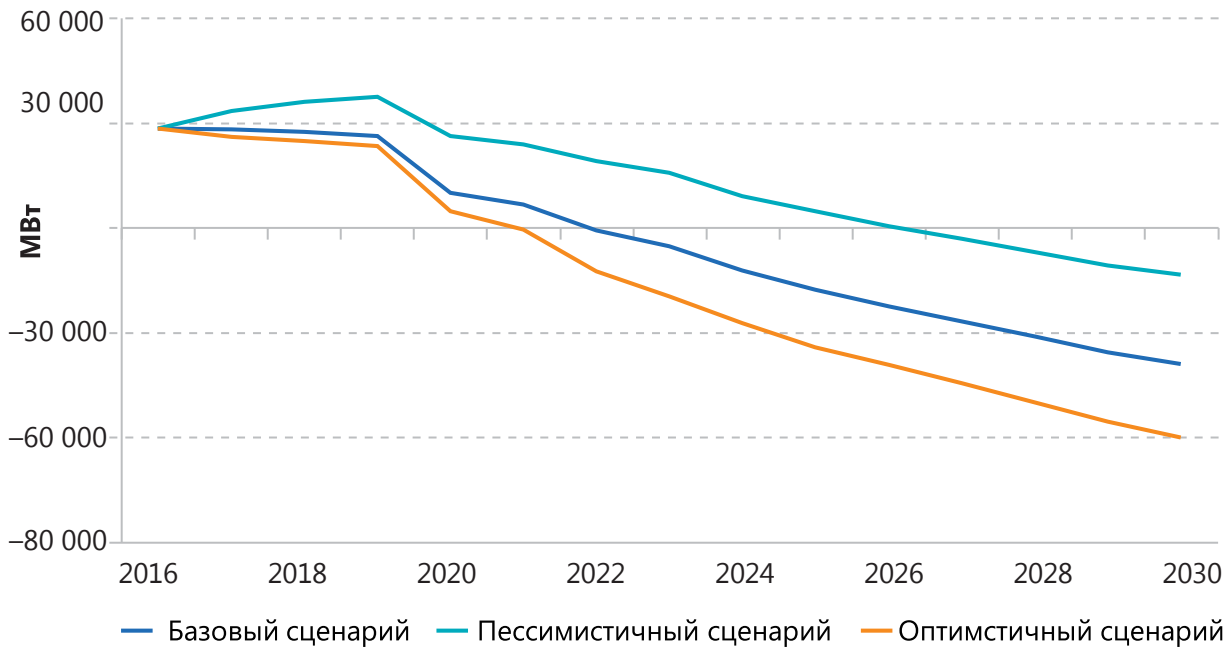
Источник: Источник: IEA

Рисунок 2. Эмиссия парниковых газов и целевой уровень их снижения для удержания глобального потепления в пределах 2°C.



Источник: Detlef P. van Vuuren et al., 2015

Рисунок 3. Прогнозный баланс спроса предложения мощности в РФ.



Источник: Фонд «Форсайт».

Таким образом, во всем мире перед регуляторами и энергетическими компаниями стоит непростая задача удовлетворения растущего спроса как условия экономического роста, социальной стабильности и прибылей и/или воспроизводства электроэнергетической инфраструктуры. Однако для всех субъектов крайне нецелесообразен выход на новый инвестиционный «суперцикл» в рамках традиционной модели электроэнергетики в силу ее дороговизны, низкой эффективности и экологичности, а также длительного времени развертывания.

КЛЮЧЕВЫЕ ТРЕНДЫ

Облик электроэнергетики ближайшего будущего определяют следующие технологические и рыночные тренды:

- УДЕШЕВЛЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ (ВИЭ).** Стоимость электроэнергии из различных источников меняется в сторону уменьшения стоимости электроэнергии от ВИЭ. Динамика ее снижения за последние годы значительна. Например, стоимость ветроустановок снизилась в 10 раз с 1980 по 2013 год, модули фотовольтаики в 2014 году упали в цене на 75% относительно уровня 2009 года. Причем экспертные оценки т.н. нормированной стоимости электричества (LCOE, учитывает расходы жизненного цикла) для альтернативной энергетики показывают устойчивый тренд к приближению себестоимости производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии к традиционным технологиям.

Рисунок 4. Скорость развития технологий фотовольтаики: соотношение установленной мощности и стоимости модулей.



Источник: Paul D. Майсос, IEA, EPIA, SolarPower Europe, Fraunhofer ise, ITRPV, pv.energytrend.com, EZYSOLARE.COM.

- ГЛУБОКАЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.** Скорость и простота установки и обслуживания распределенной генерации (работающей на газе, местном топливе или возобновляемых источниках), более низкая ее стоимость по сравнению с подключением к сети общего пользования, — все это приводит к масштабному развитию распределенной энергетики в мире. Усиливать данную тенденцию будет появление систем хранения (накопителей) электроэнергии.
- РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРАКТИКИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ.** По данным МЭА, ежегодно энергоемкость ВВП стран — членов организации сокращается более чем на 2%. Несмотря на то, что одним из важнейших источников снижения удельного потребления энергоресурсов и энергии является автотранспорт, электроэнергетика — особенно на стороне конечных решений — не отстает. Этот процесс усиливается акцентом правящих элит на снижение топливной компоненты национальной энергетики в целом — ответ на ожидаемый рост конкуренции за ресурсы и стремление снизить зависимость от стран — экспортеров энергоресурсов.
- РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.** Инфраструктура за счет цифровых технологий и автоматики становится активно-адаптивным элементом энергетической системы. В сочетании с системами интеллектуального управления коммерческими и технологическими процессами сетевая инфраструктура преобразуется в новую киберфизическую платформу для гибкого и эффективного энергообеспечения потребителей.

- **ИЗМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И ПОЯВЛЕНИЕ ПРОСЬЮМЕРОВ.**

Потребление становится все более мобильным и гибким. Потребители превращаются в поставщиков электроэнергии и конфликтуют с нормами традиционного регулирования рынка электроэнергии, требуют «энергетической демократии» (Energy Democracy). Например, в Германии почти половина всего рынка возобновляемой энергетики сейчас находится под контролем домохозяйств и фермеров, и только 12% активов являются собственностью непосредственно объектов энергоснабжения (IRENA)⁶. В США около 30% домов могут быть потенциально оборудованы солнечными панелями и, согласно прогнозам компании Accenture, к 2025 году примерно 5% домохозяйств будут энергетически независимы. В Европе их доля будет в два раза меньше⁷.

- **РАСПРОСТРАНЕНИЕ НОВЫХ ФИНАНСОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.** Появление новых технологий в финансовом секторе (Blockchain, Smart Contract, Decentralized Autonomous Organizations) создает возможности для масштабного привлечения частных инвестиций в энергетику, монетизации потребительских сервисов, формирования различных практик энергообмена.

В силу накопления «критической массы» изменений можно утверждать, что с 2008–2012 годов мир – пока, главным образом, авангард зарубежных стран – окончательно перешел к реализации сценария развития высокотехнологичной электроэнергетики. Этот процесс является закономерным, так как, будучи инфраструктурной отраслью, она отражает переход мировой экономики к более интенсивному научно-технологическому и инновационному развитию, а также к расширению мирового пространства развития – за счет увеличения числа стран с быстро растущей промышленностью.

Однако не стоит полагать, что новая высокотехнологичная электроэнергетика – решение только для богатых или наиболее активно растущих экономик с их мощным промышленным сектором и высоким уровнем благосостояния. Стремительная урбанизация, развитие промышленности, ликвидация «энергетической бедности» и иные вызовы в развивающихся экономиках могут быть решены только за счет высоких энерготехнологий. Традиционную энергосистему эти экономики просто не смогут построить. Это очень сложная и дорогая система (для сравнения: стоимость энергосистемы США – более 1 трлн долл. США⁸), требующая сложных компетенций и большого числа квалифицированной рабочей силы для управления и обслуживания. В противовес этому, в полном соответствии с общими закономерностями развития сектора хай-тек, новые решения в электроэнергетике становятся все более доступными.

⁶ RETHINKING Energy: Towards a new power system // IRENA. – 2014.

⁷ Ollagnier, J.-M. Will Solar Cause A 'Death Spiral' For Utilities? // Forbes. – Январь 2015.

⁸ Худяков В. В. Проблемы энергосистем США // Электричество. – 2006. – № 6. – С. 7–20

ПАРАДИГМА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА

Во многих развитых странах мира реализуются сценарии, трансформирующие электроэнергетику на базе клиентоцентричных распределенных архитектур энергосистем (данное направление принято называть energy transition – энергетический переход)⁹. Парадигма энергетического перехода ориентирована на масштабное использование распределенной возобновляемой энергетики, на вовлечение частных инвестиций и формирование децентрализованных рынков, на интеллектуализацию инфраструктуры и переход потребителей к активным, просьюмерским моделям поведения.

Таблица 1. Характеристики изменения энергетических (технологических) парадигм (энергетического перехода)

Действующая (доминирующая) энергетическая парадигма	Наступающая энергетическая парадигма
Доминирование источников электроэнергии на основе углеводородного топлива	«Чистая энергия» возобновляемых источников энергии. Глубокая децентрализация производства энергии. Рост роли электроэнергии в структуре потребления топливно-энергетических ресурсов
Крупные вертикально интегрированные энергетические компании с мощными энергоблоками, крупными месторождениями, большими перерабатывающими установками	Децентрализованные рынки, частные инвестиции
Централизованные электрические сети	Интеллектуализация базовой инфраструктуры, развитие технологий «умных» сетей (smart grids)
Однонаправленность потоков электроэнергии – от генератора к потребителю	Переход потребителей к активным моделям поведения (активный потребитель в центре энергосистемы)
Одновременность процессов производства и потребления электроэнергии	Технологии накопления энергии – энергия как «складируемый» товар. Рост эффективности использования энергии
Широкое использование органических топлив в промышленности и транспорте	Углубление электрификации промышленности и транспорта

⁹ Например, см.: Sovacool, B.K. How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions // Energy Research & Social Science. – 2016. – №13 – С. 202–215; Perspectives for the energy transition // IEA, IRENA. – 2017.

Признаками энергетического перехода являются:

1. Переход к более гибкой архитектуре энергетических систем за счет увеличения доли ВИЭ и распределенной генерации в энергобалансе, развития «умных» сетей во взаимосвязи с развитием технологий и рынка хранения энергии, а также за счет появления активных («умных») потребителей.
2. Переход к новому пакету технологий: генерация электроэнергии на базе ВИЭ, силовая электроника, хранение энергии, водородная энергетика, интеллектуальное управление, цифровые платформы и «большие данные», «Интернет вещей», высокие финансовые технологии.
3. Переход к новой бизнес-модели электроэнергетики: от традиционной цепочки формирования добавленной стоимости «генерация – трейдинг – передача – сбыт» к модели «Интернета энергии» (Internet of Energy) и оказания услуг в новой интерактивной среде, а также к развитию новых сервисов для «потребителей-производителей» энергии. Уже в 2014–2016 годах несколько крупнейших энергетических компаний заявили о переходе к новым бизнес-моделям, ориентированным на «новую энергетику»: преимущественные инвестиции в ВИЭ, распределенную генерацию, распределительные сети, расширение сервисов для клиентов, радикальные инновации. Примером реализации такой бизнес-модели является новая корпоративная стратегия компании E.ON (2014), в рамках которой компания разделила свой бизнес на две составляющие: одно подразделение работает на традиционных рынках энергии (Uniper), второе – с новыми технологическими решениями и энергетическими рынками (E.ON).

Рисунок 5. E.ON превращается в компанию, фокусирующуюся на модели «Интернета энергии».



**Различия в возможностях, мировоззрении и потенциале*

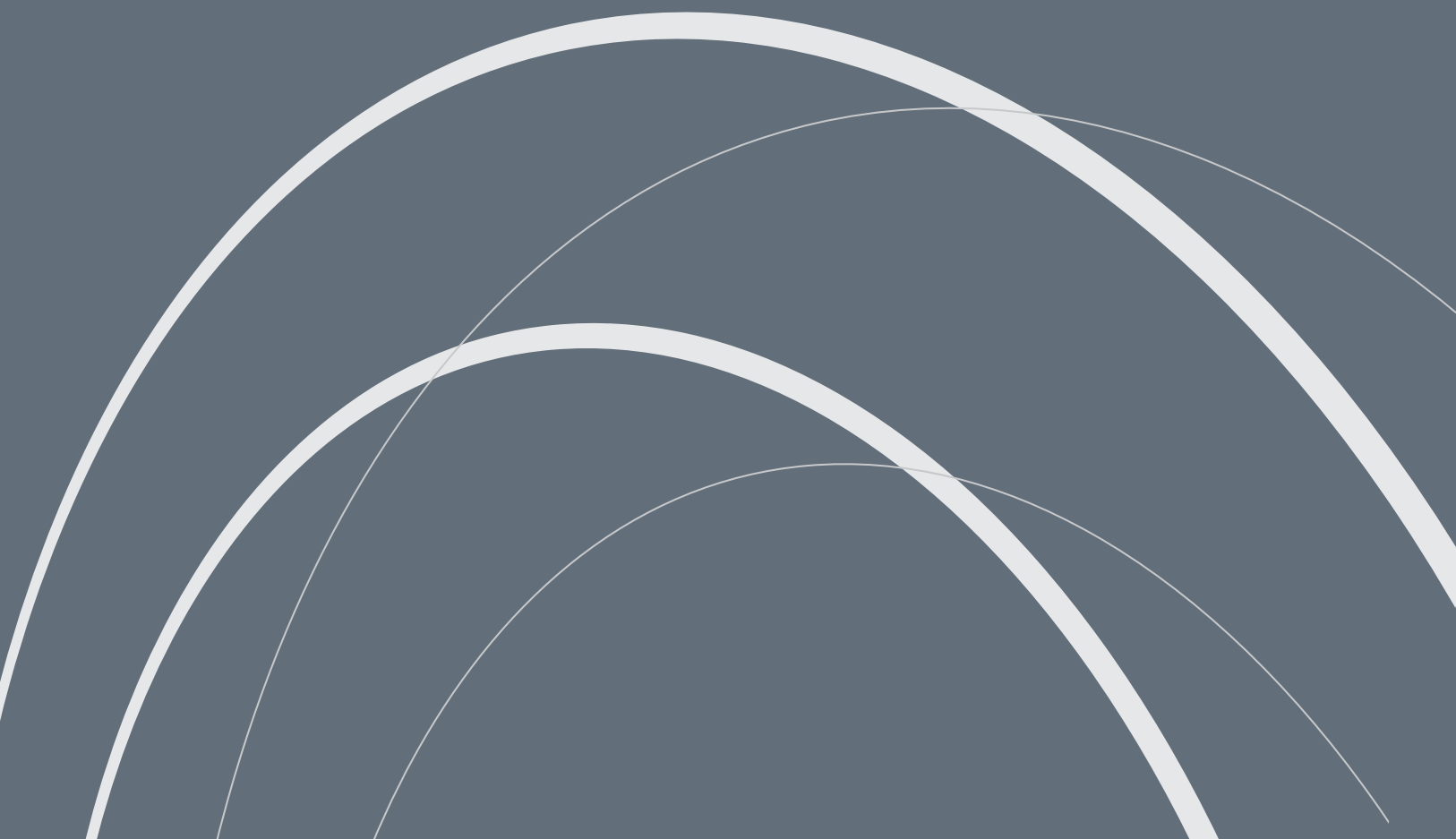
Источник: Стратегия E.ON.

4. Трансформация системы регулирования рынка электроэнергетики: переход от поддержки ВИЭ и конкуренции на рынке электроэнергии к приоритету поддержки потребителя, интеграции локальных решений, а также от поставки энергии к «соединению мощностей» в рамках «Интернета энергии», переход к «гибкому рынку».

Таким образом, энергетический переход стал основной повесткой для многих стран. Он также фиксирует, что ключевыми драйверами трансформации электроэнергетики сегодня являются эволюция потребительского поведения, поддерживаемая новыми технологиями, и стратегически-ориентированное государственное регулирование.

2.

**КЛЮЧЕВЫЕ ВЫЗОВЫ
ДЛЯ РОССИИ**



Вызовы для российской электроэнергетики имеют свои особенности, что связано с избытком традиционных топливно-энергетических ресурсов, большой и протяженной территорией с низкой плотностью сети населенных мест, специфическими социально-экономическими факторами. Но в то же время они корреспондируются с глобальными вызовами и/или вызовами для стран с близкими условиями.

РАСТУЩАЯ НЕЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА

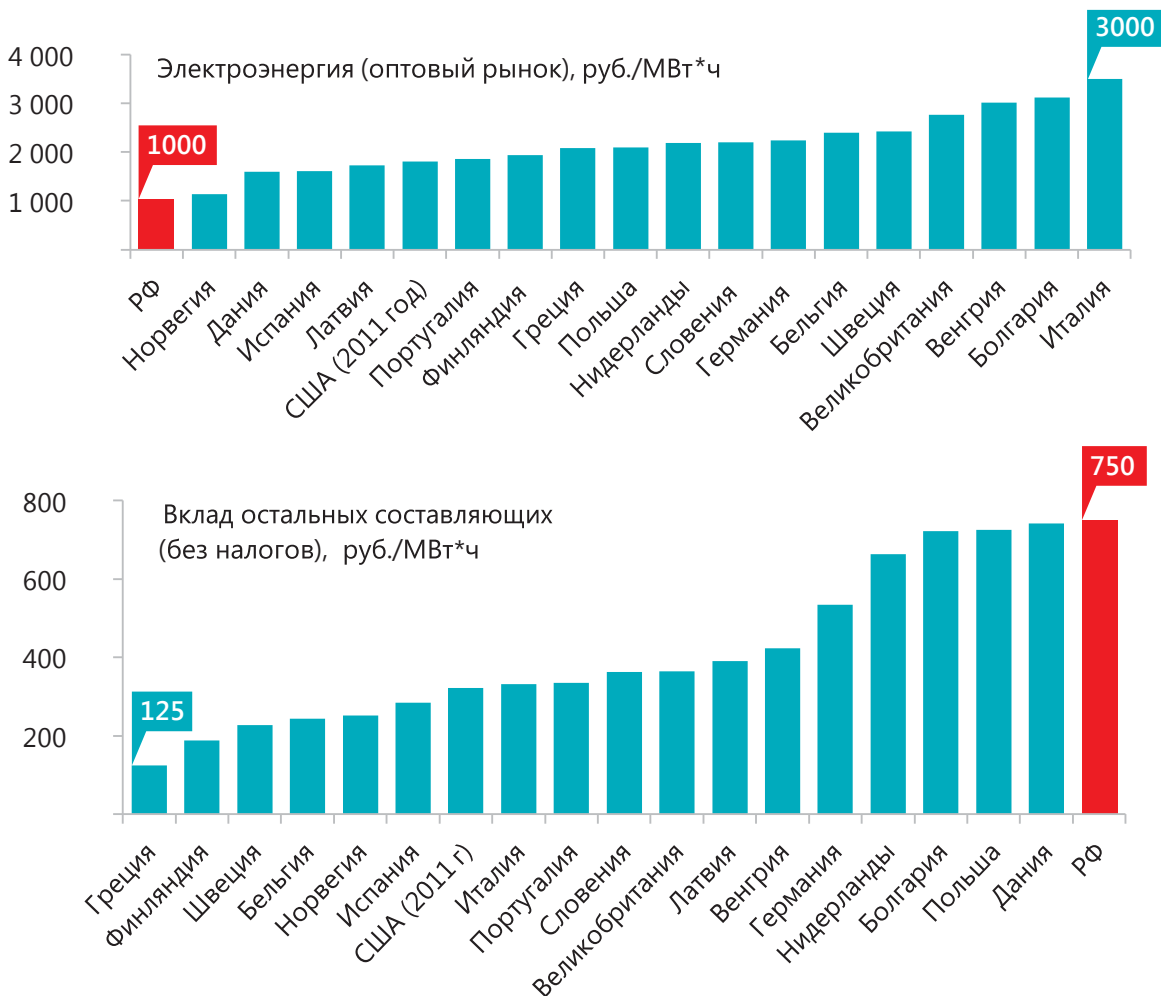
Ключевым вызовом для отрасли остается растущая неэффективность электроэнергетического сектора, приводящая к повышению тарифов и цен на электроэнергию для промышленных и коммерческих потребителей. Вызов обостряется и тем, что современные потребители становятся все более требовательными в отношении доступности, надежности и качества электроэнергии. В этом контексте следует понимать, что отрасль, базирующаяся на традиционных технологиях, не способна существенно повысить свою эффективность, а также удовлетворить новые требования потребителей без заметного роста стоимости электроэнергии.

В экономике России цена на электроэнергию остается чувствительным фактором для энергоемких промышленных потребителей. В 2012–2013 годах сочетание роста цен на электроэнергию с укреплением рубля вывело цены на электроэнергию для российских промышленных потребителей на уровень, который оказался выше, чем аналогичный показатель для некоторых иностранных конкурентов. На фоне снижения стоимости сырья (металлов) такое соотношение цен послужило одной из причин для стагнации российской экономики еще до начала кризисных событий 2014–2015 годов. Девальвация рубля привела к снижению цен на электроэнергию относительно уровня цен в других странах мира. Но в условиях одновременного падения цен на энергоносители и на сырье Россия теряет свое преимущество, продиктованное низкими ценами на газ. В настоящее время эффект падения цен компенсируется девальвацией рубля,

однако в долгосрочной перспективе девальвационный эффект не может создать стабильного конкурентного преимущества. Прогнозируется, что он исчерпается до 2020 года.

Причина высоких цен на электроэнергию (кроме фактора перекрестного субсидирования) кроется в структуре цены, которая принципиально отличается, к примеру, от структуры цен в странах ЕС. Основным вызовом для российской электроэнергетики является дорогая мощность (постоянные затраты на функционирование энергосистемы): итоговая стоимость включает как плату за генерирующую мощность, так и плату за содержание сетей, которая не зависит от объема потребления. Субсидирование населения промышленными потребителями усугубляет проблему, так как часть затрат на мощность перекладывается с граждан на компании. В результате мощностная составляющая в цене электроэнергии для промышленности является одной из самых высоких в мире.

Рисунок 6. Сравнение факторов цены на электроэнергию по странам в 2013 году, руб./МВт*ч.



Источник: расчеты Фонда «Форсайт» по данным за 2013 год

Высокая цена на мощность (в широком смысле – включая цену на генерирующую мощность и тариф за эксплуатацию сетей) образуется за счет следующих факторов¹⁰:

- Большие расстояния и низкая плотность нагрузки – на 1 кВт потребления мощности в России требуется в 1,5–3 раза больше сетевых активов, чем в большинстве других стран.
- Высокая стоимость капитала – в 2–3 раза выше, чем в Европе.
- Высокая стоимость строительства – на 20-40% выше, чем в Европе.
- Низкая загрузка сетевых (средняя загрузка сетевых активов магистрального сетевого комплекса составляет 26%, а распределительного – 32%) и генерирующих мощностей (среднегодовой коэффициент использования установленной мощности [КИУМ] – около 50%).
- Низкая производительность труда – на 1 МВт установленной мощности в России приходится в 10 раз больше работников отрасли, чем в США. Даже с учетом корректировки на наличие комбинированной выработки в России этот разрыв остается на уровне 5–7 раз.

Таким образом, увеличение тарифной нагрузки на потребителя за счет, например, реконструкции сетевых мощностей, необходимых для обеспечения 1 кВт потребительской мощности, приводит к 3–5-кратному превышению стоимости мощности для потребителя в России по сравнению с европейскими странами.

Дополнительным фактором низкой эффективности российской электроэнергетики является низкий технологический уровень тепловых электростанций, составляющих 68% генерирующих мощностей Российской Федерации (средний КПД ТЭС России не превышает 40%, в то время как КПД ТЭС, работающих в парогазовом цикле, составляет от 50 до 60%), а также постепенная «деградация» тепловой энергетики, что приводит к снижению эффективности использования тепловых мощностей (28% когенерационной выработки в настоящее время против 34% в 1991 году), низкой топливной эффективности (53% в России против 80% в Скандинавии), большим потерям тепла (60% в России против 20% в Финляндии).

Нарастающее старение основных средств и динамика спроса на электроэнергию определяет в 2022–2025 годы начало нового инвестиционного цикла в российской электроэнергетике. По оценке Минэнерго России, для модернизации объектов электроэнергетики и строительства новых мощностей до 2035 года потребуются инвестиции в размере 200–250 млрд долл. США¹¹. Кроме того, на развитие распределительного сетевого комплекса оценочно потребуется 50 млрд долл. США.

¹⁰ План мероприятий (дорожная карта) «Энерджинет» Национальной технологической инициативы.

¹¹ Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 года» (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2017 г. № 1209-р).

Перенос стоимости генерирующих и сетевых мощностей на тарифы и конечные цены на электроэнергию в ближайшем будущем приведет к тому, что цена на электроэнергию для промышленности в России превысит цену в США и почти сравняется со средней ценой в странах ЕС: это негативно скажется на конкурентоспособности экспортируемой продукции российской промышленности с ее традиционно высокой удельной энергоемкостью производства.

ВЫТЕСНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОМПАНИЙ С РЫНКОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ

Помимо прочего, при планировании развития электроэнергетики необходимо учитывать состояние отечественного энергомашиностроения и инжиниринга. При строительстве/ модернизации объектов электроэнергетики и инфраструктуры в Российской Федерации задействуется высокая доля импортного оборудования и инжиниринговых работ. В определенной степени в связи с этим за последние годы продолжает ухудшаться состояние российского энергетического машиностроения, электротехнической промышленности и инжиниринга, технологическое отставание которых от зарубежных конкурентов усиливается, место на иностранных рынках сокращается, и сама эта отрасль переходит к своеобразному изоляционизму, грозящему непреодолимым отставанием и ее постепенным исчезновением.

В то же время происходит трансформация глобального рынка энергетического оборудования и систем, что создает окно возможностей для России. В настоящий момент мировой рынок современного энергетического оборудования и систем оценивается в 1,3 трлн долл. США. Доля России на этом рынке составляет менее 1%. Динамично растет сегмент рынка интеллектуальных энергоустройств и систем управления. Его объем в ближайшие 20 лет вырастет с 150 млрд долл. США до 700 млрд долл. США, частично вытеснив традиционные продукты и многих игроков. Годовые темпы роста по основным сегментам такого рынка, по оценкам, превысят 10% (по некоторым позициям рост прогнозируется на уровне 20–25%), и лидерство в этих быстрорастущих секторах позволит компаниям претендовать на ведущие позиции на рынке в целом¹².

При этом новыми игроками на данном рынке становятся компании с сильными технологическими компетенциями в области информационно-коммуникационных технологий и систем управления сложными технологическими инфраструктурами, а также компании, освоившие бизнес-модели цифровой экономики. Эта тенденция благоприятна для российских компаний, так как здесь имеются свои «истории успеха» и на рынок могут выходить не только «традиционные игроки», но и высокотехнологичные конкурентные ИКТ-компании, выступающие в партнерстве с предприятиями энергомашиностроения и энергетического инжиниринга. По оценкам рабочей группы «Энерджинет» Национальной технологической

¹² Оценка фонда «Форсайт» на основе отчетов по разным сегментам рынка компании Navigant Research за 2014–2015 годы.

инициативы, достижимая целевая доля российских компаний на глобальных рынках составляет 5–6%: основная часть российского предложения при этом придется на быстрорастущие рынки стран БРИКС и других развивающихся экономик.

Рисунок 7. Приоритетные для России сегменты глобального рынка оборудования и систем для электроэнергетики.

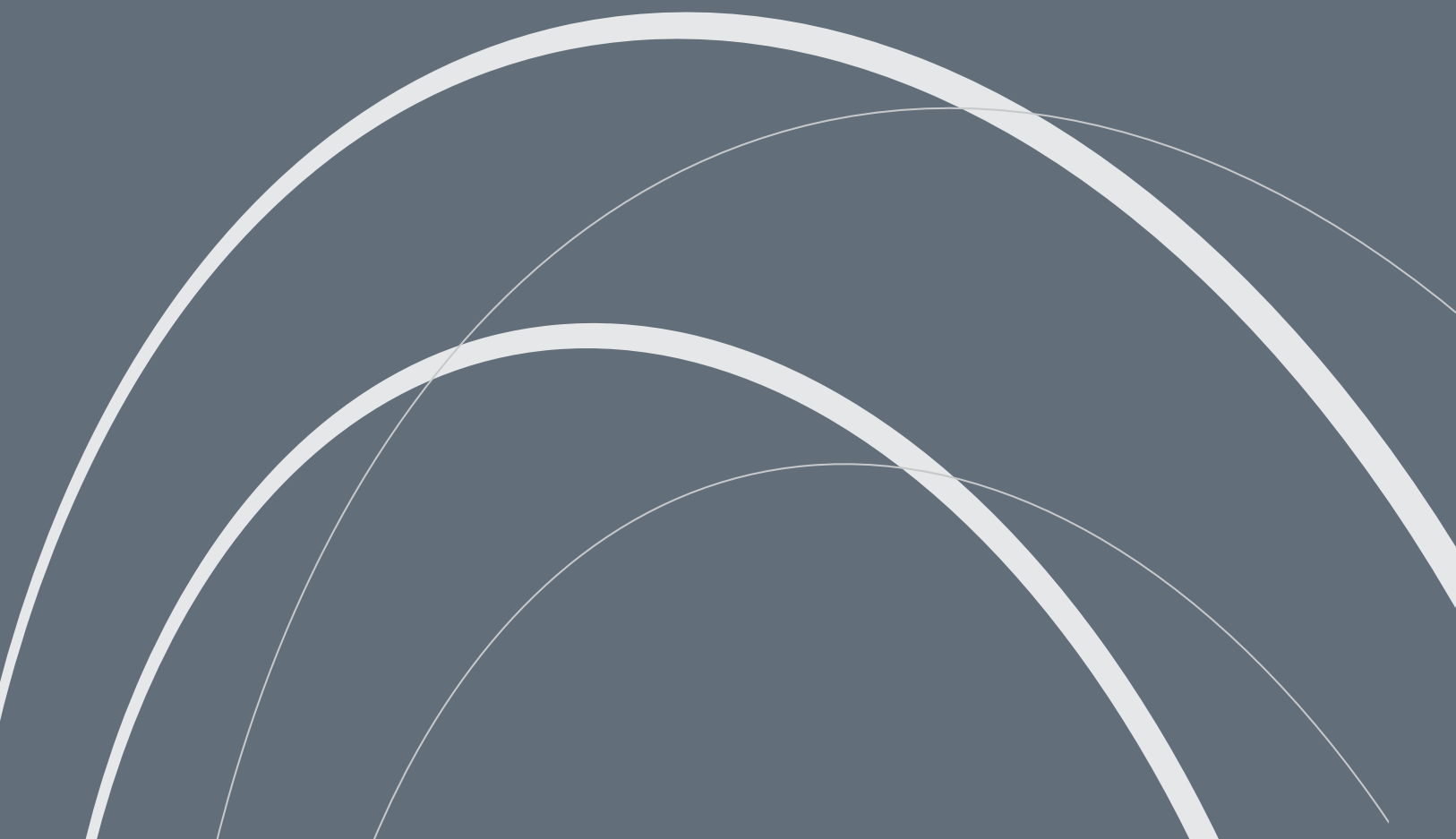


Источник: Рабочая группа «Энерджинет».

Все это говорит о том, что рыночные предпосылки для развития в Российской Федерации высокотехнологичной электроэнергетики уже сформировались. В данной связи необходима ориентация государственной политики в сфере электроэнергетики на реализацию инновационного сценария, позволяющего на основе новой технологической модели сдерживать рост цен для потребителей и формировать научно-технологическую и промышленную готовность для захвата ниш на глобальном рынке оборудования, систем и сервисов для новой отрасли.

3.

**СТРАТЕГИЧЕСКИЙ
МАНЕВР**



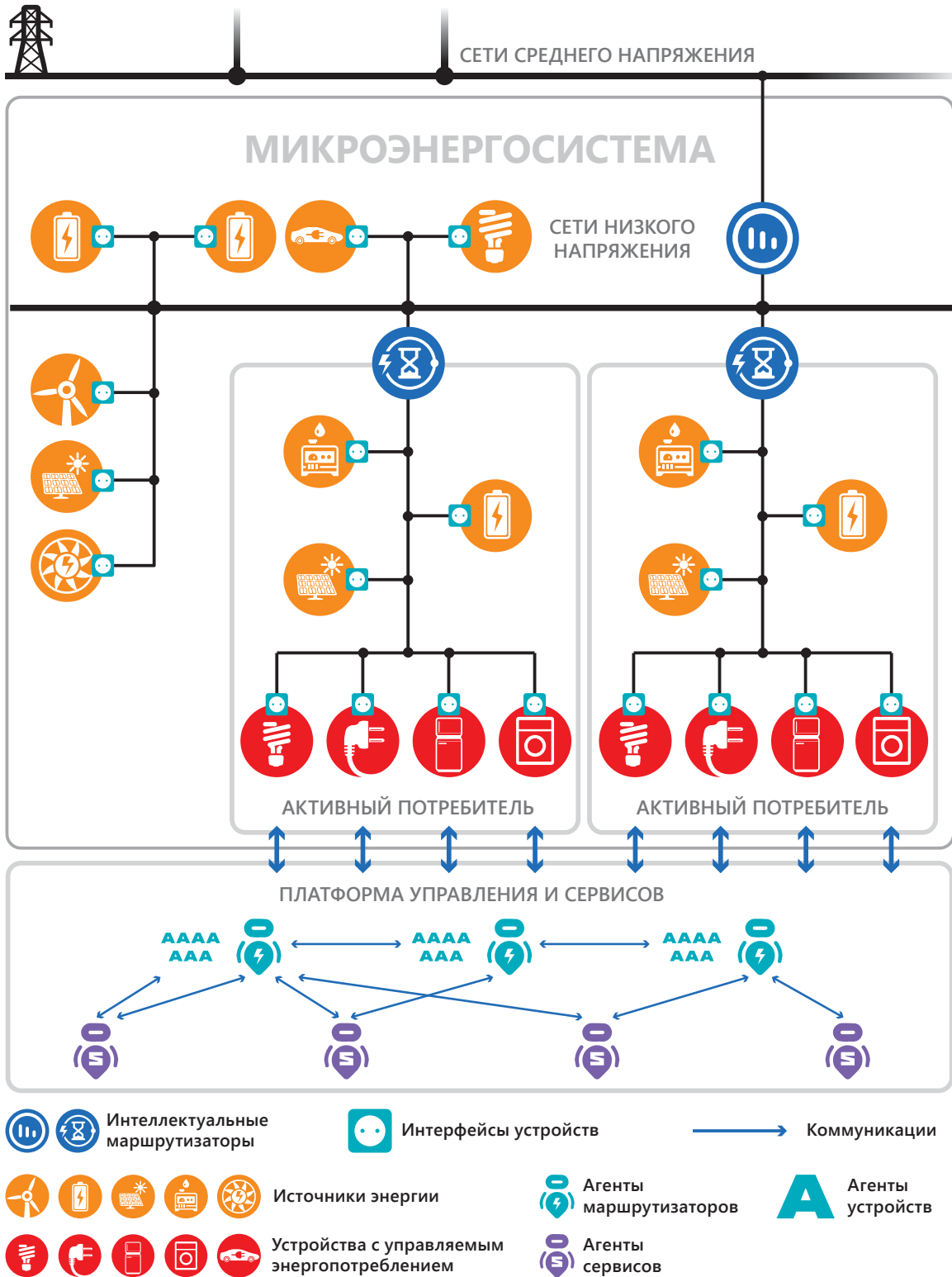
Ответ на указанные вызовы должен стать одной из ключевых целей политики Российской Федерации в сфере электроэнергетики на среднесрочную перспективу. Должна быть определена архитектура организации электроэнергетики на основе новых технологий, сформированы механизмы трансформации электроэнергетики, приводящие к росту эффективности использования энергетических мощностей, наконец, должны быть найдены новые высокотехнологичные продукты российского экспорта, которые выступили бы локомотивом развития российского энергетического машиностроения, инжиниринга, науки.

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПАРАДИГМА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Стратегический маневр состоит в том, чтобы приоритетным образом осуществить трансформацию российской электроэнергетики за счет реорганизации ее в сеть интегрированных в ЕЭС локализованных кластеров производителей и потребителей энергии, которые будут беспрепятственно участвовать в общей инфраструктуре и обмениваться энергией.

Базовой основой новой технологической парадигмы в электроэнергетике в рамках подходов «Интернета энергии» являются конечные устройства потребителей с управляемым энергопотреблением, а также распределенная генерация и системы хранения энергии, находящиеся на стороне потребителей и/или в распределительных сетях низкого и среднего напряжения в непосредственной близости от потребителей. Активные потребители (просьюмеры) являются субъектами нового типа, т. к. они могут управляемым образом осуществлять потребление, производство и хранение электроэнергии. Объединение (агрегирование) управляемых энергообъектов и активных потребителей в системы различного масштаба позволяет оптимальным образом планировать развитие собственных мощностей для обеспечения требуемых характеристик доступности, надежности, качества, а также осуществлять экономически оптимальное их использование в сочетании с потреблением электроэнергии из существующей энергосистемы.

Рисунок 8. Архитектура «Интернета энергии».



Источник: ЦСР, Архитектурный комитет рабочей группы «Энерджинет».

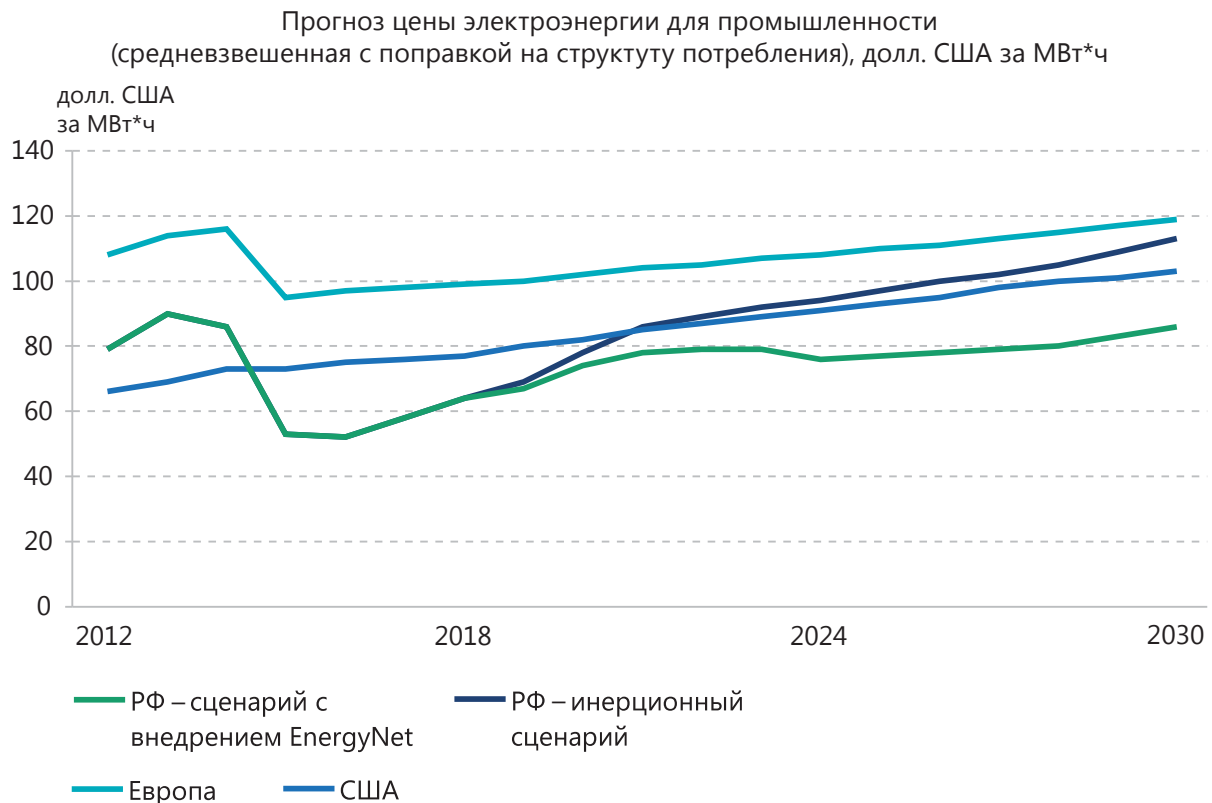
«Маршрутизаторы/роутеры энергии», устанавливаемые в местах взаимодействия между энергосистемами различного масштаба, осуществляют функции интеллектуального контроля режима энергообмена между системами в соответствии с договорными обязательствами и ограничениями общего характера. Платформа управления и сервисов обеспечивает унифицированный (через интеллектуальных программных агентов) доступ ко всем устройствам с управляемым энергопотреблением, объектам распределенной генерации и систем хранения энергии, «маршрутизаторам энергии», что позволяет поставщикам потребительских и системных сервисов на конкурентных основаниях предлагать свои решения (также на базе интеллектуальных программных агентов) различным пользователям. При полной реализации данного видения такая платформа должна стать глобальной информационной средой, в которой интеллектуальные программные агенты автоматически (без участия человека) осуществляют все необходимые транзакции, связанные с энергообменом и другими энергетическими сервисами.

Общая организация энергосистемы может быть осуществлена как органическое соединение большой электроэнергетики и архитектуры, формирующейся на базе новой технологической парадигмы. Генерирующие мощности, магистральные и региональные распределительные сети, крупные потребители остаются в традиционной парадигме функционирования. Распределительные сети уровня напряжения ниже 110 кВ с присоединенными к ним активными и пассивными потребителями, объектами распределенной генерации и систем хранения электроэнергии, трансформируются в кластеры новой электроэнергетики, интегрированные в общее (в максимальном варианте – глобальное) информационное пространство.

ОЖИДАЕМЫЕ ЭФФЕКТЫ

Целесообразно до наступления следующего большого инвестиционного цикла в российской электроэнергетике (2022–2025 годы) сформировать научно-технологическую и промышленную базу для инновационного сценария развития, основанного на реализации новой технологической парадигмы. Такой маневр позволит снизить финансовую нагрузку на потребителей (прежде всего, энергоемких промышленных и коммерческих), связанную с необходимостью возврата инвестиций в большую энергетику через тарифы, а также даст им свободу действия по переходу на новые, более гибкие и эффективные технологические решения – от «умных» сетей до гибридных систем собственного электроснабжения. Кроме того, реализация этого подхода обеспечит большую энергетику возможностями более эффективного управления имеющимися мощностями за счет регулирования нагрузки и распределенных энергетических ресурсов, оптимизации сетевой инфраструктуры, а также приведет к сокращению потребности во вводе новых мощностей. При этом немаловажным моментом является то, что развитие электроэнергетики будет осуществляться, прежде всего, за счет частных инвестиций потребителей, строительных компаний, организаций-агрегаторов и других сервисных компаний.

Рисунок 9. Влияние масштабного разворачивания «Интернета энергии» на цены электроэнергии для потребителей РФ.



Источник: Фонд «Форсайт».

В России переход к новой технологической парадигме в электроэнергетике, по оценкам рабочей группы «Энерджинет» Национальной технологической инициативы, позволит в перспективе до 2035 года добиться снижения цен на электроэнергию на 30–40% по сравнению с ценами, заложенными в инерционном прогнозе развития электроэнергетики, и раскрыть для российских производителей внутренний рынок с годовым объемом до 10 млрд долл. США. Кроме того, осуществление в данный период времени в большой энергетике плановой реконструкции тепловых электростанций с переходом на установки с более высоким КПД, а также архитектурно-технологические изменения городских систем теплоснабжения обеспечат дополнительный рост эффективности российской электроэнергетики за счет сокращения потребности в топливе при том же объеме выработки энергии.

Другой важный эффект связан с тем, что технологические компании, предприятия энергетического машиностроения и инжиниринга получают рыночный сигнал и реальные возможности для роста и развития. Это не только позволит опереться на российский бизнес для реализации задач инновационного развития национальной электроэнергетики, но также даст отечественным компаниям возможность занять существенные ниши на быстро-

растущем глобальном рынке оборудования, систем и сервисов новой электроэнергетики. По оценкам рабочей группы «Энерджинет» Национальной технологической инициативы, уровень доходов российских компаний от экспорта оборудования, систем и сервисов для новой электроэнергетики на глобальные рынки может составить в 2035 году около 40 млрд долл. США.

В России существует целый ряд компаний («Таврида электрик», «КЭР-холдинг», «РТСофт», Qiwi, TibboSystems, «Лаборатория Касперского», «Яндекс» и др.), которые имеют конкурентные компетенции и опыт работы на глобальных рынках. Они обладают необходимым потенциалом для превращения в лидеров реализации предлагаемого стратегического маневра.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ

Для отраслевой технологической повестки предлагаемый стратегический маневр означает, что приоритетными становятся направления, принципиально важные для реализации новой технологической парадигмы в отрасли и обеспеченные отечественными лидерскими инициативами. Прежде всего, к ним относятся:

1. открытые модульные цифровые платформы для организации киберфизических систем и сред в электроэнергетике;
2. интеллектуальные мультиагентные системы управления;
3. системы хранения электроэнергии (от аккумуляторов для электромобилей и бытового сектора до систем хранения электроэнергии большой емкости, в т. ч. технологии хранения электроэнергии в водородном цикле);
4. перспективная высоковольтная и высокочастотная силовая электроника;
5. технологии «Интернета вещей» (цифровые датчики, сенсоры, актуаторы и средства коммуникации);
6. цифровые финансовые технологии (блокчейн, смарт-контракты, децентрализованные автономные организации).

Данный пакет технологий полностью сформируется и станет основой для новой электроэнергетики в течение 5 лет.

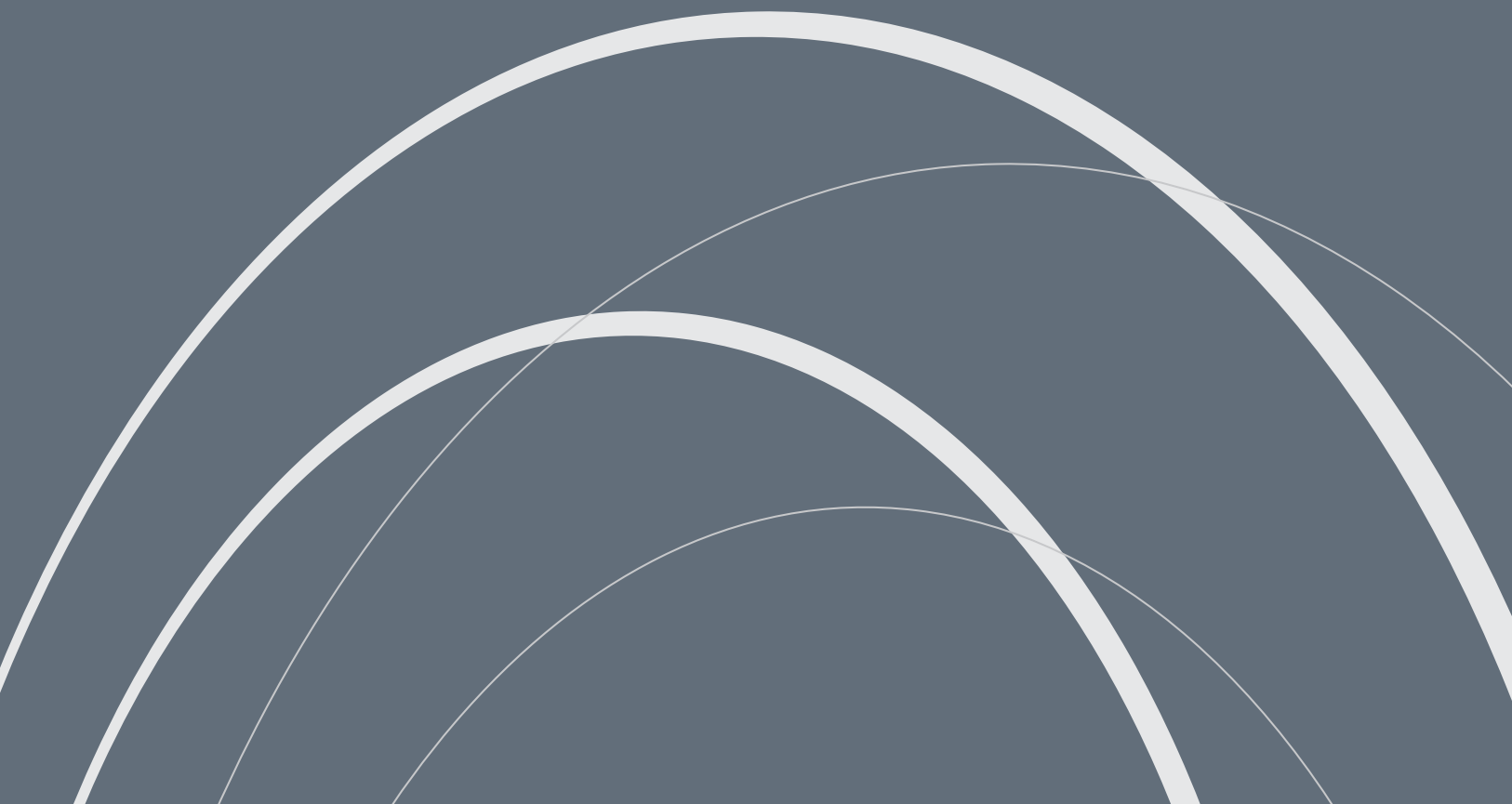
РИСКИ ИНЕРЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

Россия не может игнорировать факт смены технологической модели в электроэнергетике и связанные с ним вызовы и сдвиги в развитии отрасли. В противном случае страна столкнется с рядом рисков:

1. риск получить более дорогую и менее гибкую электроэнергетику по сравнению с другими индустриально развитыми странами, лишиться ряда новых рынков (например, рынка хранения энергии), существенно ограничить развитие новой (цифровой) индустрии;
2. риск получить в качестве ресурсной базы топливную корзину с убывающей эффективностью инвестиций в производство электроэнергии, а также весьма чувствительную к разного рода экологическим ограничениям;
3. риск технологически отстать от других индустриально развитых стран из-за сосредоточения России на зрелых технологиях и отказа от проактивного развития передовых технологий;
4. риск не получить высокотехнологические рабочие места в сфере передовых энергетических технологий, производств и сервисов.

4.

**НЕОБХОДИМЫЕ
ДЕЙСТВИЯ**



Для реализации стратегического маневра необходимо сформировать целевое видение трансформации электроэнергетики и выстроить проактивную государственную политику ее технологического развития. Данная политика должна способствовать появлению научно-технологического и производственного потенциала, внедрению нового технологического пакета в различные практики электроэнергетики, пересмотру бизнес-моделей и инновационных стратегий российских энергетических компаний. Для этого потребуются корректировка системы норм и стандартов, открытие нового цикла регулирования. Необходимо внесение значительных изменений в нормативную правовую базу, а также выборочное применение механизмов государственной поддержки (преимущественно при осуществлении пилотирования комплексных решений, импорта технологий и проведении собственных разработок).

Ряд государственных и частно-государственных стратегических документов уже направлен на реализацию указанного стратегического маневра. В частности, вектор перехода к интеллектуальной энергетике поддерживает концепция национального проекта «Интеллектуальная энергетическая система России», который в настоящее время разрабатывается Минэнерго России. Также на формирование технологической базы для развития новой электроэнергетики направлен уже неоднократно упомянутый План мероприятий (дорожная карта) «Энерджинет» Национальной технологической инициативы.

Препятствием для реализации стратегического маневра является то, что в сложившихся институциональных условиях основные субъекты рынка и инфраструктурные организации не заинтересованы в переходе к новой

архитектуре в отрасли, а розничные потребители и субъекты распределенной энергетики остаются вне поля конкурентных механизмов и сталкиваются с регуляторными барьерами для реализации новых подходов к энергоснабжению. Помимо данного ключевого препятствия также можно выделить следующие проблемы институционального и организационного характера:

- 1 Неготовность государственных регуляторов и инфраструктурных организаций электроэнергетики к либерализации энергетических рынков и массовому появлению новых типов активных потребителей.
- 2 Технологическая неготовность энергосистемы России к массовому появлению подключенных к сети активных потребителей, распространению двунаправленных и многосторонних потоков электроэнергии и мощности.
- 3 Устаревание норм технического регулирования и норм проектирования в сфере электроэнергетики, их ориентация на устаревшие технологии, отсутствие массовой практики частого обновления норм технического регулирования.
- 4 Отсутствие очевидной экономической заинтересованности основных игроков российского энергетического рынка – крупных частных и государственных компаний – в повышении эффективности собственной работы и особенно в повышении эффективности работы энергосистемы в целом.
- 5 Традиционная ориентация российской электроэнергетики на обеспечение высокой гарантированной надежности и резервирования мощностей, а не на эффективность работы системы и удовлетворение потребностей клиентов.
- 6 Ориентация российских инжиниринговых компаний и компаний энергетического машиностроения исключительно на внутренний рынок, отсутствие «глобальных амбиций» российского энергетического машиностроения.
- 7 Устаревание технологической и производственной базы компаний энергетического машиностроения.
- 8 Отсутствие гарантированного доступа российского энергетического машиностроения к ряду критических технологий (точная механика, технологии газовых турбин, технологии хранения электроэнергии, силовая электроника и т. д.).
- 9 Отсутствие эффективных механизмов и институтов, обеспечивающих доведение результатов научных исследований и разработок (научно-технического задела) до промышленного производства серийной продукции.

Определяющим условием для развития новой электроэнергетики в России должно стать изменение архитектуры розничного сектора рынка электроэнергии, дерегулирование экономических отношений его субъектов, создание упрощенных интерфейсов технологического и информационного взаимодействия объектов распределенной энергетики с ЕЭС, создание механизмов распределения системного экономического эффекта.

Эти действия должны привести к появлению нового класса рыночных субъектов – активных потребителей и просьюмеров, операторов микроэнергосистем и агрегаторов распределенных энергетических объектов, различных сервисных организаций. Данные субъекты могут быть заинтересованы в использовании новых технологий, окажут «творческое давление» на электроэнергетическую инфраструктуру, создадут спрос на высокотехнологичное оборудование и сервисы. Потребители, в свою очередь, получают возможность выбора вариантов энергоснабжения, что будет способствовать развитию конкуренции в отрасли. Итогом реализации данных действий должно стать повышение привлекательности российского сектора электроэнергетики для инвесторов.

При реализации всех этих задач важно определить сбалансированную модель организации российской энергосистемы, которая обеспечит оптимальное сочетание элементов новой технологической парадигмы и большой электроэнергетики. Решение этой проблемы невозможно без проактивной государственной политики в данной сфере.

Кроме того, должны быть реализованы меры, направленные на организацию эффективной экосистемы для разработки новых передовых технологий для электроэнергетической отрасли и их продвижения в России и мире. Такая экосистема может быть «выращена» только на основе инфраструктуры поддержки и обеспечения исследований и разработок: в ее состав должны войти центры научных компетенций, формирующие опережающий научно-технический задел и порождающие оригинальные решения, центры технологических компетенций, обеспечивающие переход от результатов исследований и разработок к технологическим продуктам с конкурентоспособными и воспроизводимыми свойствами, центры испытаний и сертификации, обеспечивающие верификацию и подтверждение заявленных свойств продукции для потенциальных заказчиков.

Необходимо отметить, что в ряде развитых стран институты технологического развития в сфере энергетики имеют привилегированное положение наравне с институтами, обслуживающими военно-промышленный комплекс¹³.

¹³ В частности, с целью финансирования научных исследований и разработок перспективных энергетических технологий в США в 2007 году было учреждено новое агентство – ARPA-E. Оно создано по образцу DARPA – Управления перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США.

В силу этого для реализации предлагаемой технологической повестки политики Российской Федерации в сфере электроэнергетики необходимо реализовать ряд принципиальных мер институционального и организационного характера:

1

СОЗДАТЬ СТРАТЕГИЧЕСКИЙ КОНСОРЦИУМ (инвестиционное технологическое партнерство) в составе компаний — поставщиков технологических решений, потребителей и регулятора для реализации перехода к новой технологической парадигме в российской электроэнергетике. Основные функции консорциума:

- A.** разработка комплекса стандартов использования новых технологий, платформенных решений для цифровизации инфраструктуры, ее эталонной архитектуры как базы для создания и интеграции новых бизнес-моделей (практик);
- B.** отработка необходимого для реализации элементов эталонной архитектуры пакета технологических решений;
- C.** тестирование (на базе специально созданных стендов и экспериментальных площадок) применимости и совместимости новых технологий;
- D.** разработка и продвижение новых положений нормативно-правового регулирования;
- E.** участие в международных коллаборациях.

2

СФОРМИРОВАТЬ РЕГУЛЯТОРНЫЕ УСЛОВИЯ для появления новых субъектов электроэнергетики и реализации гибких форм их участия в энергообмене. Внести соответствующие изменения в законодательство об электроэнергетике в т. ч. в части:

- A.** введения в законодательство нового типа участника рынка (активного потребителя), выполняющего стандарт управляемого интеллектуального соединения с электроэнергетической системой, полностью отвечающего за управление своим энергообеспечением и при этом имеющего минимальные регуляторные ограничения по организационной модели своей работы;
- B.** совершенствования правил функционирования торговых систем для создания рынков распределенной энергетики, обеспечивающих эффективный обмен товарами и услугами между традиционными участниками рынков и участниками нового типа;
- C.** обеспечения возможности для использования в торговых системах, а также в других системах, поддерживающих реализацию различных сервисов, интеллектуальных программных агентов и систем, уполномоченных своими собственниками

самостоятельно осуществлять транзакции в соответствии с заданными целями и эвристиками;

- D.** введения возможности применения технологий скоординированного управления распределенными источниками и потребителями энергии, системами хранения энергии, средствами регулирования нагрузки (агрегаторами) с целью повышения эффективности их использования и участия в рынках электроэнергии и мощности, включая оказание системных услуг и выполнения иных функций на этих рынках;
- E.** повышения технологической и экономической гибкости условий по надежности и качеству энергоснабжения, создания возможности выбора потребителем необходимых условий энергоснабжения и учета их в стоимости;
- F.** развития учета возможностей, предоставляемых новыми решениями, при оценке, формировании и реализации инвестиционных программ регулируемых компаний (в т. ч. внедрение методики оценки инвестиционных проектов по стоимости владения на всем жизненном цикле решения).

3

ПЕРЕСМОТРЕТЬ ПРАКТИКУ ПЕРЕКРЕСТНОГО СУБСИДИРОВАНИЯ в электроэнергетике с целью получения более точных и стимулирующих экономических сигналов для технологического обновления и повышения энергоэффективности в тех областях электроэнергетики, где это может принести наибольший результат, в т. ч.:

- A.** уход от практики льготного технологического присоединения к электрическим сетям безотносительно к реальной экономической стоимости соответствующих технических решений (т. к. это дестимулирует развитие альтернативных, более эффективных технологий энергоснабжения);
- B.** изменение структуры оплаты сетевых услуг с выделением составляющей за резервирование сетевой мощности присоединения (с условием неувеличения нагрузки на потребителей на момент изменения системы оплаты, что в дальнейшем обеспечит оптимизацию распределения и использования сетевых мощностей и нагрузки со стороны потребителей);
- C.** изменение структуры оплаты электроснабжения с исключением или минимизацией составляющих, связанных с перекрестным субсидированием, с одновременным включением составляющих, отражающих уровень надежности и качества электроснабжения, с возможностью их последующей дифференциации (в момент перехода необходимая валовая выручка [НВВ] сети и платеж потребителя изменятся незначительно);
- D.** замена перекрестного субсидирования населения промышленными потребителями

на механизмы адресной социальной поддержки нуждающихся слоев населения или на систему ограничения объемов потребления по льготным тарифам (соцнорма);

- Е.** отказ от дальнейшего разворачивания системы субсидирования энергоснабжения одних регионов Российской Федерации за счет потребителей других регионов (т. к. это приводит к росту неэффективного энергопотребления в субсидируемых регионах, не обеспеченного доступной генерацией и инфраструктурой);
- Ф.** минимизация перекрестного субсидирования в теплоснабжении с целью повышения эффективности и востребованности источников с комбинированной выработкой электроэнергии и тепла.

4

РАЗРАБОТАТЬ МЕРЫ ДЛЯ СТИМУЛИРОВАНИЯ применения современных инновационных решений в электроэнергетике, в т. ч. в части:

- А.** разработки модельных реализаций новых архитектур энергетических систем различного масштаба (дом/здание, микрорайон, промышленная площадка, поселок, город);
- В.** изменения норм технического регулирования и проектирования на основе новых технологий; изменения программ развития инфраструктурных организаций электроэнергетики;
- С.** перехода к практике организации тарифно-регуляторных экспериментов в тепло- и электроэнергетике в отдельных территориальных образованиях;
- Д.** обеспечения реализации при поддержке инфраструктурных организаций пилотных внедрений инновационных решений в электроэнергетике;
- Е.** стимулирования реализации региональных программ (пилотных и штатных), направленных на комплексное развитие энергетики на основе новых подходов, технологий и практик, а также обеспечивающих развитие высокотехнологичных компаний малого и среднего бизнеса.

5

СОЗДАТЬ РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО передовых исследований и разработок в сфере энергетики (по аналогии с ARPA-E в США) и другие механизмы реализации приоритетных технологических направлений политики Российской Федерации в сфере электроэнергетики, в т. ч. в части:

- А.** создания при поддержке Минэнерго России, Минпромторга России и Минобрнауки России и в координации с российскими институтами инновационного развития технологического агентства, обеспечивающего развитие наиболее перспективных

передовых технологий генерации, передачи, хранения и использования энергии в рамках долгосрочных программ развития, включая:

- I определение, поиск и отбор перспективных технологий;
 - II выполнение функции заказчика на поисковые исследования и доконкурентные разработки по приоритетным технологиям;
 - III поддержку и координацию НИОКР партнеров;
 - IV поддержку организации производства и экспорта перспективных технологических решений;
- В.** определения перечня приоритетных технологий, а также механизмов их проекции на отраслевые программы НИР и ОКР, инвестиционные мероприятия, федеральные программы и иные профильные затраты федерального правительства;
- С.** создания с участием институтов инновационного развития и промышленности сети национальных центров быстрого прототипирования и развития технологий (технологизации) по приоритетным технологиям новой электроэнергетики, в состав которых должны входить экспериментальные производственно-технологические базы;
- Д.** создания (в т. ч. на базе существующих структур) испытательно-сертификационных центров;
- Е.** создания с участием институтов инновационного развития и промышленности сети центров компетенций по приоритетным направлениям; формирования тестовых полигонов (стендовых и натуральных) на базе вузов и инноградов; формирования в вузах образовательных программ по новым технологическим направлениям и новым практикам в электроэнергетике.

6

РАЗРАБОТАТЬ ДОЛГОСРОЧНУЮ ПРОГРАММУ ПОДДЕРЖКИ ЭКСПОРТА высокотехнологических продуктов и сервисов в сфере электроэнергетики с акцентом на развитие системы кредитных гарантий, экспортного кредитования, продвижение на правительственном уровне стран-партнеров пакетов российских решений для новой электроэнергетики, поддержку реализации совместных межгосударственных проектов, информационно-аналитическое обеспечение экспорта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ПЕРЕХОД К НОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПАРАДИГМЕ в электроэнергетике и принципам «Интернета энергии» – не панацея. Предлагаемые действия не отменяют необходимости (хотя и в меньшем объеме) планомерного обновления и развития большой энергетики, а также создания и внедрения технологий разной направленности, как модернизационных, так и прорывных. В то же время текущая ситуация и тренды в электроэнергетике в России и в мире таковы, что реализация инновационного сценария развития отрасли как перехода к новому способу организации социальных практик и новому быстрорастущему и потенциально большому рынку создает окно возможностей для развития российской электроэнергетики, национальной промышленности, инженерии и науки.

Всегда будут позиции и обоснованные мнения относительно реализации более консервативных сценариев. Можно по-разному оценивать начавшуюся трансформацию электроэнергетики в мире. Но не замечать ее нельзя.

В частности, по прогнозам ряда аналитических агентств, в долгосрочной перспективе спрос на электроэнергию будет расти в два раза быстрее, чем спрос на топливо для транспорта. Так, к 2050 году на электроэнергию будет приходиться четверть всех потребностей в энергии, по сравнению с 18% в настоящее время. В то же время в параметрах Основного сценария развития энергетики, представленного МЭА (IEA) в Прогнозе мировой энергетики – 2016 (WEO-2016), зафиксировано, что почти 60% всех новых электрогенерирующих мощностей к 2040 году будут обеспечиваться возобновляемыми источниками энергии и большинство этих мощностей к 2040 году станут конкурентоспособными

без каких-либо субсидий. Их быстрое внедрение приведет к снижению затрат: ожидается, что к 2040 году в солнечной электроэнергетике средние затраты сократятся еще на 50%, а в наземной ветровой электроэнергетике – еще на 20%. А к 2050 году уже более трех четвертей новых мощностей (77%), по данным исследования McKinsey, будет приходиться на мощности, получающие энергию от ветра и солнца.

Помимо этого, из-за растущего рынка бытовой электроники и увеличивающегося спроса на электромобили гораздо быстрее, чем ожидалось ранее, снижаются цены на системы хранения (накопители) энергии¹⁴. В ближайшие 5 лет ожидается, что их стоимость снизится еще в 2 раза¹⁵. Хранение энергии уже стало экономически оправданным для многих коммерческих клиентов при использовании в период пиковых уровней потребления. В интеграции с возобновляемыми источниками энергии эти технологии начинают играть более активную роль на энергетических рынках. Кроме того, качественно иные возможности для организации энергосистем предоставляют цифровые технологии и интеллектуальные системы управления, обеспечивающие получение в реальном времени данных о состоянии окружающей среды и режиме функционирования системы, оперативное принятие решений, их автоматическое исполнение при помощи электронных актуаторов. Эти технологии в перспективе 5–7 лет будут иметь наибольший годовой прирост рынка (CAGR более 20%)¹⁶.

Несмотря на то, что не все прогнозы, в том числе и МЭА, сбываются, в рамках парадигмы энергетического перехода (energy transition) в ведущих экономиках уже инициирована общая модернизация национальных энергетических комплексов и переоснащение производственных мощностей ТЭК, установлены соответствующие приоритеты политики.

Например, в части технологического переоснащения электроэнергетики Германии ставку предполагается делать на модернизацию и расширение межрегиональных электросетей и местных распределительных электросетей, а также на переход к более гибкой архитектуре и на цифровизацию (использование «умных счетчиков» [smart meters])¹⁷. Переоснащение электросетевой инфраструктуры связано, в первую очередь, с необходимостью к 2020 году перейти на обеспечение 20% энергобаланса страны за счет возобновляемых источников энергии. При этом, согласно Концепции энергетической политики Германии, к 2050 году в стране планируется¹⁸ уменьшить потребление энергии от первичных источников на 50% по сравнению с уровнем 2008 года, а также обеспечить долю ВИЭ в общем балансе источников энергии на уровне не ниже 60% от валового объема энергопотребления.

¹⁴ См. Frankel D., Wagner A. Battery storage: The next disruptive technology in the power sector // McKinsey. – Июнь 2017.

¹⁵ Energy Storage for the Grid and Ancillary Services // Navigant Research. – 2016.

¹⁶ Отчеты по сегментам рынка компании Navigant Research в 2014 и 2015 годах.

¹⁷ Ready for the next phase of the energy transition // Federal Ministry for Economic Affairs and Energy of Germany.

¹⁸ Research for an environmentally sound, reliable and affordable energy supply. 6th Energy Research Programme of the Federal Government // Federal Ministry for Economic Affairs and Energy of Germany. – 2011.

В свою очередь, Правительство Великобритании намерено сократить объемы выброса парниковых газов по отношению к уровням 1990 года на 50% к 2023–2027 годам и на 80% к 2050 году. В результате научно-технологическая повестка страны в сфере энергетики преимущественно связана с развитием низкоуглеродных энергетических технологий. Другая приоритетная задача заключается в развитии ВИЭ, доля которых в общем энергобалансе Соединенного Королевства к 2020 году должна достичь 15%.

Основные усилия правительства Китая в области энергетической политики связаны с диверсификацией источников энергии (в первую очередь со снижением доли угля в общем энергобалансе), повышением энергоэффективности в сфере промышленного производства, а также с преодолением последствий загрязнения окружающей среды. Развитие технологий в области энергетики значится в качестве одного из приоритетов Государственной средне- и долгосрочной программы развития науки и технологий на период 2006–2020 годов (The National Medium- and Long-Term Program for Science and Technology Development 2006–2020)¹⁹. Особое внимание в рамках стратегии уделяется и передовым технологиям в области энергетики, среди которых – водородная энергетика и топливные элементы, технологии в области распределительных энергосистем (малые газовые турбины, преобразование энергии), разработка реакторов на быстрых нейтронах и технологии в области управляемого термоядерного синтеза.

Несмотря на радикальное изменение политического ландшафта в США и сворачивания ряда инициатив в сфере новой энергетики, федеральное правительство продолжает финансировать значительную часть научных исследований в области энерготехнологий (в т. ч. по перспективным технологиям генерации и хранения электроэнергии). Этому способствует деятельность Агентства перспективных исследований в энергетике (ARPA-E), которое за время своей работы инвестировало около 1,1 млрд долл. США в более чем 400 потенциально трансформирующих сферу энергетики технологических проектов.

Правительство Японии, в свою очередь, разработало Национальную стратегию развития технологических инноваций в области энергетики и защиты окружающей среды до 2050 года (National Energy and Environment Strategy for Technological Innovation towards 2050, NESTI 2050)²⁰. Двумя приоритетными направлениями инновационного развития в сфере энергетики правительство называет водородную энергетику и фотоэлектрические технологии. Так, в рамках первого направления была разработана трехступенчатая программа, направленная на переход к безуглеродному использованию водородной энергетики в производственном процессе, а в рамках второго реализуется Национальная программа в сфере фотоэлектрических технологий.

¹⁹ Cao C., Suttmeier R.P., Simon D.F. China's 15-Year Science and Technology Plan // *Physics Today*. – Декабрь 2006. – С. 38–43.

²⁰ National Energy and Environment Strategy for Technological Innovation towards 2050 // Council for Science, Technology and Innovation of Japan. – Апрель 2016.

В данной ситуации взвешенной позицией для российского государства и общества является наращивание научно-технологического и промышленного потенциала для новой электроэнергетики с ориентацией на глобальные рынки, а также на проактивное использование в России новых технологий и решений по тем направлениям, которые имеют потенциал удовлетворения растущих требований потребителей и повышения системной эффективности отрасли.



ЦЕНТР
СТРАТЕГИЧЕСКИХ
РАЗРАБОТОК

125009, Москва, ул. Воздвиженка, дом 10

тел.: (495) 725 78 06, 725 78 50

e-mail: info@csr.ru

web: csr.ru