

Основные тенденции и сценарии развития мировой энергетики

Л.В. КАЛИМУЛЛИН, кандидат экономических наук,
Университет управления «ТИСБИ», Казань. E-mail: l.v.kalimullin@mail.ru

В статье рассматривается развитие мировой и российской энергетики. Выявлены следующие значимые группы тенденций: энергобезопасность, изменение продуктовой рыночной структуры, появление новых технологий и техники, формирование международных стандартов. Рассмотрены сценарии развития энергетики: консервативный, оптимистичный и высокотехнологичный. Развитие энергетики характеризуется существенным возрастанием роли инжиниринговых компетенций, возобновляемой генерации, «умной» сетевой инфраструктуры и систем хранения энергии, которые наряду с иными технологическими решениями, ориентированными на изменения базовых параметров функционирования энергосистемы, приведут к формированию ее новой архитектуры и экономики.

Ключевые слова: развитие; прогноз; сценарии; технологии; энергетические компании; возобновляемые источники энергии; накопители энергии

JEL: L94, L11, O14, Q33, Q55, P18

ORCID: 0000-0002-2910-8539

ResearcherID: U-3153-2018

Современная мировая энергетика переживает трансформацию, сопоставимую по масштабности и глубине с периодом начала XX века, когда происходила повсеместная электрификация и были сформированы базовые принципы функционирования электроэнергетической отрасли. Новый виток развития ставит иные задачи в части ответа на глобальные вызовы, включая обеспечение энергобезопасности, вовлеченность в очередную технологическую революцию («Индустрия 4.0»), становление современной архитектуры мировой энергосистемы, обеспечение экологической безопасности при помощи интеграции современных технологий.

Тенденции

В мировой и российской энергетике прослеживаются устойчивые тенденции, которые будут сказываться в долгосрочной перспективе на следующих характеристиках отрасли.

1. Энергобезопасность. Текущее состояние мировой энергетики характеризуется, с одной стороны, стабилизацией энергетических мощностей в расчете на душу населения в развитых странах, а с другой – продолжающимся их ростом для обеспечения растущего энергопотребления в развивающихся экономиках. При этом ожидается, что к 2035 г. мировое потребление электроэнергии вырастет еще на 40–50% [Экспертно..., 2017].

Гарантированное энергообеспечение является одним из ключевых факторов стабильного экономического развития. Между тем недостаточное финансирование обновления, технического перевооружения основных фондов генерирующих мощностей и объектов энергетической инфраструктуры усугубляет ситуацию старения и высокого износа энергетического оборудования во всем мире, включая самые богатые страны. В таблице 1 для иллюстрации приведены данные по США.

Таблица 1. **Возраст стоящих под базовой загрузкой энергоагрегатов в США, ГВт**

Возраст, лет	Установленная мощность, ГВт
0–10	85
11–20	164
21–30	61
31–40	152
41–50	172
Свыше 50	65

Источник: данные ScottMadden. URL: <https://www.scottmadden.com> (дата обращения: 18.01.2019).

Проблема высокого износа генерирующего оборудования, вызванная недостатком средств для его модернизации и обновления, характерна и для России (табл. 2). Так, по данным отраслевой отчетности, паротурбинное оборудование мощностью более 90 ГВт выработало парковый ресурс, и срок его эксплуатации уже в течение нескольких лет определяется по результатам индивидуальных обследований¹.

Ключевой политикой индустриальных стран становится преодоление физического и морального износа объектов ТЭК путем их модернизации, стимулирования инвестиций в расширение

¹ Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 года, утвержденная Распоряжением Правительства РФ от 9 июня 2017 г. № 1209-р.

и техническое перевооружение отрасли. При этом в экономически развитых странах запуск новых инвестиционных проектов в энергетике происходит с учетом экологических стандартов и встроено в стратегию устойчивого развития. Основными тенденциями в развитых экономиках являются обеспечение надёжного топливо- и энергоснабжения, гарантированной генерации на объектах возобновляемых источников энергии (ВИЭ), снижение риска аварийных ситуаций. Один из важнейших аспектов – диверсификация генерирующих мощностей по видам топлива с использованием наиболее экономически, экологически и энергетически эффективных решений [Станкевич, 2017].

Таблица 2. **Возраст генерирующего оборудования в России, ГВт**

Возраст, лет	Установленная мощность, ГВт
0–25	63,3
26–35	51,2
36–45	61,1
46–55	47,2
Свыше 55	17,5

Источник: Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 года.

Энергобезопасность – это составная часть национальной безопасности России, которая, с одной стороны, входит в число ведущих мировых энергоэкспортеров, а с другой – имеет весьма протяженную территорию, отличающуюся неоднородной плотностью энергосети и распределения населения и промышленных объектов. Все это значительно усложняет процесс обеспечения тепло- и энергоснабжения потребителей. При этом, несмотря на то, что энергосистема страны в целом избыточна (существует резерв генерирующих мощностей [Бушуев, 2017]), часть мощностей не являются эффективными и не в полной мере востребованы рынком.

В этой связи важнейшие задачи для нашей страны – устранить проблемы непропорциональности топливо- и энергоснабжения отдаленных регионов, решить вопросы несбалансированного распределения энергоресурсов, избыточного резервирования генерирующих мощностей, недостаточной пропускной способности электросетей, соединяющих макрорегионы. Решение этих проблем позволит повысить устойчивость энергетики по отношению к природным, экономическим и техногенным

угрозам внутреннего и внешнего характера, а также обеспечит возможность энергетики нивелировать негативные последствия от влияния различных дестабилизирующих факторов.

2. Продуктовые рынки. Трансформация существующих и формирование новых рынков направлены на повышение доступности электроэнергии для потребителей в отдаленных регионах, содействие формированию городских агломераций, развитие альтернативной энергетики, сокращение межрегиональных различий энергообеспечения.

Распространение систем кондиционирования воздуха, рост популярности новых электронных гаджетов и бытовых приборов, внедрение энергосберегающих материалов и технологий строительства приводят к опережающему росту спроса на электроэнергию при стабилизации и даже снижении потребления тепловой энергии, вырабатываемой крупными когенерационными мощностями [Афанасьев, 2013]. Наметившийся в развитых и некоторых развивающихся странах переход от рынка энергии к рынку комплексных услуг в области энергоснабжения, сопровождаемый внедрением принципиально новых энергетических технологий, ведет к росту сектора энергосервисных компаний и услуг, увеличению инвестиций в малую распределенную энергетику. По оценкам, глобальные инвестиции в микрогриды с 2015 г. по 2022 г. должны вырасти с 4,1 млрд долл. до 12,3 млрд долл.²

Создание новых рынков энергии (электромобили, дома с положительным энергобалансом, активные энергокомплексы, системы хранения энергии) трансформирует участников рынка из поставщиков в продавцов электроэнергии, облегчая энергоснабжение нового жилого фонда, а также содействуя сокращению спроса на энергию от крупных энергокомпаний.

Что касается России, то учитывая, что ее энергосистема состоит из относительно небольшого количества крупных генерирующих мощностей, основанных на паросиловом цикле и централизованном сетевом хозяйстве, инвестиционные программы крупнейших энергетических компаний формируются в логике модернизации действующих объектов и совершенствования действующих технологий. Локальная энергетика в нашей стране развивается

² Данные Frost & Sullivan, Siemens. URL: <https://ww2.frost.com>, <https://new.siemens.com> (дата обращения: 15.01.2019).

преимущественно силами крупных промышленных потребителей. Основные участники рынка только начали осознавать изменение роли малой генерации как самостоятельного объекта отрасли, возможности ее использования в составе активных энергетических комплексов и агрегаторов. Энергокомпании изучают новую энергетику и создавшиеся новые продуктовые рынки, однако уровень осознания этого вызова сильно различается от региона к региону.

3. Международные стандарты. Заметным трендом современности является ужесточение международных стандартов и регламентов в области экологии, безопасности, энергоэффективности. Данная группа тенденций тесно связана с существующим общественным экологическим запросом. Все это стимулирует дополнительные направления развития электроэнергетики [Бердин и др., 2017].

По данным Международного энергетического агентства, энергетический сектор обеспечивает около 40% антропогенных выбросов парниковых газов и существенный объем выбросов загрязняющих веществ³. Это делает его одним из ключевых участников реализации обязательств в рамках Парижского соглашения по климату.

Усилителем экологического тренда является рост платежеспособного спроса на экологичную, надежную, доступную энергетику как новый показатель высокого качества жизни в развитых странах. Как бы отвечая на социальный запрос, сто сорок пять крупнейших мировых компаний, среди которых Google, Microsoft, BMW Group, Johnson & Johnson, LEGO Group, стали участниками инициативы RE100 – добровольного обязательства по переходу на возобновляемые источники энергии. Растет внедрение новых поколений экономических инструментов, таких, например, как преобразующие инвестиции (Impact Investing). Спрос на эколого-технологические решения, содействующие устойчивому развитию, растет также и в новых промышленных странах, где необходимость их внедрения обусловлена высоким уровнем техногенного загрязнения природы.

В российской энергетике в обозримой перспективе возобновляемые источники не будут играть серьезной роли на энергетическом рынке. Так, в соответствии с проектом Энергетической

³ Energy and CO2 emissions in the OECD, 2016. URL: https://www.iea.org/media/statistics/Energy_and_CO2_Emissions_in_the_OECD.pdf (дата обращения: 11.01.2019).

стратегии России на период до 2035 года доля ВИЭ (без учета гидроэнергетики) вырастет с 0,2% до 3,1%⁴.

4. Технология и техника. В последние годы в мире наблюдается значительный рост выработки электроэнергии от возобновляемых источников, прежде всего солнечной и ветряной генерации, что стало возможным за счет существенного удешевления и роста эффективности технологий. Ценовые минимумы стоимости ветряной энергетики в Германии, Мексике, Бразилии и Индии, солнечной энергетики в Саудовской Аравии, Дубае, Мексике и Перу достигли показателя в 1,7 руб./кВт·ч [Мельников, Чугунов, 2018].

Наблюдаемые темпы роста рынка электроэнергии ВИЭ очень велики: в 2016 г. в мире действовало 51 ГВт ветряных станций, а уже в 2017 г. их мощности достигли 99 ГВт⁵, из которых почти 53 ГВт – в Китае [Electricity..., 2017]. Глобальные годовые инвестиции в сектор оцениваются в более чем 250 млрд долл., что превышает инвестиции в традиционную углеродную генерацию (табл. 3).

Таблица 3. Глобальные инвестиции в новую энергетику в 2007–2017 гг., млрд долл.

Направления	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Солнце	39	62	64	103	158	140	10	145	179	137	161
Ветер	61	75	80	102	97	84	86	111	125	122	107
Умные технологии*	18	19	26	29	30	31	30	33	33	46	49
Биоэнергетика	50	36	25	27	31	23	19	18	13	9	7
Иные направления	14	14	12	15	18	13	13	15	11	12	10

* Включают инвестиции в умные счетчики, умные сети, энергоэффективность, системы хранения энергии, водород и топливные элементы.

Источник: данные Bloomberg New Energy Finance. URL: <https://about.bnef.com>

Ключевым направлением технологического развития отрасли являются комплексные решения на основе ВИЭ и развитие технологий, повышающих энергоэффективность. Одновременно с этим происходят снижение инвестиций в традиционную генерацию,

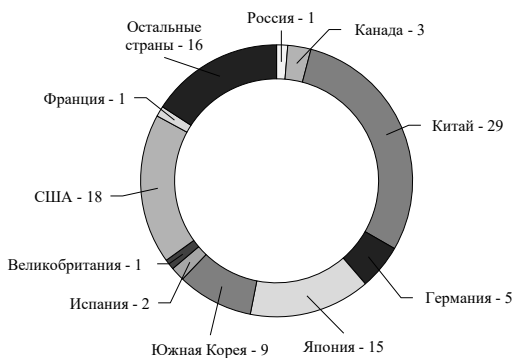
⁴ Проект Энергетической стратегии РФ на период до 2035 года. [Эл. ресурс]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1920> (дата обращения: 11.12.2019).

⁵ Данные SolarPower Europe. URL: <http://www.solarpowereurope.org> (дата обращения: 16.01.2019).

сетевую инфраструктуру, а также масштабная консервация и вывод мощностей, используемых для поддержания резерва.

Говоря о развитии рынка ВИЭ, нельзя не отметить, что во всем мире оно обеспечивается по большей части за счет масштабных государственных инвестиций, налоговых и иных форм поддержки. Не удивительно, что годовой прирост альтернативной генерации измеряется двузначными цифрами⁶. Но не менее важным фактором роста потребления является удешевление «чистой» энергии, обусловленное развитием технологий. В свою очередь выход наиболее крупных поставщиков ВИЭ-технологий на новые рынки позволяет получить доступ к международному капиталу и снизить издержки.

Примечательно, что из более чем 500 тыс. патентов в сфере ВИЭ, выданных с 2000 по 2016 гг., общая доля Китая, США, Японии, Южной Кореи, Германии и Канады составляет 74%, а России – только 1% (рисунок).



Источник: данные ЦСР «Северо-Запад», IRENA. URL: <http://www.csr-nw.ru>, <https://www.irena.org>

Мировая структура патентования в сфере ВИЭ
в 2000–2016 гг.,%

Технологические причины отставания России отчасти объясняются высокими затратами на строительство и эксплуатацию ВИЭ-генерации и, соответственно, отсутствием интереса к этому

⁶ Прогноз развития энергетики 2017 года на период по 2040 год включительно ExxonMobil. 2017. URL: https://cdn.exxonmobil.com/~media/russia/files/outlook-for-energy/outlook-for-energy_highlights_2017_rus.pdf (дата обращения: 20.12.2018).

рынку у серьезных инвесторов. На сегодня себестоимость российской электроэнергетики на ВИЭ в 1,5 раза выше, чем на рынках с развитой конкуренцией. Вместе с тем у нашей страны все еще есть возможность стать серьезным игроком на растущем рынке генерации ВИЭ, осуществляющим успешную разработку и локализацию производства оборудования, строительство «чистых» энергоустановок разной мощности как для отечественных нужд, так и для экспортных поставок.

В последние десятилетия в противовес производству энергии специализированными энергокомпаниями в мире сформировалась тенденция строительства крупными и средними компаниями собственных генерирующих мощностей. Это в свою очередь привело к формированию рынка малого энергетического машиностроения и сокращению рынка турбин большой мощности. Так, за 2011–2017 гг. заказы газовых турбин большой мощности в мире сократились с 249 ед. до 122 ед., при этом среднегодовой объем рынка на 2018–2020 гг. оценивается на уровне 110 ед.⁷

В России развернуто производство технологического оборудования и имеются инженеринговые компетенции, соответствующие современному уровню традиционной энергетики, однако действующих производств «энергетики будущего» непропорционально мало: доля газовых турбин в 2016 г. составляла 4%, паровых – 2%, гидротурбин – 2%, солнечных модулей в 2017 г. – 0,16%⁸.

В долгосрочной перспективе поддержка правительствами развитых стран новых технологий ВИЭ будет способствовать их дальнейшему развитию и повышению конкурентоспособности [Воропай и др., 2017]. В этих условиях расширение использования возобновляемой генерации может стать стимулом для развития энергетически изолированных территорий, которое сегодня сдерживается из-за инфраструктурных ограничений, нехватки топлива и т.д.

Волатильность, суточная неравномерность выработки электроэнергии на основе ВИЭ придают критическую важность развитию технологий накопления и хранения энергии [Левченко и др., 2018].

⁷ Данные Frost & Sullivan, Siemens. URL: <https://ww2.frost.com>, <https://new.siemens.com> (дата обращения: 15.01.2019).

⁸ Данные Frost&Sullivan, Roland Berger, Хевел, НоваВинд, Силовые машины, ЦСП «Северо-Запад». URL: <https://ww2.frost.com>; <https://www.rolandberger.com>; www.hevelsolar.com; www.novawind.ru; www.power-m.ru; <http://www.csr-nw.ru> (дата обращения: 15.01.2019).

Эта задача решается развитием национальных рынков энергоаккумуляторов, одной из ключевых сфер развития энергетики. McKinsey Global Institute включил системы накопления энергии в число 12 наиболее значимых технологий для развития мировой экономики и промышленности⁹. Основным драйвером роста при этом является технологический прогресс, приводящий к снижению стоимости систем накопления до приемлемого для потребителей уровня, улучшились их эксплуатационные характеристики.

Популярным технологическим направлением стало развитие технологий «умных сетей». Долгосрочная программа ЕС по внедрению интеллектуальной энергетики (SmartGrid Technology Platform), а затем акт США (USCTC42 152 IX) задали ориентиры развития глобального рынка технологических и системных решений по интеллектуализации и поддержке распределенных энергосетей. В России существует заинтересованность со стороны, в первую очередь, сетевых компаний в цифровизации и развитии мультифункциональности энергетических сетей и создании на этой базе новых услуг, однако большинство подобных проектов направлены на развитие «традиционной», а не «новой» энергетики.

В целом можно констатировать, что децентрализация энергетики привела к формированию новых ценностей и новых моделей поведения потребителей¹⁰, и этот процесс необратим. В этих условиях России необходимо развивать собственные технологии в области энергетики при одновременном расширении международной кооперации по перспективным направлениям, с учетом мировых трендов.

Сценарии развития мировой и российской энергетики

Учитывая обозначенные тенденции, можно выделить три сценария, два из которых описывают консервативный и оптимистичный варианты развития российской энергетической отрасли

⁹ Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy. McKinsey Global Institute. 2013. URL: https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/disruptive%20technologies/mgi_disruptive_technologies_full_report_may2013.ashx (дата обращения: 18.01.2019).

¹⁰ План мероприятий («дорожная карта») «Энерджинет» Национальной технологической инициативы. URL: http://www.nti2035.ru/markets/docs/DK_energy.net.pdf (дата обращения: 20.12.2018).

с учетом технологической эволюции, предполагающей постепенное удешевление оборудования и стандартизацию. Третий сценарий (высокотехнологичный) основан на гипотезе революционного развития новых технологий, инновационных решений существующих проблем, притом, что риски, мешающие их использованию или развитию в текущих условиях, будут сняты (табл. 4).

Таблица 4. Основные сценарии развития энергетики

Признак	Консервативный	Оптимистичный	Высокотехнологичный
Структура потребления первичных ресурсов	Большая доля газовой генерации, низкая доля ядерной генерации и ВИЭ	Преобладание природного газа, существенная доля ядерной гидрогенерации и ВИЭ	Сопоставимые доли газовой, атомной, гидрогенерации и ВИЭ
Структура генерации	Доминирование крупной генерации, доля малой генерации незначительна	Преобладание крупной генерации, доля малой генерации существенна	Сопоставимые доли крупной и малой генерации
Основной фокус	Энергоэффективность	Энергоэффективность, новые технологии безуглеродной энергетики	Цифровизация, рынок технологий, распределенная генерация
ВИЭ (без гидрогенерации)	Низкая ВИЭ	Значительная доля ВИЭ	ВИЭ является ключевым видом генерации
Экологические требования	Мягкие	Средние	Жесткие
Уровень потребления энергии	Высокий	Низкий	Средний
Инвестиционная активность	Узкий круг инвесторов и небольшой объем инвестиций.	Широкий круг инвесторов, в том числе государство. Значительный объем инвестиций.	Широкий круг инвесторов (государство и частные). Значительный объем инвестиций.

Консервативный сценарий предполагает, что основным источником энергоресурсов в стратегической перспективе останется углеводородное топливо, международные экологические требования не будут ужесточаться, как и уровень санкционного давления. Спрос на первичную энергию под воздействием повышения уровня жизни населения будет расти, при этом стоимость энергоресурсов будет довольно высокой [Прогноз..., 2016]. В данных условиях основой электроэнергетики останутся крупные газовая и, в меньшей степени, угольная генерации. Доля ВИЭ будет незначительной, несмотря на более высокие темпы роста по сравнению с другими видами генерации.

Предполагается масштабная модернизация централизованной энергетики при сохранении административного регулирования

и доминирующего положения крупных энергетических холдингов. Локальная энергетика, отдельные элементы технологии smart grid будут использоваться главным образом для решения частных вопросов, связанных с повышением энергоэффективности.

Основным направлением технологического развития отрасли будет повышение эффективности энергоустановок. Типовыми решениями станут теплоизоляция, установка энергоэффективных приборов и оборудования. Одним из главных условий повышения конкурентоспособности российских промышленных предприятий будет повышение эффективности потребления энергоресурсов.

Инвестиции в развитие энергетики в рамках данного сценария будут осуществляться небольшим количеством крупных игроков при значительной роли государственного участия и регулирования.

Оптимистичный сценарий также предполагает, что углеводородное сырье останется основным энергоресурсом в обозримом будущем. Однако прогнозируемое прохождение пиков добычи углеводородов в перспективе 35–40 лет обуславливает необходимость обеспечения своевременной готовности к поступлеродной энергетике. Последняя, вероятнее всего (с учетом уже сложившихся тенденций), будет базироваться на новой институциональной среде, сформированной на основе глобальных и локальных климатических соглашений, налоговых и таможенных тарифов, новых технологических стандартов.

Благоприятные экологические и экономические условия будут способствовать увеличению спроса на природный газ. Но и ВИЭ будет расти существенно динамичнее, чем в консервативном сценарии – под влиянием роста спроса на электроэнергию, принятия новых экологических стандартов и удешевления оборудования. В то же время волатильность выработки электроэнергии на основе ВИЭ обусловит критическую важность развития технологий накопления и хранения энергии.

Массовый уход потребителей на локальные системы энергоснабжения приведет к тому, что тяжесть издержек по содержанию централизованной энергосистемы ляжет на меньшее количество потребителей. Эффективность крупной генерации будет снижаться, она будет утрачивать доминирующую роль в энергосистеме. Модернизация существующих объектов и внедрение парогазового цикла могут замедлить этот процесс, но не изменить саму тенденцию.

Развитие малой генерации и ВИЭ определит передовые технологические рубежи данного сценария, заключающиеся в повышении энергоэффективности с новыми технологиями безуглеродной энергетики (в первую очередь – ветровой и солнечной), реакторами АЭС на быстрых нейтронах, «умными домами», системами накопления энергии, гибридными установками, роботизированными аппаратами, турбинами нового класса. Получит динамичное развитие рынок энергосервисных компаний, постепенно преобразующий энергетический рынок в рынок услуг энергоснабжения и инжиниринга.

В результате реализации данного сценария к 2030 г. сформируются два сектора – традиционной энергетики, ориентированной в первую очередь на энергоэффективность, и новой энергетики, развитие которой будет стимулироваться государством.

В рамках данного сценария российскими компаниями с привлечением научных коллективов может быть реализована масштабная работа по созданию отечественных и локализации передовых зарубежных технологий и производств для ВИЭ-генерации и систем накопления энергии. Вместе с тем увеличение установленной мощности генерирующих объектов, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии, отрицательно отразится на загрузке тепловых электростанций и приведет к необходимости трансформации системы теплоснабжения в стране.

В продвижении данного сценария могут быть заинтересованы такие российские компании, как «Росатом», «РусГидро», «Росно» и «Россети», располагающие и необходимыми ресурсами, и компетенциями.

Высокотехнологичный сценарий предполагает, что на главные позиции в энергетике выйдут возобновляемые ресурсы, основной задачей будет их масштабирование и достижение экономической эффективности в сопоставлении с другими источниками энергии. В первую очередь – за счет радикального удешевления солнечной и ветровой генерации. Природный газ сохранит свою значимость, но важным условием его применения будет соблюдение жестких экологических требований. Ключевые компетенции по технологиям данного сценария разрабатываются в таких странах, как США, Германия, Франция, Япония, Южная Корея и Китай.

Сценарий предполагает динамичное развитие четырех фундаментальных элементов, которые изменят архитектуру

энергетики: (1) управление спросом, (2) технологии накопления энергии, (3) активные энергетические комплексы и (4) цифровизация отрасли. Контуры российской энергосистемы изменятся в сторону формирования большого количества самообеспечивающихся производственно-потребляющих ячеек, скрепленных магистральными линиями (в первую очередь – на основе крупной гидроэнергетики), которые станут источником резервной электроэнергии и энергии для крупных энергоемких производств. Изменение базовых параметров функционирования энергосистемы приведёт к формированию ее новой экономики.

Основные технологические изменения в электроэнергетике будут направлены на создание новой «постиндустриальной» энергетики, рынка услуг и в перспективе – рынка технологий [Отчет..., 2010]. Заметную нишу на этих рынках займут компании, осуществляющие сбор и анализ данных, оказывающие услуги по организации энергоснабжения и сбережения.

Технологическая база данного сценария включает технологии виртуальной и дополненной реальности, микросети и «умные энергосистемы», системы хранения энергии, роботизированные аппараты, ВИМ-технологии, вычислительные технологии для анализа данных, технологии «гибкой» генерации электроэнергии, генераторы на топливных элементах, Интернет вещей. В качестве одной из важнейших технологий выделяется электромобильный транспорт, масштабное развитие которого потребует значительных инвестиций в соответствующую инфраструктуру. Распространение электромобилей с возможностью их интеграции в энергораспределительную сеть будет способствовать выравниванию режима нагрузки на энергосистему.

Связь с потребителями электроэнергии, очевидно, будет уходить от энергосбытовых компаний к другим операторам, которые получают контроль над «энергетической платформой взаимодействия с потребителями энергии». Подобные процессы наблюдаются в других секторах экономики. Так, крупнейшая в мире транспортная компания Uber не является собственником транспортных средств, самая популярная медийная компания Facebook не создает контента, самый крупный розничный торговец Alibaba не имеет магазинов, крупнейший поставщик услуг по временному проживанию Airbnb не является владельцем

недвижимости¹¹. Энергокомпании будут заниматься поставкой электроэнергии, а взаимодействовать с пользователями будут владельцы «энергетической платформы».

Для встраивания России в этот сценарий необходимо ускоренно формировать инженеринговые компетенции, которые в перспективе станут объектом «экспорта» высокотехнологичных услуг и источником доходов. Российские компании, которые могут проявить интерес к данному сценарию, – «Таврида Электрик», «ИнЭнерджи», «Росатом», «Роснано» и отчасти «РусГидро», «Россети».

Заключение

Главные тенденции, влияющие на долгосрочное развитие мировой энергетики, будут развиваться по четырем основным направлениям: 1) энергобезопасность, 2) развитие продуктовых рынков, 3) создание новых технологий, 4) международные стандарты.

Формирование энергетики будущего опирается на развитие возобновляемой энергетики, «умной» сетевой инфраструктуры и систем хранения энергии, которые наряду с иными технологическими решениями, ориентированными на изменения базовых параметров функционирования энергосистемы, создадут ее новую архитектуру. Конкурентоспособность в «новой» энергетике во многом будет зависеть от инженеринговых компетенций, обуславливающих способность создания и применения новых технологических решений.

Можно выделить три основных сценария развития энергетики (консервативный, оптимистичный и высокотехнологичный), которые описывают различные варианты построения отрасли.

Анализ документов стратегического развития энергетики России (таблица 5), позволяет сделать вывод, что без серьезных изменений в части формирования технологического задела и компетенций, присущих и создающих «новую» энергетику, российская энергетическая отрасль будет развиваться преимущественно по оптимистичному сценарию с отдельными элементами, характерными для консервативного сценария. Высокотехнологичный сценарий в документах стратегического

¹¹ Том Гудвин «В эпоху освобождения от посреднических услуг основная битва ведется за пользовательский интерфейс». TechCrunch. 2015.

развития России, к сожалению, ни полностью, ни частично не просматривается.

Для сохранения конкурентоспособности России в «новой» энергетике необходимы масштабные действия государства и компаний по созданию передовых технологий и производств, а также работа по формированию инжиниринговых компетенций, которые в перспективе станут объектом «экспорта» высокотехнологичных услуг и источником доходов.

Таблица 5. Видение сценариев развития энергетики в стратегических документах России [А] и [Б]

Признак	Целевое видение в соответствии со стратегическими документами		Соответствие сценарию
Структура потребления первичных ресурсов	Преобладание природного газа, существенная доля ядерной генерации и ВИЭ	Доля гидрогенерации в структуре производства электрической энергии к 2035 г. составит 15–16%, доля ядерной генерации – 18% [А]	Оптимистичный
Структура генерации	Доминирование крупной генерации, доля малой генерации незначительна	Основу электроэнергетики будут составлять существующие системы централизованного электроснабжения, базирующиеся на крупных электростанциях [А]	Консервативный
Основной фокус	Энергоэффективность	При средних темпах роста ВВП в 2–3% в год средний темп роста энергопотребления составит 1,4–1,6% [А]	Консервативный
ВИЭ (без гидрогенерации)	Низкая доля ВИЭ	Доля ВИЭ в общей структуре производства электрической энергии к 2035 г. составит 2–3% [А]	Консервативный
Экологические требования	Средние	Реализация положений Парижского соглашения по климату [А]	Оптимистичный
Уровень потребления энергии	Высокий	Потребление электрической энергии к 2035 г. по сравнению с 2015 г. вырастет на 30% до уровня 1345,2 млрд кВт·ч [Б]	Консервативный
Инвестиционная активность	Инвесторы преимущественно государственного или квазигосударственного характера. Значительный объем инвестиций.	Основными источниками инвестиций будут собственные средства, привлеченные средства – кредиты российских финансовых учреждений и средства от эмиссии акций [А].	Оптимистичный / Консервативный

Источник: [А] – проект Энергетической стратегии России на период до 2035 года; [Б] – Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 года.

Литература

Афанасьев Г. Руководство по креативной территории. Технологические компании // Энергоразвитие. 2013. № 1–2. URL: <http://erazvitie.org/article/rukovodstvo-po-kreativnoj-territorii> (дата обращения: 18.01.2019).

Бердин В.Х., Дыган М.М., Посысаев Ю.Ю., Юлкин Г.М. Вклад России в достижение целей устойчивого развития ООН в области энергетики и климата // Энергетическая политика. 2017. № 4. С. 55–61.

Бушуев В.В. Развитие электроэнергетики: стратегический и постстратегический форсайт // Энергетическая политика. 2017. № 6. С. 3–15.

Воропай Н.И., Стенников В.А., Барахтенко Е.А. Интегрированные энергетические системы: вызовы, тенденции, идеология // Проблемы прогнозирования. 2017. № 5. С. 39–49.

Левченко Д.К., Тузикова Е.С., Калимуллин Л.В., Смирнова Ю.Б., Зубакин В.А. Анализ глобальных и региональных трендов, вызовов и их влияния на перспективы развития систем накопления энергии в России в среднесрочной и долгосрочной перспективе // Трубопроводный транспорт: теория и практика. 2018. № 4 (68). С. 61–67.

Мельников Ю., Чугунов Д. Водородная экономика: разрушит ли новое топливо «ископаемую» цивилизацию // Forbes. 2018. 16 марта. URL: <http://www.forbes.ru/biznes/358673-vodorodnaya-ekonomika-razrushit-li-novoe-toplivo-iskopaemuyu-civilizaciyu> (дата обращения: 18.01.2019).

Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка регионального Форсайта в области инновационного развития энергетического сектора Республики Татарстан». Экспертный клуб промышленности и энергетики. 2010. 345 с.

Прогноз развития энергетики мира и России 2016 / Под ред. Макарова А.А., Григорьева Л.М., Митровой Т.А. ИНЭИ РАН–АЦ при Правительстве РФ. 2016.

Станкевич Ю.А. О концепции внедрения в России наилучших доступных технологий для предотвращения угроз национальной энергетической безопасности // Энергетическая политика. 2017. № 1. С. 123–128.

Экспертно-аналитический доклад «Цифровой переход в электроэнергетике России». ЦСР. 2017. URL: <https://www.csr.ru/news/tsifrovoy-perehod-v-energetike-rossii> (дата обращения: 18.01.2019).

Electricity storage and renewables: costs and markets to 2030. The International Renewable Energy Agency (IRENA). 2017. 132 с. [Эл. ресурс]. URL: http://www.irena.org/-/media/files/irena/agency/publication/2017/oct/irena_electricity_storage_costs_2017.pdf (дата обращения: 18.01.2019).

Статья поступила 24.01.2019.

Summary

Kalimullin L. V. The University of Management TISBI, Kazan

Principal Trends and Scenarios of Global Power Industry Development

Abstract. This article reviews development trends of global and Russian electric power industry. Among the principal trends there are energy security, shifts of market product structure, emergence of new technologies and equipment and establishment of international standards. Three road maps of industry development are considered: conservative, optimistic and that of advanced technology. The scenarios

make reference to progressive evolutionary industry development and leading-edge engineering growth with faster growth of new technologies, innovative solutions and infrastructure risks reduction. Power energy evolution can be described by an increasing role of engineering competences, renewable energy, smart grid innovative solutions and energy storage systems. These factors, along with other technological solutions that change basic operation characteristics of the energy system, will bring about a new power system architecture and economy.

Keywords: *development; forecast; scenarios; technologies; energy companies; renewable energy sources; energy storage*

References

Afanasyev G. (2013). Guide to creative territory. Technological companies. *Energorazvitie [Energy development]*. No.1–2. Available at: <http://erazvitie.org/article/rukovodstvo-po-kreativnoj-territorii> (accessed 18.01.2019). (In Russ.).

Berdin V.H., Dygan M.M., Posysaev Yu. Yu., Yulkin G.M. (2017). Russia's contribution to achieving the UN sustainable energy and climate development goals. *Energeticheskaya politika [Energy policy]*. No. 4. Pp. 55–61. (In Russ.).

Bushuev V.V. (2017). Electric power industry development: a strategic and post-strategic foresight. *Energeticheskaya politika [Energy policy]*. No. 6. Pp. 3–15. (In Russ.).

Voropai N.I., Stennikov V.A., Barahtenko E.A. (2017). Integrated energy systems: challenges, trends, ideology. *Problemy prognozirovaniya [Problems of forecasting]*. No. 5. Pp. 39–49. (In Russ.).

Levchenko D. K., Tuzikova E. S., Kalimullin L. V., Smirnova Yu.B., Zubakin V.A. (2018). Analysis of global and regional trends, challenges and their impact on the prospects for the development of energy storage systems in Russia in the medium and long term. *Truboprovodnyj transport: teoriya i praktika [Pipeline transport: theory and practice]*. No. 4 (68). Pp.61–67. (In Russ.).

Melnikov Yu., Chugunov D. (2018). Hydrogen economy: will the new fuel destroy the «fossil» civilization. *Forbes*. 16 Mar. Available at: <http://www.forbes.ru/biznes/358673-vodorodnaya-ekonomika-razrushit-li-novoe-toplivo-iskopaemuyu-civilizaciyu> (accessed: 18.01.2019). (In Russ.).

Report on the research work «Development of regional Foresight in the field of innovative development of the energy sector of the Republic of Tatarstan» 2010). Expert Club of Industry and Energy. 345 p. (In Russ.).

Forecast of the development of energy in the world and in Russia 2016. (2016). ed. Makarov A.A., Grigoryev L.M., Mitrova T.A. INE RAS-AC under the Government of the Russian Federation. (In Russ.).

Stankevich Yu.A. (2017). On the concept of introducing the best available technologies in Russia to prevent threats to national energy security. *Energeticheskaya politika [Energy policy]*. No.1. Pp. 123–128. (In Russ.).

Expert-analytical report «Digital Transition in the Electric Power Industry of Russia». (2017). CSR. Available at: <https://www.csr.ru/news/tsifrovoj-perehod-v-elektroenergetike-rossii> (accessed: 18.01.2019). (In Russ.).

Electricity storage and renewables: costs and markets to 2030 (2017). The International Renewable Energy Agency (IRENA). 132 p. Available at: http://www.irena.org/-/media/files/irena/agency/publication/2017/oct/irena_electricity_storage_costs_2017.pdf (accessed: 18.01.2019).