Молодёжный глобальный прогноз развития энергетики

ТРЕНД ВРЕМЕНИ – РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ: КАК ОН РЕАЛИЗУЕТСЯ В РОССИИ, И КАК ВЛИЯЕТ НА ОТРАСЛЬ

2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

.....1

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СОКРАЩЕНИЯ.....3

БЛОК I.....4

1 ВВЕДЕНИЕ.....4

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РГ.....6

3 АКТУАЛЬНОСТЬ РГ.....6

4 ФАКТОРЫ ПОЯВЛЕНИЯ, ТЕНДЕНЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ В РГ.....8

5 ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ РГ В РФ.....12

6 ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РГ В РФ до 2035 г......14

Таблица 5. Анализ кейсов лидирующих компаний.....16

Таблица 6. Анализ рисков развития РГ в России.....19

БЛОК II.....22

1 СЦЕНАРНЫЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ РГ В РОССИИ НА ПЕРСПЕКТИВУ ДО 2035 ГОДА.....22

2 БАЗОВЫЙ СЦЕНАРИЙ.....22

3 ПОЗИТИВНЫЙ СЦЕНАРИЙ.....30

4 НЕГАТИВНЫЙ СЦЕНАРИЙ.....33

Таблица 11. Сравнительный анализ и оценка вероятности наступления критериев развития РГ по трем сценариям......36

БЛОК III.....37

1 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СЦЕНАРИЯМ.....37

2 ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....38

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АЭК – активные энергетические комплексы;

ВВП – валовой внутренний продукт;

ВИЭ – возобновляемые источники энергии;

ВЛ – воздушные линии;

ВЭС – ветровая электрическая станция;

ГАЭС – гидроаккумулирующая электрическая станция;

ГО – генерирующее оборудование, генерирующие объекты;

ГПУ – газопоршневые установки;

ГТУ – газотурбинные установки;

ГТЭС – газотурбинные электрические станции;

ГУ – генерирующая установка;

ДГУ – дизельные генераторные установки;

ДПМ – договор о предоставлении мощности;

ДЭС – дизельные электрические станции;

ЕС – Европейский союз

ЕЭС – Единая энергетическая система;

ИТТ – изолированные и труднодоступные территории

КЛ – кабельные линии;

КОАП – Кодек РФ об административных правонарушениях

ЛЭП – линия электропередачи;

МГЭС – малая ГЭС

НИОКР – научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа;

НПА – нормативный правовой акт;

НТД – нормативно-техническая документация;

НТР – научно-техническое развитие;

НТП – научно-технический прогресс;

НТЦ ЕЭС – научно-технический центр Единой энергетической системы;

ОРЭМ – оптовый рынок электрической энергии и мощности;

ПАВ – полуавтоматическое включение;

ПНГ – попутный нефтяной газ;

ПП – промышленное предприятие;

ПТФ – правила технологического функционирования;

РГ – распределенная генерация;

Росстат - Федеральная служба государственной статистики

РФ – Российская Федерация, Россия

САУ – система автоматического управления;

СиПР – Схема и программа развития Единой энергетической системы России на 2019-2025 годы, утверждённая приказом Минэнерго России от 28.02.2019 № 174;

СМИ – средства массовой информации;

СНЭ – системы накопления электроэнергии;

СПГ – сжиженный природный газ;

СХ – сельское хозяйство

СЭС – солнечные электрические станции;

ТБО – твердые бытовые отходы;

ТП - технологическое присоединение;

ТУ на ТП – технические условия на технологическое присоединение;

ТЭК – топливно-энергетический комплекс;

ТЭС – тепловые электрические станции;

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;

УС – улавливание синхронизма;

ФРГ – Федеративная Республика Германия

ЦБК – целлюлозно-бумажный комбинат;

ЭССО – энергоснабжающая самобалансирующая организация.

БЛОК I

1 ВВЕДЕНИЕ

ЕЭС – величайшее инженерное изобретение XX века и один из самых сложных рукотворных технологических комплексов. Становление и развитие всех мировых энергосистем связано с объединением на параллельную работу электрических генераторов различной мощности. В настоящий момент времени для нашей страны характерна модель централизованной генерации, в которую входят 846 электрических станций установленной мощностью более 5 МВт[1]. При этом подавляющее количество электростанций выдаёт электрическую мощность через повышающие трансформаторы в сеть уровнем напряжения 110 кВ и выше. Такая схема развития отечественной электроэнергетики обусловлена большими расстояниями между источниками и потребителями электроэнергии, а также неоднородностью распределения первичных энергоресурсов (нефть, газ, уголь, крупные реки) с центрами потребления энергии.

Начальные этапы и направления развития отечественной энергетики во многом схожи с вектором развития мирового ТЭК. Основные отличия стали отчётливо проявляться в конце XX в. Общемировой тенденцией становится постепенный отказ от централизованной модели и переход к модели распределённой энергетики, а также снижение доли ископаемых первичных энергоресурсов и увеличение ВИЭ. Модель распределённой энергетики подразумевает собой размещение небольших источников тепловой и электрической энергии вблизи мест потребления, без передачи этой энергии на большие расстояния. Мировые процессы децентрализации энергетики и использования ВИЭ в качестве первичных энергоресурсов вызваны не столько экономическими предпосылками по использованию новых источников энергии, сколько политикой государств, направленной на декарбонизацию и борьбу с локальными загрязнениями биосферы. Решая климатическую задачу, многие зарубежные страны, создают дополнительные преимущества для своей экономики – повышают энергетическую безопасность за счёт снижения зависимости от импорта энергоресурсов и обеспечивают возможность эффективного снабжения энергией территорий, отрезанных от централизованных систем энергоснабжения.

Совместное использование технологии РГ и ВИЭ создают стимул для организационных и технологических изменений электроэнергетических систем. Все эти изменения являются основой для энергетического перехода[2]. Согласно отчёту консалтинговой компании Guidehouse Research (США)[3], к 2025 г. общемировой объём установленной мощности РГ будет составлять более 200 ГВт, причём почти половина установленной мощности будет приходиться на СЭС, основанные на фотоэлектрических модулях (рисунок 1). В последнее десятилетие в России наблюдается ежегодный рост вводов объектов РГ. По данным ИНЭИ РАН, за последние 10 лет прирост общей установленной мощности электростанций до

[1] Единая энергетическая система России [Электронный ресурс]: Акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы» – Электрон. текстовые дан. – 2020. – Режим доступа: https://www.so-ups.ru/?id=962, свободный.

[2] Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года [Текст]: распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 № 1523-р // Официальный сайт Правительства Российской Федерации. – 2020. – Режим доступа: http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf, свободный.

[3] Pritil G. Global Additions in Distributed Generation Capacity to Increase Significantly [Электронный ресурс]: Guidehouse Insights – Электрон. текстовые дан. – 2019. – Режим доступа: https://guidehouseinsights.com/news-and-views/global-additions-in-distributed-generation-capacity-to-increase-significantly, свободный.

25 МВт составил около 30%[4]. При этом, в отличие от большинства стран мира, где в большей степени вводятся объекты РГ на базе ВИЭ, в России увеличение их количества идет за счет тепловых электростанций с ГТУ, ДГУ и ГПУ, которые, как правило, подключаются к распределительным электрическим сетям или к сетям внутреннего электроснабжения ПП.

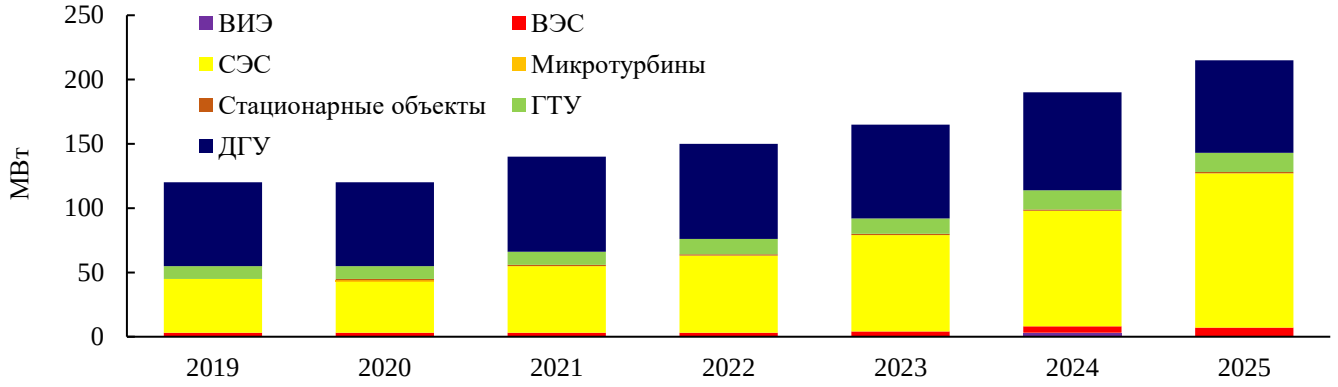

Рисунок 1 – Рост установленной мощности РГ в мире до 2025 г.[5]

Основным стимулом ввода такой генерации в нашей стране является желание собственника ПП снизить стоимость электроэнергии для повышения операционной эффективности производства. На фоне роста цен на электроэнергию (рисунок 2) Минэкономразвития прогнозирует индексацию оптовых цен на газ (основное топливо для РГ) для всех категорий потребителей (исключая население), на 2–3 % в год до 2030 г., что означает повышение привлекательности РГ в ближайшей перспективе.

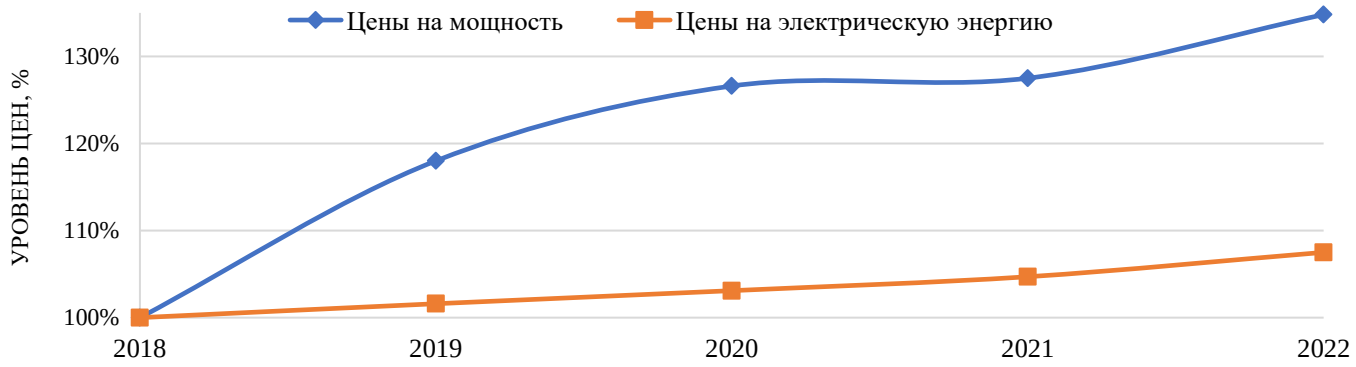

Рисунок 2 – Рост свободных (нерегулируемых) цен пиковой мощности и электроэнергии (прогноз АО «АТС»[6])

Остро стоит проблема несовершенства законодательства: в настоящее время в России отсутствует нормативно-правовая база для гармоничного развития РГ в составе ЕЭС. Важно отметить, что в последние годы законодательные органы совместно с профильными министерствами и энергетическим сообществом активно занимаются законотворческой деятельностью. За последнее два года Правительством РФ и Министерством энергетики уже утверждена[7] часть основополагающих НТД, содержащих нормативную и терминологическую базу для РГ, которые обеспечат стабильное, последовательное развитие энергетики и применение новых технологий в рамках правового поля.

---

[4] Методический подход к оценке оптимальных масштабов развития распределенной когенерации в ЕЭС России на долгосрочную перспективу [Электронный ресурс]: Институт энергетических исследований РАН – Электрон. текстовые дан. – 2019. – Режим доступа: https://www.eriras.ru/files/pankrushina_doklad_29_maya.pdf, свободный.

[5] Здесь и далее все иллюстрации в тексте – авторские

[6] Прогнозы [Электронный ресурс]: Акционерное общество «Администратор торговой системы оптового рынка электроэнергии» – Электрон. текстовые дан. – 2020. – Режим доступа: http://www.atsenergo.ru/results/statistic/fcast, свободный.

[7] Об утверждении Правил технологического функционирования электроэнергетических систем и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации [Текст]: постановление Правительства РФ от 13.08.2018 № 937 // Собрание законодательства. – 2018. - № 34. – Ст. 5483.

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РГ

На текущий момент в мире существует несколько подходов к определению понятия распределённая или децентрализованная генерация (таблица 1).

В западных энергосистемах мощность объектов РГ часто ограничивается 10 МВт, в России верхней границей установленной мощности является величина в 25 МВт, что соотносится с требованиями органов власти[8] реализовывать всю электроэнергию, производимую электростанциями большей мощности, на оптовом рынке. При этом эксперты и отраслевые исследовательские организации сходятся в применении критерия близкого расположения генератора к потребителю[9].

В настоящей работе под объектом РГ понимается электростанция, состоящая из одной или нескольких ГУ, подключаемая к распределительным сетям или сетям внутреннего электроснабжения потребителей на напряжении до 110 кВ включительно, максимально приближенная к узлу(-ам) электропотребления, работающая параллельно с электроэнергетической системой или в островном (автономном) режимах, имеющая в точке общего присоединения суммарную установленную мощность до 25 МВт и использующая для производства всех видов энергии (электрическая, тепловая, холодовая и др.) любые первичные источники энергии, включая возобновляемые[10].

Стоит отметить, что с принятием Постановления Правительства РФ[5] в отечественной энергетике, появляется определение объектов РГ. Основным недостатком этого определения является ограничение видов первичной энергии, применяемое для выработки электроэнергии и отсутствия верхней границы установленной мощности. В то же время в Прогнозе НТР отраслей ТЭК до 2035 года[11] прямо говорится, что установленная мощность объектов РГ составляет менее 25 МВт вне зависимости от вида и источника энергии.

Таблица 1. Определения РГ

CIGRE	РГ – генерация, присоединенная к распределительной сети на среднем (до 30 кВ) и низком (менее 1 кВ) напряжении.
Всемирный союз распределённой энергетики	Децентрализованная энергетика – производство электроэнергии на месте или вблизи места потребления независимо от размера, технологии или топлива, как вне сети, так и параллельно с сетью.
Министерство энергетики США	Распределённая генерация – модульные ГО малой мощности, расположенные вблизи от потребителя.
Международное энергетическое агентство	Распределённая генерация – это ГО, вырабатывающий электроэнергию в месте нахождения потребителя или обеспечивающий поддержку распределительной сети, подключённый к сети при напряжении уровня распределения.
Правил технологического функционирования электроэнергетических систем	Объекты РГ – ветроэнергетические установки, фотоэлектрические солнечные модули или их группы, принадлежащие на праве собственности или ином законном основании одному лицу, и непосредственно присоединенными к энергосистеме и осуществляющими выдачу мощности через одно распределительное устройство напряжением 35 кВ и ниже.

3 АКТУАЛЬНОСТЬ РГ

В последние десятилетия в мировой энергетике отчётливо прослеживается **тренд 3D: Decarbonization,**

[8] Об утверждении Правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности (ред. от 27.03.2020) [Текст]: постановление Правительства РФ от 27.12.2010 № 1172 // Собрание законодательства. – 2011. - № 14. – Ст. 1916.

[9] Гуревич Ю.Е. Особенности расчетов режимов в энергорайонах с распределенной генерацией: монография / Ю.Е. Гуревич, П.В. Илюшин. – Н. Новгород: НИУ РАНХиГС, 2018. – 280 с.

[10] Папков Б.В. Распределённая генерация и активные потребители в интеллектуальной энергетике / Б.В. Папков, В.Л. Осокин. – Княгинино: Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, 2019. – 32 с.

[11] Прогноз научно-технологического развития отраслей ТЭК [Электронный ресурс]: Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации – Электрон. текстовые дан. – 2020. – Режим доступа: https://minenergo.gov.ru/node/6366, свободный.

Decentralization, Digitalization (Декарбонизация, Децентрализация, Цифровизация). Причины модельных и структурных изменений в энергетике обусловлены комплексом различных причин. Для западных стран, одним из стимулов для энергетического перехода, является стремление правительств, основанное на запросе населения, к скорейшему переходу на низкоуглеродную экономику в целом и низкоуглеродную энергетику в частности. Кроме этого, всеобщая электрификация, приводящая к увеличению электропотребления, создают требования потребителей к повышению оперативности и гибкости технологий электроснабжения промышленности и бытовой нагрузки.

На примере энергетики ФРГ, как ведущей экономики ЕС и мира, можно отчётливо проследить влияние технологического **тренда 3D** на структуру и объём электроэнергетической отрасли (таблица 2).

За 2019 год общее количество произведённой электроэнергии в ФРГ составило 518 ТВт·ч[12], причём около 40 % всего объёма составила выработка электроэнергии из ВИЭ. Большая часть электроэнергии, выработанной установками на основе ВИЭ, является установками распределённой генерации.

Таблица 2. Структура электроэнергетической отрасли ФРГ и РФ

Страна	Установлен-ная мощность ГО, ГВт	Установлен-ная мощность ГО на основе ВИЭ, ГВт (без ГЭС)	Установлен-ная мощность объектов РГ, ГВт	Средняя стоимость ЭЭ для населения[13]/ для промышленного потребителя, руб. за кВт·ч	Общая выработка ЭЭ, ТВт·ч	Выработка ЭЭ ВИЭ, ТВт·ч (без ГЭС)
ФРГ	290	119	73[14]	10,48/8,92	518	217
РФ	246	3	24	3,31/4,46	1080,6	1,6

Отдельным аспектом развития электроэнергетики Германии, является конечная стоимость электроэнергии для промышленного и бытового использования. По оценкам НП «Сообщество потребителей энергии» конечная цена для промышленности в Германии является одной из самых высоких в мире[15] (рисунок 3). Такая высокая стоимость электроэнергии обусловлена высокой долей установленной мощности ГО на основе ВИЭ (рисунок 4).

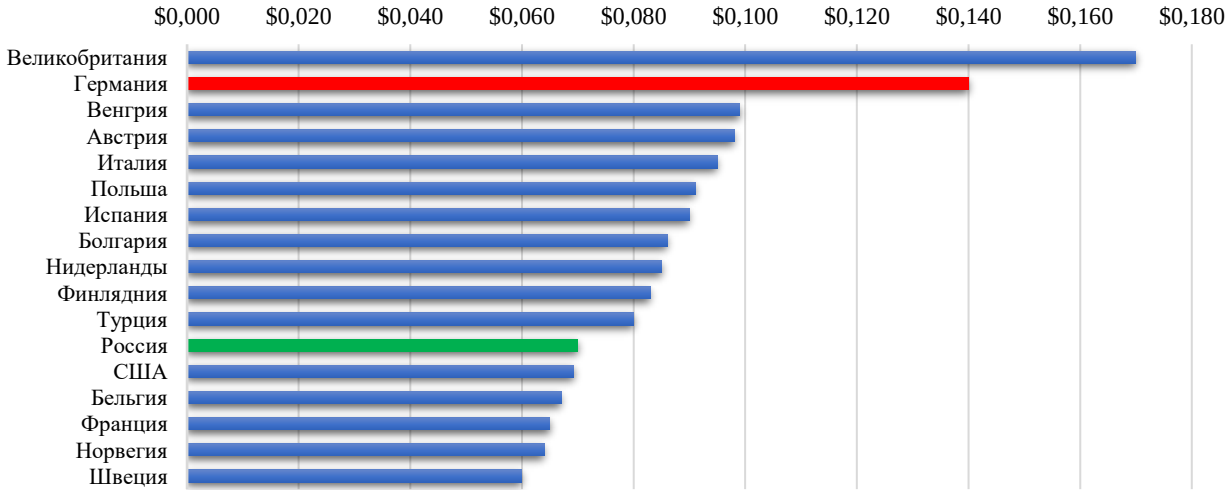

Рисунок 3 – Сравнение конечных цен на электроэнергию для промышленности в мире, USD/ кВт·ч (с учётом налогов и сборов)

[12] Зарубежная электроэнергетика [Электронный ресурс]: Ассоциация «НП СОВЕТ РЫНКА» – 2020. – Режим доступа: https://www.np-sr.ru/ru/market/cominfo/foreign/index.htm, свободный.

[13] Акимов И. Балансирующая энергетика [Электронный ресурс]: АО «Газета.Ру» – 2020. – Режим доступа: https://www.gazeta.ru/business/2019/12/06/12850154.shtml, свободный.

[14] Распределённая генерация [Электронный ресурс]: ООО "Газовые машины" – 2020. – Режим доступа: https://gmenergo.ru/raspredelennaya-generaciya, свободный.

[15] Стоимость ЭЭ для промышленности в России и мире [Электронный ресурс]: Ассоциация «НП СООБЩЕСТВО ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭНЕГИИ» – 2019. – Режим доступа: https://www.np-ace.ru/news/partnership/1384/, свободный.

Для нашей страны влияние тренда 3D не так заметно. Причина этого заключается в ряде факторов: относительно дешёвый природный газ, кредитная политика государства с высокими процентными ставками и низкий запрос населения на экологическую политику. За 2019 год, большая часть электроэнергии выработана централизованными источниками электроэнергии, использующими углеводородное топливо. Доля установленной мощности электрических станций использующими ВИЭ составляет около 1% всей установленной мощности. При этом, для нашей страны характерно развитие распределённой генерации на базе ископаемого топлива. По оценкам экспертного сообщества доля РГ, использующая углеводородное топливо и работающая по когенерационному циклу, составляет 7% от общей величины установленной генерирующей мощности в нашей стране.

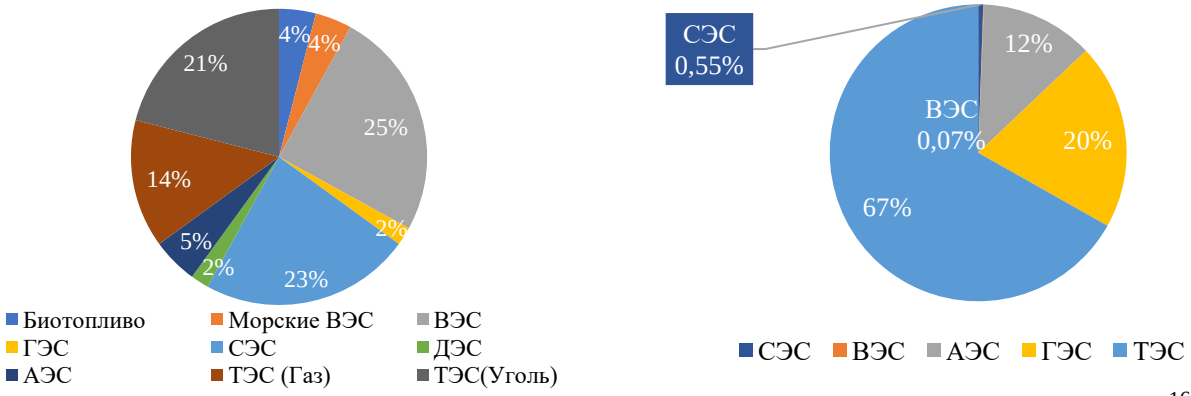

Рисунок 4 – Структура установленной генерирующей мощности на 2019 г. в Германии [слева] и РФ[16][справа]

4 ФАКТОРЫ ПОЯВЛЕНИЯ, ТЕНДЕНЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ В РГ

Широкое развитие и распространение РГ в мире и частично в РФ объясняется рядом факторов, среди которых можно выделить: экономические; технологические, политические, законодательные и экологические.

Одним из факторов на макроуровне является запрос на ***повышение энергоэффективности и снижение общей стоимости*** процесса производства, распределения и потребления электроэнергии. Передача электроэнергии на большие расстояния связана со значительными потерями в электрических сетях. При этом, одним из самых эффективных мероприятий по снижению потерь является сокращение расстояния между источником и потребителем электроэнергии. При сокращении расстояния между источником и потребителем энергии повышается и надёжность электроснабжения потребителя. Согласно исследованиям Ассоциации «Совет рынка», в подавляющем большинстве регионов (исследование проводилось в 59 субъектах РФ) крупным промышленным потребителям на высоком и среднем напряжении уже сейчас выгоднее строить собственную генерацию[17]. Однако, цели повышения надёжности достижимы только в том случае, если при выборе ГУ и разработке схем выдачи мощности анализируются не только их технико-экономические показатели, но и корректно проводится анализ возможности их функционирования как в нормальных, так и в аварийных режимах. В противном случае различного рода возмущения в распределительных сетях или сетях внутреннего электроснабжения предприятия будут приводить к нарушениям в работе ГУ объектов РГ, участков распределительной сети и к нарушению электроснабжения потребителей. Существенное влияние РГ на режимы работы систем 0,4÷35 кВ приводит к необходимости выполнения корректировки существующих алгоритмов (разработке новых) и параметров настройки устройств сетевой, противоаварийной и режимной автоматики на

[16] Единая энергетическая система России [Электронный ресурс]: Акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы» – Электрон. текстовые дан. – 2020. – Режим доступа: https://www.so-ups.ru/?id=962, свободный.
[17] Герасимов Е. Непрозрачная система тормозит рынок [Текст] / Е. Герасимов // Газета "Энергетика и промышленность России". – 2020. - № 05 (385).

основании результатов расчетов электрических режимов.

Помимо запроса на энергоэффективность, в начале XXI века всё больше экономически развитых стран стремятся ***снизить зависимость своей экономики от углеводородов и диверсифицировать источники энергии***. Желание отказаться от «углеводородной иглы» связано не только с экономическими мотивами, но и с ***«зелёной» повесткой*** глобальной энергетики. Результатом этого стремления стало соглашение, принятое 12 декабря 2015 года по итогам Рамочной конвенции ООН об изменении климата. В результате этого соглашения, ЕС, взяло курс на формирование углеродно-нейтрального пространства уже к 2050 году. Основой реализации этого обязательства стало стремление ЕС перейти от использования ископаемых первичных энергоресурсов к ВИЭ. В России также уделяется большое внимание проблемам экологии. Вопросам охраны окружающей среды и противодействию изменениям климата посвящён отдельный раздел в проекте «Энергетической стратегии России до 2035 г.».

Одним из недостатков электростанций, основанных на ВИЭ, является нестационарный характер выработки электроэнергии. Отсутствие технических требований к алгоритмам и параметрам настройки САУ инверторов ВИЭ при отделении энергорайона на изолированную работу, могут приводить к возникновению флуктуаций частоты в энергорайоне, отключению СЭС и обесточению потребителей. Для эффективного функционирования электрических станций на ВИЭ, в отдельных случаях, целесообразно использовать ***накопители электроэнергии***. СНЭ давно применяются в мировой энергетике. Характерным представителем данной технологии являются ГАЭС. Однако, за последнее время, крайне стремительный рост показывают технологии, связанные с химическим аккумулированием электроэнергии. Особый прорыв связан с технологией литий-ионных аккумуляторов (рисунок 5).

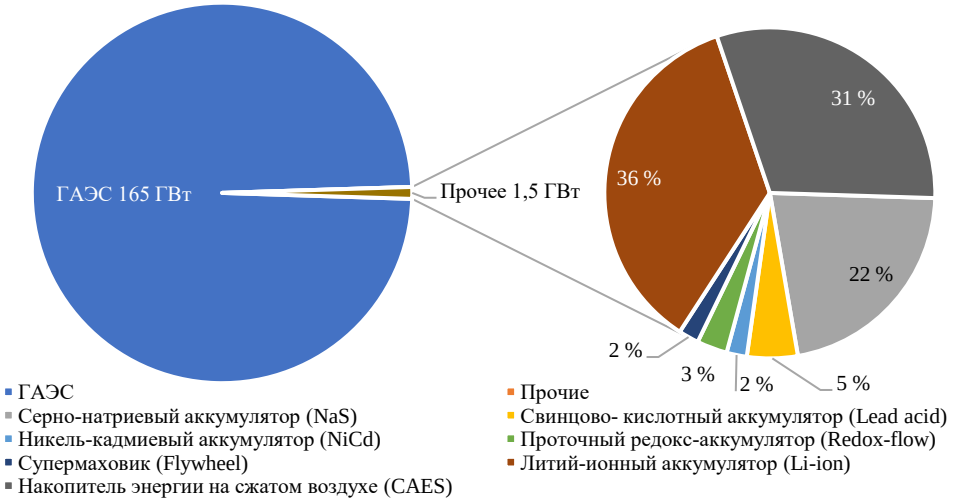

Рисунок 5 – Распределение доли установленной мощности накопителей электроэнергии[18]

По оценке *Bloomberg New Energy Finance*, рынок литий-ионных аккумуляторов вырастет практически в 6 раз с $20 млрд. в 2019 до $120 млрд. к 2030 году[19]. Такое активное внедрение аккумуляторных систем хранения энергии положительно влияет на развитие ВИЭ, в том числе относящихся к РГ. Возможность запасать электроэнергию в часы избытка и использовать её в часы дефицита, позволяет решить вопрос с неравномерностью выработки электроэнергии данными источниками.

[18] Renewable Capacity Statistics 2020 [Электронный ресурс]: The International Renewable Energy Agency (IRENA) – Электрон. текстовые дан. – 2020. – Режим доступа: https://www.irena.org/publications/2020/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2020, свободный.
[19] Battery Pack Prices Fall as Market Ramps Up with Market Average at $156/kWh in 2019 [Электронный ресурс]: BloombergNEF– Электрон. текстовые дан. – 2019. – Режим доступа: https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-fall-as-market-ramps-up-with-market-average-at-156-kwh-in-2019/, свободный.

Для эффективной работы РГ в составе ЕЭС необходимы эффективные механизмы интеграции, управления и регулирования таких источников электроэнергии. Бурное развитие информационных, микропроцессорных технологий и технологий связи в последние десятилетия, совместно с современными экономическими моделями, дало активный стимул к развитию РГ. Из-за большого распространения источников РГ и необходимости эффективной интеграции их в централизованную систему электроснабжения возникло понятие виртуальной электростанции **(*Virtual Power Plant*)**. Виртуальная электростанция это IT система, к которой подключены распределённые источники электроэнергии, преимущественно на основе ВИЭ. Кроме виртуальной электростанции, для управления режимами работы РГ и биржевой торговли электроэнергией, свое применение получила технология блокчейн **(*Blockchain*)**[20].

Цифровизация объектов РГ и соотносится со стратегическими направлениями программы Минэнерго РФ «Цифровая трансформация электроэнергетики РФ». На данный момент в РФ развивается цифровой пилотный проект по созданию новой системы взаимоотношений потребителей розничного рынка электроэнергии и оптимизации их затрат – активные энергетические комплексы[21]. Это совместная разработка АО «СО ЕЭС», группы компаний «НТЦ ЕЭС», Минэнерго РФ и «Энерджинет». Физически АЭК представляет из себя микроэнергосистему, состоящую из собственной генерации, потребителей электроэнергии и сетевой инфраструктуры. Производство и потребление электроэнергии осуществляется через управляемое интеллектуальное соединение. Экономическая целесообразность АЭК заключается в том, что каждый участник получает возможность оплачивать тариф на содержание электрических сетей в пределах разрешенной величины, но не более своего фактического потребления из сети при условии гарантий, что его потребление может быть ограничено до установленного уровня. Такое ограничение позволяет оптимизировать сетевую инфраструктуру и снизить затраты на технологическое присоединение.

Важным фактором и предпосылкой развития РГ, характерным для всех стран, является постепенное ***устаревание основных производственных фондов*** (рисунок 6) в электроэнергетике, необходимости замещения устаревшей и зачастую неэффективной генерации, а также **необходимостью строительства новой генерации для покрытия растущего потребления**. Согласно энергетической стратегии РФ, в период до 2035 г. общая установленная мощностью электрических станций в составе ЕЭС должна находиться на уровне 251 – 264 ГВт[22], что с учетом прогнозируемого вывода генерирующих мощностей[23] потребует ввода до 48 ГВт установленной мощности ГО. Одним из вариантов частичного покрытия этого объёма установленной мощности является строительство объектов РГ.

---

[20] Применение технологии блокчейн в распределённой генерации на основе возобновляемых источников энергии – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=37180207, свободный.

[21] О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам функционирования активных энергетических комплексов [Текст]: постановление Правительства РФ от 21.03.2020 № 320 // Собрание законодательства. – 2020. - № 13. – Ст. 1932.

[22] Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года [Текст]: распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 № 1523-р // Официальный сайт Правительства Российской Федерации. – 2020. – Режим доступа: http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf, свободный.

[23] Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года [Текст]: распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 № 1523-р // Официальный сайт Правительства Российской Федерации. – 2020. – Режим доступа: http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf, свободный.

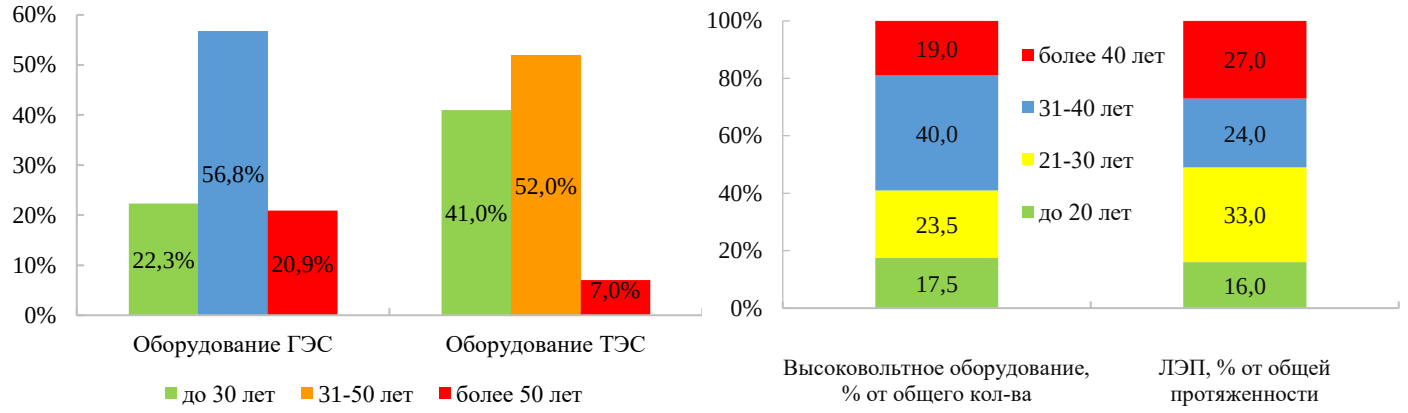

Рисунок 6 – Возрастная структура генерирующего оборудования, работающего в составе ЕЭС (процент от установленной мощности) [слева], и электросетевого оборудования Единой национальной электрической и распределительных сетей [справа]

Отдельным фактором появления и развития РГ, особенно характерным для нашей страны, является наличие ***ограничений пропускной способности*** распределительных сетей и высокая стоимость подключения к ним. Для полноценного функционирования технологического процесса крупного предприятия необходима надёжная схема, которая обеспечит предприятию бесперебойное электроснабжение и требуемое качество электрической энергии. Кроме того, для ПП важна и иная инфраструктура: для поставки первичных ресурсов и отгрузки готовой продукции крупным предприятиям требуется развитая дорожная и железнодорожная сеть. Во многих случаях ПП расположены в пригородах крупных городов, в которых существуют ограничения на новые подключения в существующие центры питания. Как показывает практика, подключение к электрическим сетям – одна из самых острых проблем, с которыми сталкиваются российские предприятия. Для подключения ПП к электрическим сетям необходимо соблюдение определённой процедуры, которая содержит значительный объём требований и предусматривает множество мероприятий для реализации технологического присоединения. Все эти действия увеличивают срок запуска предприятия, выпуска готовой продукции и срок возвращения инвестиций.

Ряд микроэкономических факторов привёл к широкому распространения РГ в России на ПП нефтегазодобывающей, горнодобывающей, металлургической, целлюлозно-бумажной, химической отраслей промышленности и предприятий СХ. В качестве собственных энергоресурсов для производства электроэнергии могут выступать ***местные виды топлива и побочные продукты производства***: нефть, уголь, торф, ПНГ и коксовый газ. В собственных энергоресурсах, пригодных для выработки электроэнергии, характерных для РФ, стоит выделить использование ПНГ и сырой нефти для электроснабжения объектов транспорта и нефтегазодобычи. В настоящее время, большинство компаний в РФ, занимающиеся разведкой, добычей и транспортом нефтегазовой продукции в той или иной мере используют эту технологию. Среди этих компаний Газпром[24] (установленная мощность ГТЭС составляет 252 МВТ (60 % от всей собственной генерации Газпрома)), Новатек, Лукойл (за 2018 год объем выработки на электростанциях на ПНГ составил 7 319 млн кВт-ч . Примеры: проект «Энергия Пармы» по строительству ГТУ для утилизации ПНГ, мощностью 16 МВт в Соликамском районе Пермского края), Сургутнефтегаз (23 газотурбинные и 7 газопоршневые электростанции, установленной мощностью 789,6 МВт. Пример: ГТЭС-1 Рогожниковского нефтяного месторождения – 3 энергоблока по 12 МВт), Транснефть (Пример: Шингинская ГТЭС, установленная мощность 24 МВт, Томская область) и Роснефть.

[24] Алексеев А. Энергия добычи. Энергетическое обеспечение месторождений [Электронный ресурс]: ПАО «Газпром нефть» – 2016. – Режим доступа: https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2016-october/1114980/, свободный.

Использование ПНГ для выработки электроэнергии позволяет решить проблему электроснабжения удалённых месторождений, повысить процент утилизации ПНГ, соблюдать возрастающие экологические требования. Использование побочных производственных продуктов предприятиями, помимо экономической выгоды, несёт и значительную экологическую. В качестве побочных производственных продуктов в основном выступают кородревесные отходы лесной промышленности, СХ и животноводства.

Важная задача, которая эффективно решается с использованием РГ, является ***электроснабжение удалённых*** изолированных, энергодефицитных и необустроенных ***территорий***. Строительство электрических станций большой установленной мощности в ИТТ нецелесообразна с экономической и трудновыполнима с технической точек зрения. Проблема электроснабжения ИТТ характерна для РФ и части западных стран, которые имеют арктические и сильно удалённые земли от основной территории страны. В президентском Указе[25] сформулирована задача «развития РГ, в том числе на основе ВИЭ, в первую очередь в ИТТ». Кроме использования ВИЭ, предлагается внедрять для замены неэффективных ДГУ, инновационные установки на СПГ единичной установленной мощностью до 1,4 МВт[26]. По оценкам Министерства энергетики, модернизация неэффективной генерации, в том числе с использованием ВИЭ в ИТТ РФ позволит сэкономить в общем до 10 миллиардов рублей[27]. Одной из возможностей применения мобильных электростанций, с точки зрения распределённой генерации, служит необходимость электроснабжения вновь строящихся объектов и территорий в ***максимально короткие сроки***. В настоящее время большинство государств столкнулось с нехваткой существующих мест размещения больных новой коронавирусной инфекцией. С 20 марта 2020 года силами Министерства Обороны РФ строятся 16 быстровозводимых госпиталей в различных регионах РФ[28]. Помимо быстровозводимых госпиталей в РФ строят как минимум пять новых больниц, при этом сроки строительства новых объектов сжаты до 3-4 недель. Особенностью таких объектов является и то, что строительство ведётся в основном на удалении от систем централизованного электроснабжения. В этих условиях увеличение времени на землеотвод под строительство новых ЛЭП (КЛ, ВЛ), согласование ТУ на ТП и их возведение даже при приоритетном решении всех сопутствующих вопросов, могут серьёзно увеличить время возведения таких объектов. Максимально увеличить скорость возведения возможно при использовании мобильных электростанций. Их общее отличие от стационарных заключается в конструкции, позволяющей по прибытии на место запускать их в работу в течение нескольких суток, что обеспечивает оперативное электроснабжение строительной площадки и возведённого объекта (до момента сооружения ЛЭП, в случае, если объект не возводится в качестве временного), а также позволяет легко демонтировать электростанцию по истечении срока использования временного сооружения. При этом гарантируется независимость системы электроснабжения от внешних возмущений, а требования к надёжности потребителей обеспечиваются наличием резервных электроустановок.

5 ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ РГ В РФ

Оценка точных текущих объёмов РГ в составе ЕЭС, вызывает определённые трудности. Росстат и

---

[25] О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года [Текст]: указ Президента РФ от 07.05.2018 № 204 // Собрание законодательства. – 2018. - № 20. – Ст. 2817.

[26] Ростех создал для удаленных районов мобильные электростанции на СПГ [Электронный ресурс]: ТАСС, информационное агентство – Электрон. текстовые дан. – 2018. – Режим доступа: https://tass.ru/ekonomika/5363385, свободный.

[27] Александр Новак выступит на "Правительственном часе" в Совете Федерации РФ [Электронный ресурс]: Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации – Электрон. текстовые дан. – 2020. – Режим доступа: https://minenergo.gov.ru/node/11793, свободный. (https://ria.ru/20200311/1568449473.html https://youtu.be/t_XcljGDQYs?t=875)

[28] Какие больницы построят для борьбы с пандемией? [Электронный ресурс]: портал ОКНА МЕДИА – Электрон. текстовые дан. – 2020. – Режим доступа: https://www.oknamedia.ru/novosti/kakie-novye-bolnitsy-postroyat-dlya-borby-s-pandemiey-50816, свободный.

Министерство энергетики РФ в своих официальных статистических годовых и оперативных отчётах, не выделяют этот вид генерации в отдельные показатели. Основными источниками данных являются оценки экспертов, научных организаций, показатели предприятий и аналитические работы консалтинговых компаний. Кроме того, в РФ существует серая зона объектов РГ, которые работают изолированно, без подключения к ЕЭС. По данным АО «СО ЕЭС» на начало 2020 года в РФ функционирует 487 ГО РГ, с общей установленной мощностью 6 ГВт, работающих в составе ЕЭС. Основной объём ГО приходится на электрические станции ПП, использующихся для электроснабжения производственного цикла и работающих на углеводородном топливе или сжигании побочных продуктов производства. Таких насчитывается 260 ГО суммарной мощностью 3360 МВт. Причиной распространения таких ГО является стремление собственника на снижение стоимость электроэнергии и повышения эффективности своего бизнеса. По расчётам одного из ведущих инжиниринговых предприятий РФ ГК «МКС»[29] и Московской школы управления «Сколково», использование собственной генерации ПП позволяет экономить до 3 руб. с одного кВт·ч электроэнергии, несмотря на высокую стоимость эксплуатации объекта собственной генерации (рисунок 7).

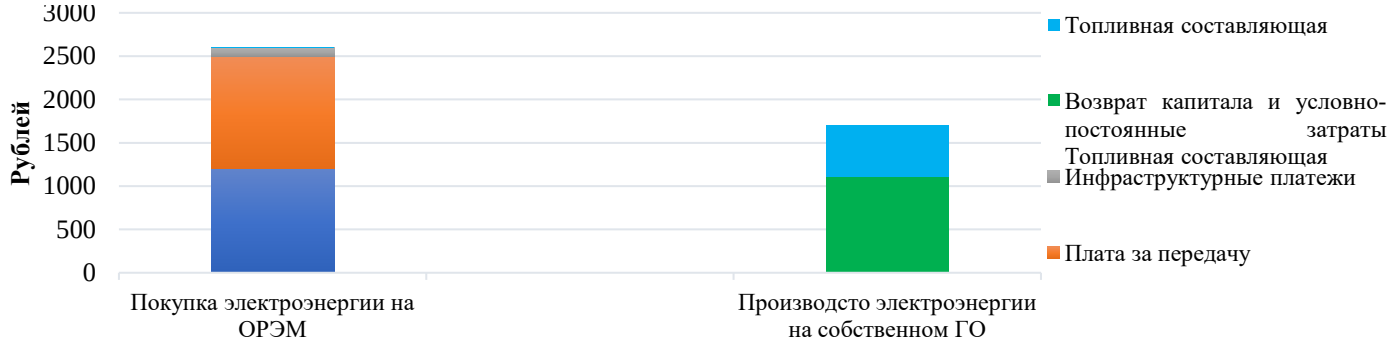

Рисунок 7 – Сравнение стоимости электроэнергии для предприятий при покупке на рынке/использовании собственной генерации

Определённую роль в общем объёме РГ, работающей в составе ЕЭС, занимают МГЭС. В начале 2020года насчитывается 76 объектов МГЭС, общей установленной мощностью более 480 МВт. Основной объём МГЭС принадлежит на праве собственности ПАО «РусГидро». История развития МГЭС в отечественной энергетике начинается с первой половины XX века. На 1952 год в СССР насчитывалось более 6000[30] МГЭС. Во второй половине XX века происходит резкое снижение количества МГЭС, находящихся в эксплуатации. В последнее время происходит увеличение интереса к строительству и эксплуатации МГЭС, связанное с относительно высокой стоимостью электроэнергии на рынке, низкой стоимостью эксплуатации объекта МГЭС и государственными программами стимулирования развития ВИЭ[31].

Мировой тренд развития РГ на основе ВИЭ прослеживается и в РФ. Без учёта МГЭС в РФ на 2020 г. находится в эксплуатации 59 ГО на основе ВИЭ установленной мощности менее 25 МВт, из них 11 ВЭС, 46 СЭС, 1 ПЭС, 1 БиоТЭС. Общая установленная мощность ГО РГ на основе ВИЭ составляет 735 МВт. В случае учёта всей генерации использующей ВИЭ (без учёта ГЭС) общая установленная мощность ГО составляет более 2 ГВт. Своё распространение ГО на основе ВИЭ в РФ получило благодаря государственной поддержке этого типа генерации.

[29] Что дает собственная генерация предприятию [Электронный ресурс]: ООО «Группа компаний «МКС» – 2019. – Режим доступа: https://mks-group.ru/a/sobstvennaya-generaciya-na-predpriyatii, свободный.
[30] Генерация у истоков [Электронный ресурс]: Малая и микрогидроэнергетика – 2018. – Режим доступа: http://www.microhydro.ru/generatsiya-u-istokov/, свободный.
[31] В En+ Group заявили, что поддержка малых ГЭС позволит построить до 1 ГВт мощностей [Электронный ресурс]: ТАСС, информационное агентство – Электрон. текстовые дан. – 2019. – Режим доступа: https://tass.ru/ekonomika/6667456, свободный.

По данным ЦФР[32] на 31.03.2020 по программе ДПМ ВИЭ с 2014 г. введено в эксплуатацию 1335,2 МВт электрической мощности (рисунок 8). Сводные значения по объектам РГ, работающих в составе ЕЭС приведены в таблице 3.

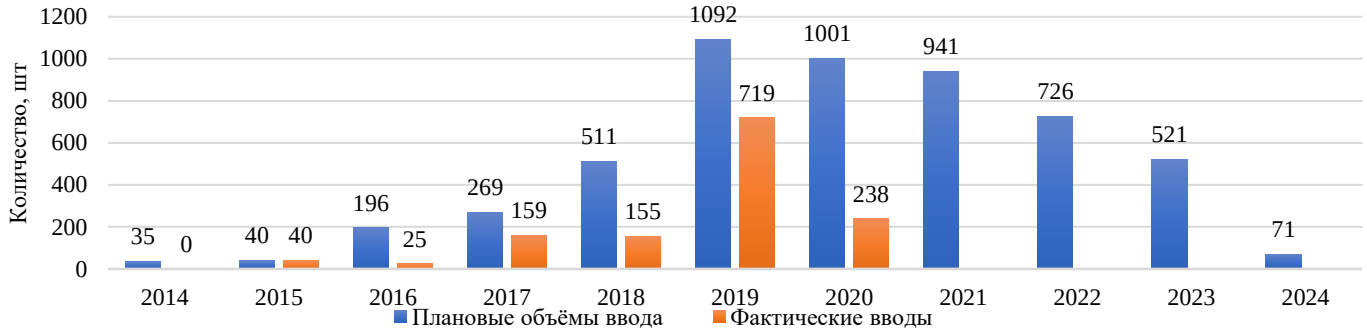

Рисунок 8 – Плановые и фактические показатели ввода мощности на основе ВИЭ до 2024 г.

Таблица 3. Сводные данные по РГ в РФ

Тип	Эл. ПП	МГЭС	ВЭС	СЭС	ПЭС	БиоТЭС	ТЭС
Мощность, МВт	3360	480	98	634	1,1	2,4	1395
Количество объектов	260	76	11	46	1	1	94

На особом месте находятся объекты РГ, расположенные в ИТТ РФ, работающие в островном режиме, таких насчитывается 2005[33] ГО. Суммарная установленная мощность таких ГО оценивается в 840,3 МВт[34]. Основной процент установленной мощности (63% - 525 МВт) этих ГО расположен в четырёх регионах РФ: Республика Саха (Якутия), Камчатском крае, Красноярском крае и Ямало-Ненецкий АО. На остальные 19 регионов приходится 315 МВт установленной мощности ГО. Основным видом топлива, использующегося для производства электроэнергии на этих территориях, является дизельное топливо, но также присутствуют объекты генерации, использующие ВИЭ. Общий объём мощности объектов распределённой генерации, использующей ВИЭ на конец 2018 г., равен 16,6 МВт (39 ГО). Сводные значения по объектам РГ с ВИЭ, работающих в ИТТ приведены в таблице 4.

Таблица 4. Сводные данные по РГ использующие ВИЭ в ИТТ

Тип	ВЭС	СЭС	ВСЭС	ВДЭС	ГЭС	АГЭУ	ВСДЭС
Мощность, кВт	3171	1606	221,5	7683	2740	520	224
Количество объектов	5	19	2	6	3	1	4

Основной особенностью генерации, расположенной в ИТТ, является субсидирование государством стоимости электроэнергии для компенсации разницы между экономически обоснованным тарифом, и установленными тарифами для населения и промышленности. По оценкам Аналитического центра при Правительстве РФ, удельные расходы на выработку электроэнергии могут доходить до 42,7 руб./кВт·ч.

6 ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РГ В РФ до 2035 г.

Дорогостоящее ТП, высокие издержки при передаче электроэнергии, необходимость в замещении изношенных и устаревающих мощностей делают стоимость электроэнергии для конечного потребителя

[32] Отчет о ходе реализации отобранных инвестиционных проектов участников ОРЭМ – генерирующих компаний в рамках ДПМ ВИЭ и ДПМ ТБО (за 1 квартал 2020 года) [Текст]: // АО «ЦФР». – 2020. – Режим доступа: https://cfrenergo.ru/upload/iblock/d3f/Otchet-na-sayt-1-kvartal-2020-goda.pdf, свободный.

[33] Модернизация объектов генерации в изолированных и труднодоступных территориях [Электронный ресурс]: Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации – Электрон. текстовые дан. – 2020. – Режим доступа: https://minenergo.gov.ru/node/16540, свободный.

[34] Объекты генерации в изолированных и труднодоступных территориях в России. Аналитический доклад. Март 2020 [Текст]: // Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. – 2020. – Режим доступа: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/analitika/генерации_в_ИТТ.pdf, свободный.

достаточно высокой. По расчётам компании АЛЬТЭКО [35] среднее прогнозируемое повышение цены на электроэнергию для бытового потребителя до 2035 г. составит около 4%. В то же время, по данным НП «Сообщества потребителей энергии»[36] и Ассоциации «НП Совет рынка», цена электроэнергии на оптовом рынке за 1 полугодие 2019 года существенно выросла – рост к середине 2019 г. составил 9% относительно уровня цены в декабре 2018 г. С другой стороны, цена на природный газ для промышленности, по прогнозам[37] до 2024 г., значительного роста иметь не будет (рисунок 9) и будет составлять в среднем 3% в год[38].

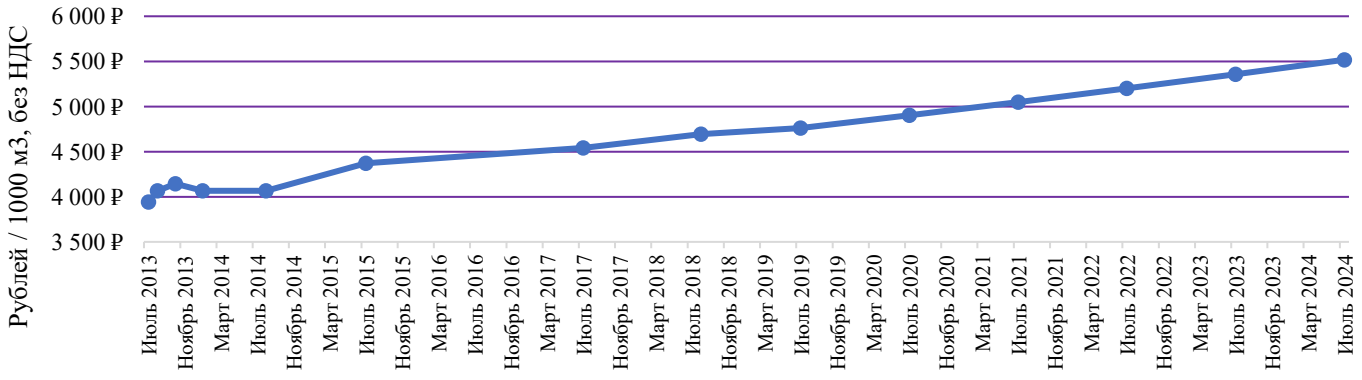

Рисунок 9 – Прогноз цены на природный газ для промышленного потребителя до 2024 г.

Кроме экономических стимулов в развитии РГ на базе углеводородного топлива до 2035г., важной составляющей является заложенная в «Энергетической стратегии РФ на период до 2035 года» цель по увеличению доли распределённой генерации в общем объёме генерации и концентрации нагрузки в региональных энергосистемах. Это достигается за счёт необходимости масштабного обновления ТЭЦ за счёт установки теплофикационных ГТУ мощностью до 25 МВт общим количеством 250-350 шт. с суммарной установленной мощностью 3,6 ГВт[39] и за счёт реконструкции муниципальных котельных с преобразованием их в ГТУ либо в ГПУ расположенных на мини – ТЭЦ. Что суммарно составит до 70 ГВт вновь введённой мощности до 2035 г. Всё это создаёт благоприятные условия для развития собственной генерации ПП и муниципальными предприятиями и увеличения общего количества РГ, работающей на углеводородном топливе. В 2019 г. Правительством РФ принято решение о продлении программы ДПМ ВИЭ до 2035 г. Согласно данным ЦФР (рисунок 8) до 2024 г. в ЕЭС должно быть введено около 3 ГВт новой мощности. В 2019 г., по результатам отбора проектов ВИЭ в 2021-2024 г. будет введено два объекта РГ (МГЭС и СЭС) общей мощностью 13,7 МВт. По оценкам РОСНАНО, до 2035 г. совокупный объём рынка РГ на основе ВИЭ может составить 10 ГВт[40] новой мощности. В этот объём входит вновь вводимая мощность на розничном рынке, РГ на ИТТ и рынок микрогенерации.

---

[35] Рост тарифов в России. Прогноз до 2035 года [Электронный ресурс]: ООО «Центр энергетических инноваций» – 2020. – Режим доступа: http://www.altecology.ru/article/rost_tarifov_v_rossii_prognoz_do_2035_goda/, свободный.

[36] Электроэнергия для промышленности в России в 2019 году оказалась дороже, чем в США и целом ряде стран Евросоюза [Электронный ресурс]: Ассоциация (некоммерческое партнерство) «Сообщество потребителей энергии» – 2019. – Режим доступа: https://www.np-ace.ru/news/partnership/1384/, свободный.

[37] Оптовая цена на газ, добываемый ПАО "Газпром" и его аффилированными лицами, реализуемый потребителям Российской Федерации (Москва) с 1 июля 2013 по 1 июля 2024 [Электронный ресурс]: Газойл Медиа – 2020. – Режим доступа: http://prices.gasoil.media/gas/dynamics/forecast/?analysis=gas&name=natural_gas&company_id=101&category=industry&source=consultantplus&group_id=102&section_id=157, свободный.

[38] Жуков А. Конкурентная модель. К 2026 году собственных энергоисточников станет в 3 раза больше, чем централизованных [Электронный ресурс]: АО «ДП Бизнес Пресс» – 2020. – Режим доступа: https://www.dp.ru/a/2020/02/11/Konkurentnaja_model, свободный.

[39] Прогноз научно-технологического развития отраслей ТЭК [Электронный ресурс]: Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации – Электрон. текстовые дан. – 2020. – Режим доступа: https://minenergo.gov.ru/node/6366, свободный.

[40] Каланов А.Б. Отрасль ВИЭ в РФ. Потенциал развития до 2035г. [Текст]: // Группа РОСНАНО. – 2019. – Режим доступа: https://www.rusnano.com/upload/images/sitefiles/files/РОСНАНО%20Презентация%20Отрасль%20ВИЭ%20в%20РФ.pdf, свободный.

Таблица 5. Анализ кейсов лидирующих компаний

Группа факторов	Стимулы к развитию РГ [предварительная оценка до 2035 года: **усилится**/**сохранится** или **ослабнет**]	Тренды [предварительная оценка до 2035 года: **усилится**/**сохранится** или **ослабнет**]	Примеры (кейсы)
Экономические на микроуровне и макроуровне	• Рост тарифов на электроэнергию **[сохранится]** • Повышение платы за утилизацию отходов производства **[усилится]** • Стремительное совершенствование нормативной базы в части управляемости, наблюдаемости и надёжности центров электроснабжения приводит к увеличению стоимости технологического присоединения к сетям вследствие роста предъявляемых к заявителю требований **[ослабнет]** • Снижение цен на углеводородное топливо **[ослабнет]**	• Увеличение доли собственной генерации предприятий за счёт вводов ГТУ, ГПУ, ДЭС и микротурбин **[сохранится]** • Стремление к повышению эффективности производства **[сохранится]** • Строительство электростанций на попутном нефтяном газе (месторождения), на чёрном щёлоке (ЦБК), на биогазе (полигоны ТБО и с/х предприятия) **[усилится]** • Увеличение установленной мощности ПГУ, ГТУ, ДЭС и микротурбин **[ослабнет]**	**Российские примеры:** ***Новолипецкий металлургический комбинат (НЛМК)*** – применяет газовые утилизационные бескомпрессорные турбины (2 по 20 МВт). В ближайшие годы планируется более чем в полтора раза увеличить мощность собственной генерации, в т. ч. за счёт ТЭЦ на вторичном топливном газе (отходы металлургического производства). В настоящее время строится ТЭС на попутном газе мощностью 300 МВт. Инвестор получит льготы по налогу на имущество, станция должна обойтись дороже газовой ТЭС, но НЛМК сэкономит на топливе.
Политические	• Развитие нормативной базы, регламентирующей функционирование объектов РГ в составе ЕЭС **[ослабнет]** • Национальная стратегия по цифровизации экономики **[сохранится]** • Политика по расширению использования местных видов топлива **[сохранится]** • Политика по нормированию степени локализации генерирующего оборудования **[сохранится]** • Меры государственной поддержки – ДПМ ВИЭ, аналог ДПМ для малых газовых турбин, план модернизации неэффективной генерации в изолированных и труднодоступных территориях **[сохранится]**	• Повышение энергетической безопасности и диверсификация источников энергии **[ослабнет]** • Рост числа отечественных производителей оборудования РГ **[сохранится]**	**Российские примеры:** ***ПАО «Т-Плюс»*** ввёл в эксплуатацию 2-ю и 3-ю очередь Орской СЭС общей мощностью 15 МВт, в рамках ДПМ ВИЭ. Установленная мощность увеличилась с 25 до 40 МВт. «Компании «Т Плюс» и «Хевел» готовы работать в Оренбургской области с новыми проектами. Мы будем наращивать мощность возобновляемых источников энергии на востоке области. Наша стратегическая цель – повышение энергоэффективности региона. Параллельно с достижением этой цели должна решаться и проблема экологии и безопасной жизненной среды. Упаковать в один проект оба направления можно в развитии альтернативной энергетики. Несомненно, за ней будущее», – Денис Паслер, губернатор Оренбургской области
Нормативно-правовые	• Признание генерирующих объектов на основе ВИЭ квалифицированными генерирующими объектами **[сохранится]** • Разработка перечня рекомендаций Комитета Госдумы по энергетике в части	• Совершенствование нормативной базы **[сохранится]** • Пересмотр устаревших нормативных требований **[сохранится]** • Применение регуляторной гильотины	**Российские примеры:** АО «НТЦ ЕЭС «Московской отделение» совместно с АО «СО ЕЭС» разработали концепцию активных энергетических комплексов (АЭК) промышленного типа под управлением самобалансирующих организаций

	снижения требований к объектам малой генерации и их финансовой поддержки **[сохранится]** ● Внесение поправок в 35-ФЗ «Об электроэнергетике» в части микрогенерации **[сохранится]** ● Выделение развития РГ в качестве одного из приоритетов энергетической политики России на период до 2035 года **[сохранится]** ● Менее жесткие требования к схемам выдачи мощности объектов на базе ВИЭ в ПТФ ЭЭС **[сохранится]**	**[ослабнет]**	(ЭССО). На начальном этапе запланировано апробирование новой модели на пилотных площадках, что позволит оценить правовые, технические и экономические условия функционирования АЭК/ЭССО. Старт реализации пилотного проекта, рассчитанного на период до 2030 года, дало принятое 21 марта 2020 года Постановление Правительства РФ №320 “О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ по вопросам функционирования активных энергетических комплексов.
Социокультурные	● Наличие удалённых труднодоступных территорий **[сохранится]** ● Рост «энерговооруженности» населения, рост величины потребления электроэнергии **[сохранится]** ● Популяризация направления микрогенерации и ВИЭ в СМИ **[сохранится]** ● Необходимость создания дополнительных рабочих мест в удалённых населённых пунктах **[сохранится]**	● Децентрализация и строительство объектов РГ вместо строительства протяженных, но малонагруженных сетей **[сохранится]** ● Ввод новых объектов для покрытия роста потребления **[сохранится]** ● Установка микрогенерации на основе ВИЭ небольшими хозяйствующими субъектами **[сохранится]** ● Поиск новых ниш и участие в сфере развития РГ и ВИЭ крупных генерирующих компаний **[сохранится]**	**Российские примеры:** ***ПАО «РусГидро»*** - обеспечил электроснабжение изолированных территорий в ДФО с использованием ВИЭ. В настоящее время в ДФО эксплуатируется 19 солнечных электростанций общей мощностью 1,6 МВт в Республике Саха (Якутия), а также 5 ветроэлектростанций общей мощностью 3,86 МВт в Республике Саха (Якутии), Камчатском крае и Сахалинской области. **Зарубежные примеры:** «В настоящее время ветроэнергетика создала более 100 000 рабочих мест, в которых нуждается сельская местность, в том числе более 25 000 рабочих мест в США», – Том Кирнан, генеральный директор Американской ассоциации ветроэнергетики.
Технологические	● Ограничение пропускной способности существующих сетей **[сохранится]** ● Потери электроэнергии при её передаче на значительные расстояния **[сохранится]** ● Зависимость потерь от величины передаваемой мощности **[сохранится]** ● Падение напряжения на длинных ЛЭП **[сохранится]** ● Устаревание основных энергетических фондов **[ослабнет]** ● Необходимость обеспечения надёжного электроснабжения **[усилится]**	● Строительство объектов производства электроэнергии всё чаще выступает в качестве альтернативы усилению существующей сети **[сохранится]** ● Сокращение схемного расстояния между потребителем и производителем электроэнергии **[сохранится]** ● Вводы нового генерирующего оборудования **[ослабнет]** ● Всё больше организаций стремится иметь независимый источник электроснабжения **[усилится]**	**Российские примеры:** ***«Мобильные ГТЭС»***, Россия На территорию полуострова Крым в 2014 году было перебазировало 13 мобильных ГТЭС суммарной мощностью 292,5 МВт. Это позволило осуществлять электроснабжение потребителей при авариях в энергосистеме в 2014-2015 гг. ***ООО «РН-Уватнефтегаз»***, дочернее общество НК Роснефть в 2016 году ввело в газопоршневую электростанцию, 8 МВт для электроснабжения Протозановского месторождения. ***ЗАО «Русская металлургическая компания»,*** ввели 34 единицы газопоршневого оборудования суммарной

	● Повышение КПД генерирующего оборудования **[сохранится]** ● Необходимость возведения отдельных источников энергии в максимально короткие сроки **[сохранится]** ● Развитие систем накопления электроэнергии **[сохранится]** ● Развитие цифровых технологий управления объектами энергетики **[сохранится]**		мощностью более 130 МВт на Урале. Все энергетические объекты обеспечат энергоснабжение добывающих и производственных предприятий. **Зарубежные примеры:** ***Aggreko,*** Великобритания, осуществила поставку электростанций общей мощностью 45 МВт в дефицитные энергорайоны Аргентины. Рост потребления в стране опережает темпы электросетевого строительства ***Tesla,*** США активно используют литий-ионные накопители электроэнергии в целях регулирования частоты, и поддержки интеграции возобновляемых источников энергии
Экологические	● Международные экологические соглашения по снижению уровня выбросов CO_2 и сохранению климата **[усилится]** ● Повышение экологической ответственности государств и отдельных отраслей **[усилится]**	● Рост установленной мощности ВИЭ, в том числе, относящихся к РГ **[сохранится]** ● Стремление к максимально замкнутым производственным циклам и максимального использования отходов и побочных продуктов производства **[усилится]**	**Российские примеры:** ***ПАО «ТГК-2»*** – ТЭЦ «Белый ручей». В Вытегорском районе Вологодской области в 2007 году введена ТЭЦ 6 МВт, использующая местные виды топлива: низкосортную древесину, древесные отходы, торф. **Зарубежные примеры:** ***Iberdrola***, Испания – 15 ГВт ВЭС и СЭС. Инновационной особенностью ВЭС Iberdrola являются радары, которые обнаруживают прибытие больших скоплений перелетных птиц и останавливает турбины, если условия видимости представляют для них опасность. ***E.ON***, Германия, СЭС и ВЭС ***Engie***, Франция – 19 ГВт ВИЭ, осуществляют проекты по микросети и электроснабжению изолированных районов, существуют проекты городских «экорайонов» ***EDF Renouvelables***, Франция – один из лидеров в производстве электроэнергии из биотоплива. Например, в Лусене, Андалусия (Испания), существует Электростанция мощностью 26 МВт, которая утилизирует 180 тыс. тонн оливковых отходов в год. ***Dalkia***, Франция – специализируется на производстве возобновляемой энергии из промышленных отходов, биомассы и мусора

Таблица 6. Анализ рисков развития РГ в России

Риски	Описание
Политические	● Запрет на импорт генерирующего оборудования, комплектующих и сервисного обслуживания вследствие различных экономических санкций, введённых западными странами в отношении компаний ТЭК России. *Как следствие, отмечается снижение инвестиций в проекты РГ, а также отсутствие у объектов РГ с импортным энергетическим оборудованием получения сервисного обслуживания и импортных комплектующих;* ● Рост цены на топливо вследствие широкого распространения объектов РГ на основе ВИЭ. *Распространение ВИЭ-генерации ведет к сокращению спроса, и как следствие, к снижению цены на нефть, что в свою очередь может повлечь рост цен нефтепродуктов.*
Социокультурные	● Высокая стоимость электроэнергии, произведенной объектами РГ на основе ВИЭ относительно электроэнергии, произведенной на крупных ТЭС, ГРЭС, АЭС; ● Снижение надежности электроснабжения из-за неудовлетворительной организации эксплуатации оборудования вследствие отсутствия специальных компетенций эксплуатационного персонала; ● Фактический экономический эффект от внедрения объекта микрогенерации может быть ниже ожидаемого вследствие низкой осведомленности населения о технологии микрогенерации; ● Снижения количества рабочих мест на крупных электростанциях в результате вывода невостребованного энергетического оборудования вследствие снижения спроса на электроэнергию от централизованного энергоснабжения из-за наличия собственной генерации.
Экономические	● Дороговизна ввозимое из-за рубежа оборудования из-за высоких таможенных пошлин. *Импорт по различным направлениям достигает 70-100% [41];* ● Дополнительные капиталовложения вследствие мотивированности сетевых компаний завышать технические требования к подключению. *Развитие РГ сдерживает рост инвестиционных доходов сетевых компаний и снижает прибыль. Сетевые компании выдвигают собственникам РГ многочисленные требования по установке устройств релейной защиты и автоматики, противоаварийного управления и т.д. Выполнение указанных требований потребует значительных капитальных вложений, что в свою очередь существенно снизит экономический эффект от ввода собственной генерации;* ● Увеличение срока ТП объекта РГ к распределительным сетям из-за отсутствия у сетевых компаний пообъектной информации о планируемых к строительству объектах РГ в разрабатываемых 5-летних схемах и программах перспективного развития электроэнергетики регионов; ● Рост цены на электроэнергию вследствие роста цены на топливо; ● Капитальные и инжиниринговые затраты на интеграцию оборудования в электрические сети; ● Высокая стоимость покупки, сервисного обслуживания и запасных частей импортного энергетического оборудования. *Неготовность российской промышленности обеспечить спрос предложением продукции микрогенерации собственного производства. Значительный объем оборудования, например, для солнечной энергетики на российском рынке — импортное, как сами кремниевые панели, так и инверторы, контроллеры и аккумуляторы.*
Правовые	● Сложности технического регулирования и лицензирования при строительстве объектов РГ. *Тепловые электростанции, в том числе объекты РГ, относятся к опасным производственным объектам. Требуется не только подтверждение соответствия требованиям технического регламента о безопасности машин и оборудования, но и подтверждение соответствия требованиям по энергоэффективности. Кроме того, для эксплуатации объекта РГ, как правило, требуются лицензии на*

[41] Об утверждении Плана мероприятий по импортозамещению в отрасли энергетического машиностроения, электротехнической и кабельной промышленности Российской Федерации [Текст]: приказ Минпромторга России от 16.04.2019 № 1327 // Официальный сайт Министерства промышленности и торговли Российской Федерации. – 2019. – Режим доступа: http://minpromtorg.gov.ru/docs/#!44197, свободный.

	осуществление таких видов деятельности, как эксплуатация взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектов (в соответствии с Федеральным законом "О лицензировании отдельных видов деятельности" от 04.05.2011 № 99); ● Возложение всех расходов по созданию сетевой инфраструктуры на инвестора в соответствии с зафиксированной в законодательстве об электроэнергетике процедуры присоединения объектов генерации к электрическим сетям; ● Отсутствие для производителя электроэнергии розничного рынка возможности компенсировать затраты, связанные с развитием собственного электросетевого хозяйства. *В соответствии с законодательством РФ юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям, а также аффилированным лицам в границах одной ценовой зоны оптового рынка запрещается иметь одновременно на праве собственности или ином предусмотренном федеральными законами основании имущество, непосредственно используемое при осуществлении деятельности по передаче электрической энергии и (или) оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике, и имущество, непосредственно используемое при осуществлении деятельности по производству и (или) купле-продаже электрической энергии. Как следствие - возникновение некомпенсируемых убытков;* ● Отсутствие на законодательном уровне механизмов, позволяющих инвесторам гарантированно заключать долгосрочные договоры поставки газа, необходимые для реализации проектов в сфере малой энергетики. *Существующая процедура выдачи разрешений на использование газа приводит к тому, что уже построенные объекты генерации, имеющие гарантированный спрос на электрическую и тепловую энергию, не функционируют из-за отсутствия газа;* ● Множество разрешений и согласований получение которых необходимо для реализации проектов создания объектов капитального строительства. *Законодательство Российской Федерации о градостроительной деятельности в настоящее время предусматривает сокращение количества таких разрешений и согласований. Необоснованное количество бюрократических инстанций является одним из наиболее крупных препятствий для реализации инвестиционных проектов в сфере строительства малой генерации.*
Технологические	● Возникновение трудностей при выполнении мероприятий, предусмотренных ТУ на ТП к распределительным сетям; ● Необходимость адаптации импортного оборудования к режимам работы сети и настройкам устройств релейной защиты; ● Отсутствие на этапе принятия решения о строительстве объекта РГ понимания о возможных режимах работы ГУ/электростанции (параллельная; изолированная; комбинированная); ● Ускоренное исчерпание ресурса ГУ (повышенный износ, вследствие частых пусков/остановов) с необходимостью выполнения внеплановых текущих и капитальных ремонтов; ● Преждевременный (аварийный) выход из строя ГУ при нормативных возмущениях в сетях внешнего и/или внутреннего электроснабжения; ● Неправильный выбор вида, типа, мощности ГУ (удельные расходы топлива, величины минимальной технологической загрузки, наброcы/сбросы нагрузки) на этапе проектирования; ● Отсутствие принципиально важных пунктов требований в ТЗ на закупку генерирующих установок и/или в технических требованиях к генерирующим установкам; ● Необходима установка оборудования, отвечающего требованиям АО «СО ЕЭС» по управлению режимами работы генератора. ● Неполное или некачественное выполнение проектов схем выдачи мощности с учетом особенностей сетей внешнего и/или внутреннего электроснабжения, а также влияния нагрузки ● Отрицательное влияние особых режимов работы объектов РГ на режимы работы других ГУ и потребителей электроэнергии в узлах нагрузки (обеспечение качества электроэнергии) ● Неоднозначно и влияние РГ на качество электроэнергии по уровням напряжений, а также на генерацию высших гармоник в системе. *РГ – это как правило импортное оборудование с определенными особенностями управления. Подключение источников РГ к распределительной сети увеличивает токи короткого замыкания, что может потребовать замены коммутационных аппаратов, изменения настроек защит.*

	● Для ЕЭС России: сложности прогнозирования и управления электроэнергетического режима. *Неконтролируемое развитие РГ, генерации которая не прогнозируема, приведет к сложности прогнозирования и управления электроэнергетического режима в части регулирования перетоков активной мощности, токовой загрузки сетевых элементов и уровней напряжения, что в свою очередь может привести к необходимости модернизации и развития существующей сети и поддержания больших резервов мощности.*
Экологические	● Шумовое загрязнение окружающей среды; *ООО «Ейская тепловая электростанция» мощностью 18 МВт является действующим предприятием, обеспечивающим электроэнергией промышленные предприятия и жилищно-коммунальный сектор г. Ейска.* *В процессе проверки электростанции были выявлены превышения допустимого уровня шума и вибрации. В связи с этим, ООО Ейская ТЭС выдано предписание об устранении выявленных нарушений.* *Электростанция была вынуждена провести мероприятия по снижению уровня шума и вибрации: установлен звукопоглощающий экран, на дымовые трубы установлены глушители. С целью доведения уровня шума и звукового давления до допустимого, установлен особый режим работы в ночное время, в результате которого снижена суммарная мощность работающего оборудования*[42]. ● Вредные инфразвуковые колебания с частотами ниже 16 Гц. *Для РГ на основе ветроэлектростанции проблема решается применением лопастей специальной конструкции;* ● Значительные занимаемые территории (касательно РГ на основе ВИЭ), сокращение площади пахотных земель. *Бурибаевская СЭС — солнечная электростанция расположена на территории Хайбуллинского района республики Башкортостан мощностью 20 МВт занимает площадь 80 Га.* ● Проблемы утилизации солнечных панелей и аккумуляторных батарей; *По завершению эксплуатации необходима утилизация по сложной и дорогостоящей технологии из-за входящих в их состав токсичных веществ – кадмия, свинца, галлия, мышьяка, ртути и т.д.* ● Необходимость проведения мероприятий, направленных на снижение концентрации ядовитых веществ в отходящих газах мини-ТЭС, образующихся при сжигании топлива/отходов производства, а также мероприятий, направленных на снижение теплового загрязнения.
Коммерческие	● Высокие начальные капитальные затраты. *В районе выбранным собственником для размещения объекта РГ площадки в ряде случаев полностью отсутствуют сети необходимого класса напряжения для выдачи мощности или необходима их полная/частичная реконструкция.* *Следствие: значительные финансовые и временные затраты на выполнение проекта строительства/реконструкции сети и его реализацию.* ● Снижение ожидаемой экономической эффективности от внедрения объекта РГ: значительное удорожание проекта, увеличение удельных расходов топлива, увеличение эксплуатационных затрат. *Срок окупаемости объектов РГ для потребителей может быть слишком продолжительным. Затраты на реализацию проектов РГ могут превышать потенциальные экономические выгоды*; ● Низкая цена избыточной электроэнергии, отдаваемой в сеть. *Сбыт электроэнергии осуществляется гарантирующим поставщикам по цене не выше цены покупки ими электроэнергии на ОРЭМ. При этом себестоимость электроэнергии на мини-ТЭС выше, чем на больших электростанциях. Это приводит к убыточности и не возврату инвестиций, а также является сдерживающим фактором развития малой генерации.*

[42] Горин В.А. Снижение шумового загрязнения окружающей среды путем установки шумоглушителя / В.А. Горин, В.В. Клименко, Р.И. Шутов и др. – Научный журнал КубГАУ – 2016. – № 119(05). – 10 с.

БЛОК II

1 СЦЕНАРНЫЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ РГ В РОССИИ В ПЕРСПЕКТИВЕ ДО 2035 ГОДА

Сценарии развития РГ разработаны на основании качественного исследования, проведенного посредством анкетирования. Анкетирование предполагало оценку приведенных критериев с использованием качественной шкалы, характеризующей вероятность наступления критерия и степень его влияния на РГ. В анкетировании участвовали эксперты, среди которых: представители объектов РГ, компаний, специализирующихся на накопителях энергии, производителей электротехнического оборудования, сетевых компаний и представители научной сферы в области РГ. На основании анализа ответов экспертов сделан вывод о наиболее возможном пути развития РГ в РФ до 2035 г. (таблица 11, с. 37) По мнению экспертов, наиболее значимыми критериями влияющими на развитие РГ в РФ являются: развитие СНЭ до промышленного масштаба, усиление государственной поддержки РГ на основе ВИЭ, достижение научно-технического прогресса на всех стадиях: от производства энергоресурсов до преобразования их в энергию, ускорение развития отечественного энергомашиностроения для РГ при сохранении ограниченного трансфера технологий. Эксперты отметили высокую вероятность наступления следующих событий в перспективе до 2035 года: постепенное повышение внутренних цен на газ для потребителей, ввод высоких штрафов за выбросы вредных веществ в атмосферный воздух или за вредное физическое воздействие, достижение ведущими державами планов по декарбонизации, развитие СНЭ до промышленного масштаба. Численные показатели результатов анкетирования приведены в презентации.

2 БАЗОВЫЙ СЦЕНАРИЙ

Базовый сценарий предполагает естественный ход НТП, который обеспечивает по мере внедрения новых технологий их постепенное удешевление. Также предполагается отсутствие сколько-нибудь значимых технологических революций и прорывов. Нефть будет постепенно терять свое доминирование, ее доля к 2035 году сократится, а газ, напротив, заметно расширит свою нишу, что в свою очередь поддержит развитие РГ на основе природного газа. Спрос на мощность будет расти. На рисунке 10 приведен прогноз мощности до 2035 года. В настоящее время в ЕЭС РФ наблюдается незначительный избыток резервов мощности, который будет снижаться с прогнозируемым ростом спроса на мощность, а также планами по выводу устаревающей неэффективной генерации, как показано на рисунке 10. Экспорт электроэнергии снизится вследствие более высоких темпов роста цен на энергоносители и на электроэнергию на внутреннем рынке по сравнению с прогнозным темпом роста на рынках стран-торговых партнеров, в том числе связывается с завершением строительства Белорусской АЭС. Базовый прогноз был составлен на основе экстраполяции данных СиПР значений спроса и предложения мощности (рисунок 10). В совокупности с планами по строительству сетевой инфраструктуры за счёт снижения объёма невыпускаемых резервов нивелируется необходимость ввода нового ГО, которая на перспективу до 2035 года может составить от 20 до 50 ГВт, из которых РГ может составить от 10 до 40 %. Сложность прогнозирования вводов РГ затрудняется отсутствием долгосрочных планов по вводам по причине малого времени реализации проектов. По этой же причине сфера РГ более зависима от внешних факторов ввиду низкой инерционности, что в то же время является и её положительной стороной.

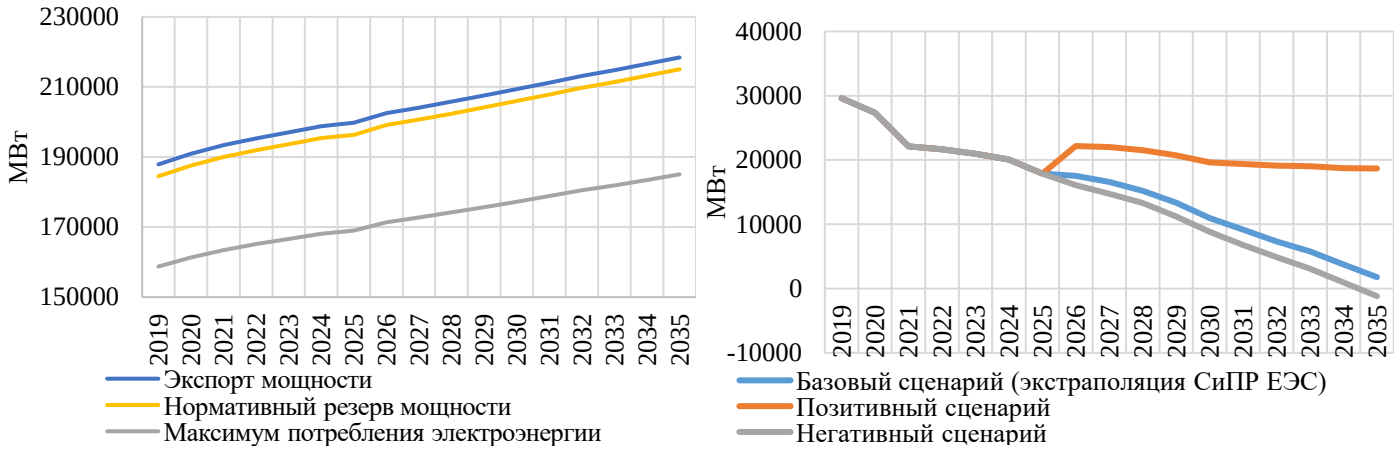

Рисунок 10 – Прогноз спроса на мощность [слева], избыток/дефицит мощности [справа][43]

ПОЛИТИКА

Санкций на импорт энергетического оборудования. ***Сохраняются*** экономические санкции на импорт энергетического оборудования, комплектующих, сервисного обслуживания, введённых западными странами в отношении компаний ТЭК РФ. Введенные санкции послужили существенным толчком для развития: выделено 18 приоритетных направлений для импортозамещения в нефтегазовой, угольной отраслях и электроэнергетике, утвержден план мероприятий. В результате доля импортного оборудования в отрасли за период с 2014 по 2020 год была снижена с 60 % до 43%[44]. В настоящее время, по ряду направлений в области добычи трудноизвлекаемых запасов, переработки нефти и газа, освоения шельфовых месторождений и информационных технологий, зависимость от импортного оборудования и услуг, достигает до 100%. После ввода санкций замедлилось освоение арктического шельфа, что снижает и необходимость сооружения РГ на ИТТ. К 2025 году степень локализации по реализуемым проектам ПАО «НК «Роснефть» должна быть обеспечена в объеме до 70%. ПАО «Газпром» намерен к 2020-2022 гг. создать технологию крупнотоннажного сжижения газа, позволяющую, независимо от внешней конъюнктуры, организовывать производство СПГ по российским технологиям.[45] Не исключается возможность экспорта российских технологий на международный рынок странам-партнёрам. Указанные сведения характеризуют положительный эффект от введённых санкций со стороны ЕС и США в отношении компаний ТЭК РФ. Их сохранение приведет к дальнейшему росту доли отечественных компонентов в производстве. На перспективу до 2035 года ожидается практически полный отказ от использования импортного оборудования организациями ТЭК, что значительно снизит степень влияния экономических санкций на РГ в перспективе до 2035 года.

Санкций на экспорт энергоресурсов России. Примерно 80 % экспорта российской нефти приходится на ЕС (в том числе и в Восточную Европу), преимущественно в Германию, Нидерланды и Польшу. Оставшаяся часть экспорта предназначена для стран Азии. ***Сохранение*** санкций в отношении экспорта энергоресурсов РФ со стороны ЕС и США позволили расширить область влияния страны на иных рынках. Например, швейцарский нефтерейдер *Trafigura* в апреле 2015 г. стал одним из крупнейших покупателей нефти из РФ. Благодаря санкциям

[43] Экстраполяция данных СиПР

[44] Мантуров Д.В. Мы умеем строить суда, мы понимаем, как это делать [Электронный ресурс]: // Энергетическая политика. – 2020. – Режим доступа: https://energypolicy.ru/?p=2800, свободный.

[45] Старинская Г. Что изменилось в российском ТЭКе за время санкций [Электронный ресурс]: // АО Бизнес Ньюс Медиа. – 2017. – Режим доступа: https://www.vedomosti.ru/business/articles/2017/12/19/745720-rossiiskom-teke, свободный.

организация закупила и поставила на экспорт почти 9 млн барр. на сумму более $ 500 млн. [46] Смещение вектора развития экономики РФ за счет введения санкций на экспорт энергетических ресурсов приведет к повышению внимания к другим отраслям экономики, а также к стимулированию развития внутреннего рынка сбыта углеводородов, что даст ещё большие перспективы РГ на природном газе, в т.ч. когенерационных установок.

ЭКОНОМИКА

Прогноз инфляции. В начале 2020 года в условиях охлаждения потребительского спроса прогнозировалось снижение уровня инфляции. По прогнозу Минэкономразвития РФ, по итогам года инфляция должна была составить 3,0%. В настоящее время, вследствие снижения потребительского портфеля из-за пандемии ожидается увеличение инфляции до 4-6%. В дальнейшем по мере реакции на реализуемую денежно-кредитную политику ожидается возвращение инфляции к целевому уровню 4 % в 2021–2024 годах.

Прогноз цены на электроэнергию у конечных потребителей. Рост регулируемых тарифов сетевых организаций для потребителей, кроме населения, в среднем по стране составит не более 3,0 %, что соответствует ранее принятым параметрам. В целях снижения объема перекрестного субсидирования в электросетевом комплексе размер индексации тарифов на передачу электрической энергии населению в среднем по РФ сохранится на уровне 5,0 % ежегодно. Динамика нерегулируемых цен для конечных потребителей, кроме населения, на розничном в период 2021–2035 годов – не превысит заложенных в сценарные условия параметров целевой инфляции и в среднем составит от 2,9 до 3,5 %.[47]

Энергоёмкость ВВП. Экономика РФ обладает существенным потенциалом энергосбережения. Энергоемкость российского ВВП выше мирового уровня на 46,5 %. Реализация потенциала энергосбережения может снизить необходимость в источниках электроэнергии, при этом повышать энергоэффективность планируется в том числе и за счет внедрения РГ: ПГУ, когенерационных установок. Таким образом, в случае реализации плана по повышению энергоэффективности ожидается увеличение доли РГ в общем объёме выработки электроэнергии.

Механизмы поддержки ВИЭ. РФ имеет развитую систему централизованного энергоснабжения и одновременно потребность в децентрализованных источниках энергии. Особенностью РФ является низкая плотность населения на значительных малоосвоенных в производственном отношении территориях. Потенциал ВИЭ в ЕЭС составляет более 25 ГВт (без учёта ГЭС установленной мощностью более 25 МВт). Развитие ВИЭ в ЕЭС изначально предполагало государственную поддержку. Цель внедрения ВИЭ в РФ - в отличие от большинства западных стран - не повышение энергобезопасности и диверсификации рынка, а создание новой отрасль промышленности и недопущение значительного технологического отставания в этой сфере. Достижение «эффекта масштаба» за счет создания благоприятной инвестиционной среды, экспериментальное внедрение новой технологической базы, в совокупности с применением интеллектуальных сетей и управлением РГ. Потенциал ВИЭ при реализации на территориях и в энергосистемах, не связанных с ЕЭС, составляет более 7

[46] Russia [Electronic resource] // U.S. Energy Information Administration. 2014. –URL: http://www.eia.gov/countries/cab.cfm?fips=RS(дата обращения: 12.03.2015).

[47] Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2024 года Министерства экономического развития Российской Федерации [Текст]: // Официальный сайт Минэкономразвития России. – 2019. – Режим доступа: https://www.economy.gov.ru/material/file/450ce3f2da1ecf8a6ec8f4e9fd0cbdd3/Prognoz2024.pdf, свободный.

ГВт. Главная цель механизмов поддержки – модернизация парка РГ на основе эффективных решений с использованием ВИЭ, существенное сокращение «северного» завоза дизельного топлива и масел, создание инфраструктуры для комплексного развития территорий.

ЭКОЛОГИЯ

Планы по декарбонизации экономики. В целях исполнения Парижского соглашения от 12 декабря 2015 г. была подготовлена стратегия долгосрочного развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. Стратегия определяет меры по достижению цели контроля за выбросами парниковых газов и направлена на обеспечение поступательного социально-экономического развития РФ, характеризующегося низким уровнем выбросов парниковых газов. В базовом сценарии достигнутые к 2035 г. темпы роста энергоэффективности увеличиваются за счет принятия новых мер по масштабному внедрению энерго- и ресурсосберегающих технологий во всех отраслях экономики, кардинальному снижению потерь энергии. В качестве дополнительных мер предлагаются массовое внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий в энергетике, промышленности и зданиях, на транспорте, кардинальное снижение потерь энергии до уровня технологических лидеров; стимулирование производства и использования продукции с высоким классом энергоэффективности; наращивание объемов переработки отходов и вторичного использования.

Таблица 7. Показатели выбросов парниковых газов в млн. тонн эквивалентного углекислого газа

Сценарий	**1990 г.**	**2020 г.**	**2035 г.**
Базовый	3113,4 (*100%)*	1710,1 (*55%)*	2056 *(66%)*

Штрафы за выбросы вредных веществ в атмосферный воздух и за вредное физическое воздействие. В рамках правового обеспечения планов по декарбонизации, наиболее вероятный сценарий – линейный рост штрафов на период до 2035 г. Повышение штрафных санкций будет в некоторой степени стимулировать внедрение новых технологий, в том числе современного экологически более совершенного оборудования РГ на природном газе и ВИЭ. Штрафы за выбросы вредных веществ в атмосферный воздух и за вредное физическое воздействие без специального разрешения – регламентируется КоАП. Предусмотрено наказание в виде административного штрафа, либо приостановление деятельности, как для физических, так и для юридических лиц. Величина штрафов по указанной статье изменялась лишь единожды с момента принятия закона (2001 г.) – в 2013 г. На рисунках 11 и 12 показаны графики изменения верхней границы штрафов для физических и для юридических лиц. На основании статистически данных по штрафам на 2001-2019 гг. была спрогнозирована динамика изменения штрафом методом наименьших квадратов. Для негативного, с точки зрения влияния на РГ, сценария было принято, что штрафы не изменятся (или увеличатся на величину инфляции). Для базового сценария было принято, что штрафы будут увеличиваться линейно моделью, а для позитивного сценария – экспоненциально.

На Рисунке 13 показан график изменения количества выбросов загрязняющих атмосферу веществ стационарными и передвижными источниками (тыс. т) по данным Росстат[48]. Из графика видно, что выбросы в атмосферу за последние 5 лет увеличились незначительно (3,5 %). Доля выбросов в сфере энергетики от общего

[48] Окружающая среда [Электронный ресурс]: // Федеральная служба государственной статистики. – 2020. – Режим доступа: https://gks.ru/folder/11194, свободный.

объема выбросов составляла порядка 20 % в период 2005-2017 г., а к 2018 г. снизилась до 15 %. На снижение выбросов в 2014 г. помимо экономического кризиса повлияло и увеличение штрафов в 2013 г.

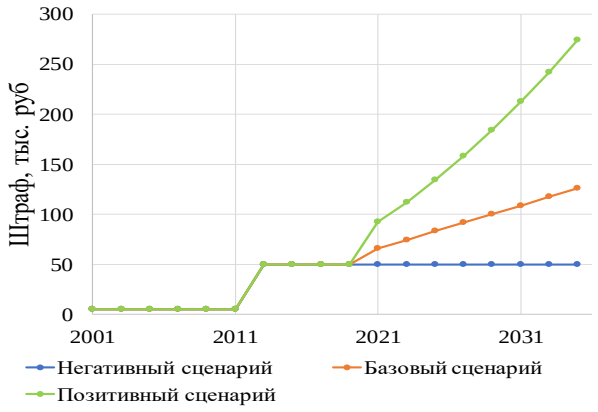

Рисунок 11 – Динамика штрафов для должностных лиц

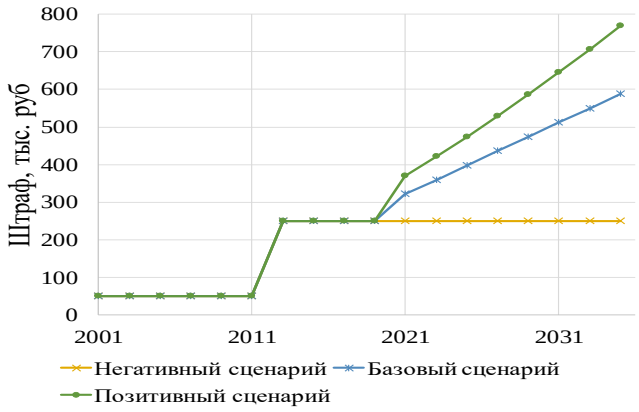

Рисунок 12 – Динамика штрафов для юридических лиц

Переработка отходов производства. В соответствии с тенденцией за последние годы, а также в соответствии со Стратегией[49] планируется увеличение доли утилизации отходов производства. Значительная доля установок по переработке и утилизации отходов относится к РГ, поэтому такая тенденция будет способствовать развитию направления.[50]

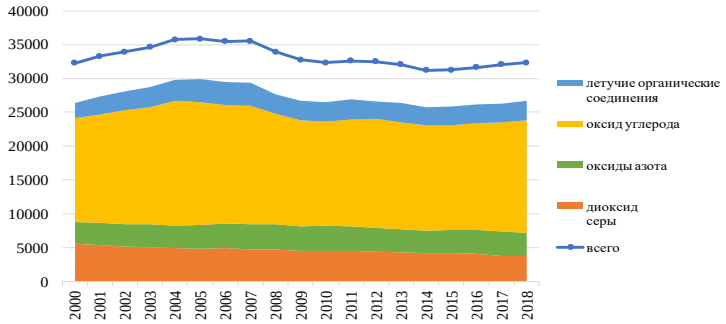

Рисунок 13 – Выбросы загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками (тыс. т)

Переработка оборудования РГ. В процессе эксплуатации солнечные модули снижают свою установленную мощность и превращаются в так называемые использованные солнечные модули, которые относятся к категории электронного мусора Годовой мировой объём электронного мусора в 2019 году составил около 50 млн. т. Фотоэлектрические панели сегодня — это всего лишь доли процента мирового объема электронных отходов (5 млн тонн)[51]. На основании опубликованной работы Международного агентства возобновляемой энергетики (IRENA) и Международного энергетического агентства *End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels*[52,53], в которой подробно описываются технологии и стратегии утилизации модулей. В связи с тем, что сегодня объемы таких отходов невелики, модули в основном перерабатываются на заводах, предназначенных для переработки многослойного стекла, металлов или электронных отходов. В результате

[49] Стратегия долгосрочного развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (Проект) [Электронный ресурс]: Официальный сайт Минэкономразвития России – Электрон. текстовые дан. – 2020. – Режим доступа: https://economy.gov.ru/material/file/babacbb75d32d90e28d3298582d13a75/proekt_strategii.pdf, свободный.

[50] Distributed Generation of Electricity and its Environmental Impacts [Электронный ресурс]: United States Environmental Protection Agency – Электрон. текстовые дан. – 2019. – Режим доступа: https://www.epa.gov/energy/distributed-generation-electricity-and-its-environmental-impacts, свободный.

[51] Сидорович В. Утилизация солнечных модулей (панелей). Проблемы, регулирование, практика [Электронный ресурс]: // RenEn — Renewable Energy — Возобновляемая Энергетика. – 2018. – Режим доступа: https://renen.ru/pv-recycling-problems-regulation-practice/, свободный.

[52] A New Circular Vision for Electronics. Time for a Global Reboot. [Текст]: // World Economic Forum. – 2019. – Режим доступа: http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf, свободный.

[53] Сидорович В. Экономика солнечной энергетики: очень дёшево, но будет намного дешевле [Электронный ресурс]: // RenEn — Renewable Energy — Возобновляемая Энергетика. – 2019. – Режим доступа: https://renen.ru/solar-economics-very-cheap-but-will-be-much-cheaper/, свободный.

выделяются только основные материалы — стекло, алюминий и медь, в то время как солнечные ячейки и другие материалы, такие как пластмассы, сжигаются (или отправляются на полигоны). То есть грубая переработка не обеспечивает восстановление экологически опасных (*Pb, Cd, Se*) или ценных (*Ag, In, Te, Si*) материалов. С учётом среднего срока службы модулей 25-35 лет, в будущем мир ждет экспоненциальный рост этих объемов и к 2035 году они увеличатся в 40 раз.

Однако, так как в РФ на 2010 г. установленная мощность СЭС составляла менее 5 МВт, то к 2035 г. в РФ вопрос их утилизации не будет таким острым, как в странах Северной Америки и Западной Европы.

В ЕС в настоящее перерабатывается всего лишь 5 % аккумуляторных батарей. Это приводит к высоким рискам загрязнения окружающей среды. Кроме того, материалы, из которых производятся аккумуляторы (Li, Co), находятся в природе в ограниченном количестве и не возобновляются. Согласно данным Института энергетики «Национального исследовательского университета «ВШЭ»[54] и отчета Tesla[55] описаны основные технологии утилизации аккумуляторных батарей: Технологии восстановления более 80% исходных материалов, система переработки батарей «замкнутого цикла», технология извлечения лития из старых аккумуляторов, из которых первая является наиболее вероятной в базовом сценарии.

ТЕХНОЛОГИИ

В области РГ в перспективе до 2035 г. не прогнозируется технических и технологических революций. Нововведения будут развиваться в эволюционном векторе, но эволюция будет происходить с разной скоростью и степенью влияния на электроэнергетику. Все технологии, применяемые в РГ, можно разделить на две большие группы – основные и вспомогательные (таблица 8).

Таблица 8. Основные и вспомогательные технологии РГ

Технологии генерации	Углеводородное топливо	ГТУ	ГПА	ПСУ	МТ	ТЭ
	ВИЭ	Солнце	Ветер	Вода	Биогаз	Биомасса
Технологии[56] накопления	ГАЭС					
	Электрохимические аккумуляторы					
	Проточные электрохимические аккумуляторы					
	Емкостные накопители					
	Накопители на сжатом воздухе					
	Роторные накопители энергии					
	Сверхпроводниковые магнитные накопители					
Технологии управления РГ	Виртуальные электростанции					
	Блокчейн					
	Микрогрид					
	АЭК					
Вспомогательные технологии РГ	Применение высокотемпературных проводов повышенной пропускной способности.					
	Применение компактных линий электропередачи.					
	Управляемые линии электропередачи переменного тока					
	Технологии утилизации солнечных панелей					
	Технологии прогнозирования выработки РГ					

РГ на основе углеводородного топлива. Перспектива расширения распределённой генерации на основе углеводородного топлива является применение технологий ГТУ и ГПА. Основой этого распространения может служить реконструкция муниципальных котельных и преобразовании их в мини ТЭС. Широкое применение может найти технология МТ, ГПУ и ТЭ на природном газе, при модернизации индивидуальных

[54] Накопители энергии [Электронный ресурс]: // Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – 2020. – Режим доступа: https://energy.hse.ru/accenergy, свободный.
[55] Tesla. Impact report. [Текст]: // Tesla. – 2018. – Режим доступа: https://www.tesla.com/ns_videos/tesla-impact-report-2019.pdf, свободный.
[56] Куликов Ю.А. Накопители электроэнергии - эффективный инструмент управления режимами электроэнергетических систем [Текст]: // Благотворительный фонд «Надежная смена». – 2019. – Режим доступа: https://fondsmena.ru/media/EGM_publicationfiles_Article/Куликов_ЮА.pdf, свободный.

систем отопления крупных торговых центров и энергоэффективных домов. ТЭ[57] одна из самых перспективных технологий для РГ. Так же широкое применение технологий РГ, использующие углеводородное топливо находит в сфере электроснабжения ПП. Основной недостаток всех технологий выработки электроэнергии, основанной на углеводородном топливе, является относительно низкий КПД установок, по сравнению с установками большой мощности. Таким образом дальнейшее развитие технологий выработки электроэнергии установками РГ направлено на увеличение топливной эффективности и улучшения экологических характеристик всех генерирующих установок.

РГ на основе ВИЭ. Применение технологий РГ на основе ВИЭ является достаточно дорогостоящим процессом. Основным недостатком ВИЭ является дороговизна всех технологий выработки электроэнергии и относительно низкий КПД. Одним из перспективных направления развития РГ на основе ВИЭ является увеличение КПД, снижение стоимости и повышение надёжности ФЭП. Одним из драйверов развития РГ является развитие технологий микрогенерации на основе ВИЭ. Для ВЭУ перспективным трендом, является увеличение единичной мощности установок. Последние мировые образцы имеют единичную установленную мощность до 8 МВт.[58] Направлением развития технологии в гидроэнергетике является создание низконапорных и безнапорных МГЭС с электронной системой регулирования частоты вращения. Одним из самых больших потенциалов развития обладают технологии получения электроэнергии из биомасс.

Технологии накопления электроэнергии. Вектором развития всех технологий и СНЭ служит увеличение мощности и емкости. Ключевым применением технологий накопления электроэнергии служит эффективная работа РГ на основе ВИЭ в составе ЕЭС. Кроме этого, СНЭ большой мощности могут эффективно решать режимные, противоаварийные и общесистемные задачи. Перспективными технологиями СНЭ являются электрохимические аккумуляторы большой единичной мощности, сверхпроводящие индуктивные СНЭ, кинетические и гравитационные АКБ, а также технологий аккумулирования электроэнергии в водородном цикле. Наиболее вероятными в базовом сценарии для РФ является развитие направления «Интернет энергии» – использование систем хранения электроэнергии в составе распределенной энергетики.

Технологии управления РГ. Применяя современные IT решения, можно добиться достаточно эффективной работы РГ в составе различных энергообъединений. Широкое внедрение РГ на основе ВИЭ создало фундамент появления технологии виртуальной электростанции, микросетей и использования блокчейн в электроэнергетике. Технология виртуальной электростанции служит агрегатором распределённой генерации[59], перспектива её применения зависит от количества объектов РГ и широты их распространения. Одной из передовых технологий для промышленных потребителей служит технология АЭК. АЭК[60] – эффективное комплексное решение по энергоснабжению коммерческих и промышленных потребителей электроэнергии за

[57] Бржезинский Г. В. Использование топливных элементов для выработки электроэнергии. Энергетические установки малой мощности [Электронный ресурс]: Научно-исследовательский институт химии – 2016. – Режим доступа: http://www.ichem.unn.ru/files/2016/09/3_Brzhezinskij.pdf, свободный.

[58] China's Shanghai Electric launches 8MW offshore turbine [Электронный ресурс]: Recharge. Unrivalled Renewable Energy News – Электрон. текстовые дан. – 2019. – Режим доступа: https://www.rechargenews.com/wind/chinas-shanghai-electric-launches-8mw-offshore-turbine/2-1-650301, свободный.

[59] Создание виртуальной электростанции – многоуровневого агрегатора распределенной генерации и регулируемых потребителей, применяемого для их интеграции в оптовый и розничные рынки электроэнергии, повышения эффективности локальных систем энергоснабжения. [Текст]: // АО "Первая розничная генерирующая компания". – 2019. – Режим доступа: http://www.rgk1.ru/Cms_Data/Contents/rgk-1/Folders/Files/~contents/EBP2N4WMV9B6K8K8/VS.pdf, свободный.

[60] В России началась эпоха активных энергетических комплексов [Электронный ресурс]: АНО "Платформа НТИ" – 2020. – Режим доступа: https://ntinews.ru/news/khronika-rynkov-nti/energynet/v-rossii-nachalas-epokha-aktivnykh-energeticheskikh-kompleksov.html, свободный.

счет использования технологий РГ. Другими трендами базового сценария являются – развитие ЭССО, развитие виртуальных электростанции на базе РГ. В консервативном сценарии развития произойдёт снижение стоимости и повышение производительности технологий возобновляемой энергетики и когенерации малой мощности. Цена на электроэнергию будет расти прежними темпами, а рост цены на природный газ составит не более 3% в год. Стоимость солнечных панелей и СНЭ будет снижаться предыдущими темпами.

Вспомогательные технологии РГ. Кроме основных технологий РГ, можно выделить вспомогательные технологии. Вспомогательные технологии, нельзя отнести к технологиям генерации, накопления или управления РГ. Но эти технологии также имеют ключевое влияние на развитие РГ в перспективе (таблица 8).

Строительство новых ЛЭП. В соответствии с программой развития ЕЭС[61], в ближайшие годы запланировано строительство ряда ЛЭП, обеспечивающих схему выдачи мощности вновь вводимых АЭС, ВЭС, СЭС, а так же ЛЭП, снижающих существующие ограничения установленной мощности и обеспечивающих подключение новых потребителей. Указанные мероприятия в целом окажут положительное влияние на ограничение роста цены на электроэнергию и упрощение технологического присоединения.

Применение высокотемпературных проводов. При ограничениях пропускной способности распределительных электрических сетей и сетей, напряжением 110 кВ альтернативой строительству новых ЛЭП, в т.ч. для выдачи мощности РГ является замена проводов на высокотемпературные, повышенной пропускной способности, что дает увеличение пропускной способности в 1,5 – 2 раза, а также повышает надежность функционирования сетей в районах с повышенной гололёдной нагрузкой. Однако, при этом стоимость такого провода в 1,5 – 2 раза выше традиционного провода[62]. В базовом сценарии на период до 2035 г. ожидается широкое внедрение высокотемпературных проводов для снятия ограничений.

Применение компактных линий электропередачи. Использование компактных ВЛ помимо их улучшенных электромагнитных характеристик (более низкое волновое сопротивление и большая величина натуральной мощности) позволило бы обеспечивать схему выдачи мощности РГ (в т.ч. ВИЭ) даже при применении в районах с плотной застройкой.

Управляемые линии электропередачи переменного тока (FACTS). Реализация концепции интеллектуальной электроэнергетической системы РФ с активно-адаптивной сетью с широкомасштабным внедрением в ЕНЭС устройств преобразовательной техники и силовой электроники, таких как управляемая продольно-емкостная компенсация, устройства поперечной компенсации, фазоповоротные устройства, позволяют добиться оптимального перераспределения перетоков активной мощности в сечениях и по элементам электрической сети, что приводит к более экономичному функционированию ЕЭС[63,64]. Однако единичное

[61] Об утверждении схемы и программы развития Единой энергетической системы России на 2019 - 2025 годы [Текст]: приказ Минэнерго России от 28.02.2019 № 174 // Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации. – 2019. – Режим доступа: https://minenergo.gov.ru/node/14828, свободный.

[62] Бубенчиков А.А. Обзор методов повышения пропускной способности линий электроэнергетических систем [Текст] / А.А. Бубенчиков, Д.И. Данилов, Д.Ю. Шевченко и др. // Журнал «Молодой ученый». – 2016. – № 28.2 (132.2). – С. 18-23.

[63] Ильенко А.В. Перспективы развития ЕЭС России [Текст] / А.В. Ильенко, В.И. Чемоданов, Р.К. Адамоков // Научно-технический журнал «Энергия единой сети». – 2013. - № 5 (10).

[64] Асташев М.Г. Применение фазоповоротных устройств с тиристорными коммутаторами в активно-адаптивных электрических сетях [Текст] / М.Г. Асташев, М.А. Новиков, Д.И. Панфилов // Научно-технический журнал «Энергия единой сети». – 2013. - № 5 (10).

строительство компактных ВЛ или применение устройств FACTS малоэффективно. В базовом сценарии в перспективе до 2035 г. строительство компактных ЛЭП, как и использование элементов FACTS носит частный характер и не оказывает значительного влияния на РГ.

Производство отечественного оборудования РГ. В рамках установленного механизма поддержки ВИЭ на ОРЭМ уже в настоящее время созданы экономические стимулы для развития в РФ производства основного и вспомогательного ГО:

СЭС: ООО «Хевел» – гетероструктурные солнечные модули, возможности производства 250 МВт в год, ООО «Солар системс» – монокристаллические ФЭП (фотоэлектрические панели), 220 МВт в год, ООО «Хелиос ресурс» – мультикристаллические ФЭП, 100 МВт в год.

ВЭС: Vestas – редукторные ВЭУ, 300 МВт в год, НоваВинд – безредукторные ВЭУ, 250 МВт в год, *SiemensGamesa* – редукторные ВЭУ, 150 МВт в год.

В дальнейшем ожидается устойчивый спрос на отечественное оборудование ВЭИ. Дополнительная информация о производителях оборудования ВЭИ и оборудования для ТЭС небольшой мощности приведена в Приложении к презентации.

РИСКИ

Отсутствие специальных компетенций эксплуатационного персонала. Введение больших объемов РГ требует подготовки квалифицированных кадров для проектирования, строительства и эксплуатации таких энергообъектов. Существует необходимость развития исследовательских и образовательных компетенций вузов в области РГ, в том числе с помощью популяризации научно-исследовательских работ, и создания курсов повышения квалификации для рабочего персонала объектов РГ. Базовый сценарий предполагает получение достаточного количества квалифицированного персонала к 2035 году.

ВЫВОДЫ ПО БАЗОВОМУ СЦЕНАРИЮ

Произойдёт увеличение темпов роста объектов РГ на основе ВИЭ – как в силу удешевления технологий и повышения конкурентоспособности, так и благодаря господдержке. Тем не менее, доля РГ на основе ВИЭ будет существенно ниже доли газовой генерации. Увеличение потребления тепловой энергии обеспечит масштабное жилищное строительство в крупных городах и развитие теплоёмких отраслей промышленности, а также развитие распределённой когенерации в городах, в том числе в новых районах многоэтажной застройки. Доля централизованного теплоснабжения сократится. Одним из наиболее весомых факторов для развития РГ будет стоимость электроэнергии. Чем выше цена электроэнергии для конечных потребителей и чем ниже плотность населения – тем больше прогнозируемая доля РГ в регионе. Помимо этого, районы с наиболее вероятным вводом значительного объёма РГ на период до 2035 г. – ИТТ Арктической зоны и Дальнего Востока.

3 ПОЗИТИВНЫЙ СЦЕНАРИЙ

Позитивный сценарий предполагает снятие барьеров для развития РГ, что в свою очередь приведет к активному повсеместному внедрению объектов РГ. Прогнозируется ежегодное увеличение спроса на мощность (рисунок 14).

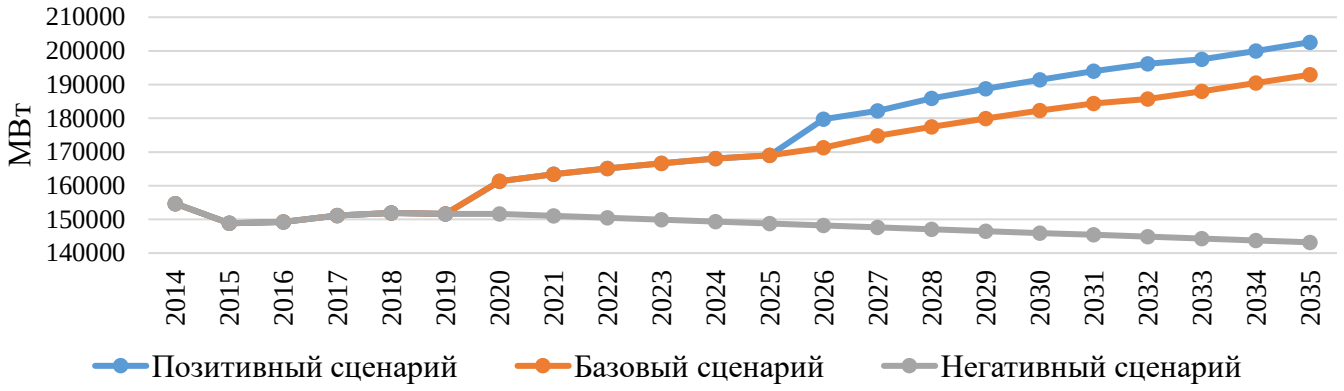

Рисунок 14 – Максимум потребления мощности

Также прогнозируется снижение профицита мощности (предложения мощности над спросом), как показано на рисунке 10. Тенденция будет сохраняться до 2025 г., а далее после небольшого роста в 2026 году профицит мощности остается неизменным до 2035 г. Позитивный сценарий составлен с учётом устранения значительной части «запертой» мощности в результате сетевого строительства, снижения технологических ограничений установленной мощности и успешной реализации всех плановых вводов мощности. В оптимистическом прогнозе учтен стабильный ввод РГ на уровне не ниже 2020 г.

ПОЛИТИКА

Санкций на импорт энергетического оборудования. ***Снятие*** налагаемых экономических санкций, с высокой долей вероятности, может привести к незначительному снижению требований к локализации производимого оборудования и разработки технологий. Увеличится скорость реализации государственных программ развития труднодоступных территорий в связи с доступностью узкоспециализированного оборудования и технологий. Снятие налагаемых экономических санкций уже сейчас может привести к увеличению темпов развития РГ по причине растущего спроса на электроэнергию в ИТТ и снижения цены оборудования вследствие увеличения конкуренции.

Санкций на экспорт энергоресурсов России. ***Снятие*** экономических санкций несмотря на положительное влияние на ВВП РФ может привести к стагнации экономики. Однако и при таком сценарии в области РГ становится перспективным переход на использование ВИЭ, подтолкнуть российскую электроэнергетику к инновациям. По имеющимся оценкам, потенциал ВИЭ в РФ составляет около 4,6 млрд. т. у. т. в год, то есть в пять раз превышает объем потребления всех топливноэнергетических ресурсов РФ. Ресурсы присутствуют неравномерно распределены по территории страны, но, например, карта ветроэнергетического потенциала РФ коррелирует с планами по развитию удалённых Арктических территорий и Дальнего Востока[65]

ЭКОНОМИКА

Прогноз цены на электроэнергию у конечных потребителей. Позитивный сценарий для РГ заключается в увеличении темпов роста цены на электроэнергию, менее значительном росте цены на газ и снижении стоимости оборудования РГ, что даст сигнал к строительству собственной генерации ПП и личными подсобными хозяйствами. Уже сейчас многие предприятия, например, Кировский завод, прогнозируя дальнейшую динамику цен на электроэнергию и на газ отмечают, что в условиях роста цен на электроэнергию

[65] «Газпром» подписал 30-летний газовый контракт с Китаем [Электронный ресурс] // NEWSru.com: российское новостное информационное агентство. –М., 2014. –URL: http://www.newsru.com/finance/21may2014/cnpcontract.html(дата обращения: 21.03.2015).

на оптовом рынке выше темпов роста инфляции, рост цен на природный газ в последние годы дорожает ниже уровня инфляции, что в ближайшей перспективе может привести к значительному увеличению рентабельности собственных источников электроэнергии.[66]

Прогноз инфляции. Предполагается быстрая и эффективная реализации структурных мер государственной политики – в первую очередь улучшения инвестиционного климата. При этом ожидается, что опережающими темпами будет происходить рост экспорта несырьевых неэнергетических товаров. В условиях уверенных темпов роста и внутреннего спроса в позитивном сценарии ожидается, что инфляция после замедления в первом полугодии следующего г. восстановится до уровня 4 % (в базовом сценарии – сохранится на уровне 3 % до конца 2020 г.). Более высокие темпы реальной заработной платы в среднем по экономике в позитивном сценарии могут привести к развитию направления микрогенерации у физических лиц и малых предприятий.

Механизмы поддержки ВИЭ. Позитивный сценарий поддержки ВИЭ заключается в смещении акцентов с углеводородной генерации, вследствие чего в отдельных районах может произойти неконтролируемый рост ВИЭ, который необходимо будет нивелировать увеличением требований квалификации таких источников.

ЭКОЛОГИЯ

Планы по декарбонизации экономики. В дополнение к базовому сценарию принимаются меры по снижению углеродоёмкости производимых товаров, энергии, работ и услуг: вводится национальное регулирование парниковых газов, увеличивается генерация на основе ВИЭ, проводится масштабная электрификация и цифровизация транспорта и технологических процессов в отраслях, внедряется технология захвата, хранения и переработки углекислого газа. Активное применение получает ценовое регулирование выбросов парниковых газов. Происходит существенное увеличение генерации ВИЭ, масштабная электрификация транспорта, а также максимальное использование биоразлагаемых отходов, раздельный сбор органических отходов с их последующим использованием для производства товарного компоста или биогаза.

Таблица 9. Показатели выбросов парниковых газов в млн. тонн эквивалентного углекислого газа

Сценарий	**1990 г.**	**2020 г.**	**2035 г.**
Позитивный	3113,4 (*100%)*	1710,1 (*55%)*	1901 *(61%)*

Штрафы за выбросы вредных веществ в атмосферный воздух и за вредное физическое воздействие. Вероятность сохранения существующего уровня штрафов (коррекция не более величины инфляции) достаточно невысока по причине роста внимания к экологическим вопросам в течение последних десятилетий.

Переработка отходов производства. Требование о стремлении к замкнутому циклу производства и наиболее полной переработке отходов на предприятиях нефтегазового сектора, лесоперерабатывающей отрасли, сельхоз предприятий. Значительная доля установок по переработке и утилизации отходов относится к РГ, поэтому такая тенденция будет способствовать развитию направления.

[66] Жуков А. Конкурентная модель. К 2026 году собственных энергоисточников станет в 3 раза больше, чем централизованных [Электронный ресурс]: АО «ДП Бизнес Пресс» – 2020. – Режим доступа: https://www.dp.ru/a/2020/02/11/Konkurentnaja_model, свободный.

ТЕХНОЛОГИИ

Производство отечественного оборудования ВИЭ. По причине снятия ограничительных санкций на импорт энергетического оборудования, собственные производственные мощности могут остаться невостребованными и останутся на текущем уровне.

РИСКИ

Отсутствие специальных компетенций эксплуатационного персонала. Позитивный сценарий предполагает масштабное и динамичное развитие образовательных институтов для подготовки кадров для проектирования, строительства и эксплуатации объектов РГ. Рынок труда стремительно пополняется квалифицированными специалистами.

ВЫВОДЫ ПО ПОЗИТИВНОМУ СЦЕНАРИЮ

Переход на РГ изменит структуру энергетики: энергосистема станет локально децентрализованной, будут активно внедряться АЭК, выделяться энергокластеры. Основная выработка энергии производится за счет энергокластеров, а централизованное энергоснабжение выполняет роль резервирования мощности. Такая структура энергетики потребует перехода на глобальную цифровизацию для управления энергосистемой. Будут реализованы новые модели управления и прогнозирования.

При этом, потребуется реализация обширного комплекса мер по модернизации распределительных сетей, пересмотру технических решений по организации релейной защиты и сетевой автоматики, повышения её наблюдаемости.

4 НЕГАТИВНЫЙ СЦЕНАРИЙ

Сценарий предполагает сохранение текущих и, возможно, появление новых барьеров развития РГ. Предполагается ежегодное снижение потребления мощности, как показано на рисунке 14. Негативный сценарий предполагает до 2035 массовое выбытие генерирующего оборудования в следствие достижения индивидуального паркового ресурса (10-20 лет), отсутствие плановых вводов генерирующего оборудования и сохранение значительной части существующих ограничений мощности. Прогнозируется снижение профицита мощности с появлением дефицита на горизонте 2035 г.

ПОЛИТИКА

Санкций на импорт энергетического оборудования. ***Усиление*** налагаемых экономических санкций, с высокой долей вероятности, может привести к полной локализации производимого оборудования и используемых технологий и, как следствие, к его неэффективности и росту затрат по ряду направлений. Существенно снизятся темпы реализации государственных программ в части освоения ИТТ в связи с отсутствием новейших узкоспециализированного оборудования и технологий. Программы импортозамещения в перспективе до 2035 г. позволят реализовать значительную часть проектов, однако без использования международного опыта и технологий технологическое отставание на 5-10 лет неизбежно, что снижает конкурентоспособность отрасли в целом, так и темпы развития РГ в частности.

Санкций на экспорт энергоресурсов России. ***Усиление*** налагаемых экономических санкций, с высокой долей вероятности, обеспечит РФ новыми связями в части поставки энергоресурсов. Данная статья доходов по-прежнему останется лидирующей в выбранной модели экономического развития, но существенное ее снижение приведет к формированию новой экономической политики по снижению зависимости бюджета страны от

экспорта углеводородов и общей уязвимости экономики. В результате ужесточения вводимых Западом в отношении РФ санкций по ряду направлений возможна переориентация экспортно-импортных потоков на страны постсоветского пространства, в частности ЕАЭС. Говоря о перспективах развития внешнеторгового сотрудничества РФ с зарубежными странами, стоит отметить, что в условиях резкого ухудшения отношений между Россией и ведущими странами Запада новое значение приобретает российско-латиноамериканское и российско-китайское сотрудничество. Взаимодействие между Россией и КНР, двумя крупнейшими экономическими и политическими державами, имеет огромное значение. Очевидно, что такое сотрудничество открывает для РФ альтернативные перспективы внешнеторговой деятельности. Действие санкций со стороны Запада выступает в качестве дополнительного стимула для РФ в развитии НИОКР, увеличении в структуре экономики доли высокотехнологичных отраслей, обрабатывающих производств и тем самым в сокращении технологического отставания от развитых стран в целях обеспечения национальных интересов и устойчивого социально-экономического развития[67]

ЭКОНОМИКА

Прогноз инфляции. Негативный сценарий заключается в замедлении мировой экономики в условиях дальнейшей эскалации торговых конфликтов между крупнейшими экономиками. Замедление роста мировой экономики в рамках негативного сценария приведет к уменьшению спроса на энергоресурсы и прочие сырьевые товары, что отрицательно отразится на перспективах ввода новой генерации в РФ, в том числе РГ. При негативном сценарии может наблюдаться слабый внешний спрос на товары российского экспорта, что, в свою очередь, отрицательно повлияет на планы продажи нового российского оборудования РГ, разрабатываемого в целях исполнения программы импортозамещения, а также продажи технологий по групповому управлению такими объектами.

Энергоёмкость ВВП. За прошедшие 10 лет энергоемкость ВВП РФ снизилась на 9 %, что не достигает плановых значений. Предполагается, что отставание энергоемкости ВВП РФ в 2035 г. от среднемирового уровня составит около 28%.[68] В случае срыва планов по повышению энергоэффективности производства, объекты РГ будут востребованы только в случае получения экономической выгоды от их внедрения.

Механизмы поддержки ВИЭ. Для энергообеспечения малонаселенных и удаленных поселений наиболее распространенными источниками энергии являются стационарные и передвижные ДЭС, вырабатывающие около 1,8 млрд кВт·ч в год. Ограниченность сроков сезонного завоза топлива, слабое развитие транспортной инфраструктуры, зачастую плохое техническое состояние дизельных электростанций приводят к нарушениям в энергоснабжении. Недостатками действующих механизмов поддержки в изолированных энергосистемах является отсутствие механизмов поддержки комбинированных генерирующих объектов (ВИЭ с традиционными источниками энергии) и необходимость существенной доработки нормативно-правовых актов в части установления дополнительных стимулов для реализации поддержки ВИЭ в изолированных энергосистемах (методология установления регулируемых цен (тарифов) на электрическую энергию, приоритет

[67] Ружинская Т.И., Назарова М.В. Роль экспорта энергоресурсов во внешней торговле России [Текст]: // МГИМО Университет МИД России. – 2019. – Режим доступа: https://mgimo.ru/upload/iblock/286/rol-ehksporta-ehnergoresursov-vo-vneshnej-torgovle-rossii.pdf, свободный.

[68] Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации [Текст]: // Официальный сайт Минэкономразвития России. – 2019. – Режим доступа: https://www.economy.gov.ru/material/file/d81b29821e3d3f5a8929c84d808de81d/energyefficiency2019.pdf, свободный.

загрузки ВИЭ и др.). При негативном сценарии эти недостатки не будут устранены, сохранится технологическое отставание большей части парка электростанций (в основном – ДЭС) в изолированных районах.

ЭКОЛОГИЯ

Планы по декарбонизации экономики. Предусматривается сохранение энергоемкости экономики и ее технологической базы на текущем уровне. Отказ от внедрения наилучших доступных технологий, модернизации энергетики, экстенсивный характер лесопользования формируют риски для устойчивого развития экономики после 2035 г.

Таблица 10. Показатели выбросов парниковых газов в млн. тонн эквивалентного углекислого газа

Сценарий	**1990 г.**	**2020 г.**	**2035 г.**
Негативный	3113,4 (*100%)*	1710,1 (*55%)*	2486 *(80%)*

Штрафы за выбросы вредных веществ в атмосферный воздух и за вредное физическое воздействие. Вероятность экспоненциального роста штрафов за выбросы в окружающую среду достаточно невысока по причине неоднозначного эффекта на экономику. Высокие штрафы за нарушение экологических требований могут быть дополнительным барьером для новых участников на энергетическом рынке.

ТЕХНОЛОГИИ

Производство отечественного оборудования ВИЭ. По причине усиления ограничительных санкций на импорт энергетического оборудования, собственные производственные мощности будут значительно увеличены, себестоимость продукции будет снижена в случае усиления партнёрства с КНР.

РИСКИ

Отсутствие специальных компетенций эксплуатационного персонала. Негативный сценарий предполагает низкий темп подготовки и реализации образовательных программ для обучения специалистов в области проектирования, строительства и технической эксплуатации объектов РГ. В следствие чего, в перспективе до 2035 г. будет наблюдаться острая нехватка квалифицированного персонала.

Выводы по негативному сценарию. За счет увеличения объёма экономических санкций на импорт генерирующего оборудования, комплектующих и сервисного обслуживания, а также невыполнения РФ плана мероприятий по импортозамещению в отрасли энергетического машиностроения, строительство РГ становится экономически невыгодным. Незначительные технологические изменения возможны в отдельных удалённых районах, с наличием ДЭС, исчерпавшим нормативный срок службы. Прогнозируется недостаток в объёме НТД и НПА, регламентирующем технические требования к объектам РГ, с учетом особенностей их присоединения и функционирования в составе ЕЭС РФ. При негативном сценарии отсутствуют какие-либо существенные технические и технологические успехи, способствующие удешевлению строительства и эксплуатации объектов РГ. Снижается объём государственной поддержки строительства объектов РГ. Возрастающий спрос на электрическую и тепловую энергии покрывается за счет имеющихся и строящихся объектов централизованного энерго- и теплоснабжения.

Таблица 11. Сравнительный анализ и оценка вероятности наступления критериев развития РГ по трем сценариям

Критерии	Характеристика критерия	Вероятность наступления критерия			Степень влияния на РГ
		Негативный сценарий	Базовый сценарий	Позитивный сценарий	
Политика	Санкций на импорт энергетического оборудования	средняя	высокая	низкая	средняя
	Санкций на экспорт энергоресурсов России	средняя	высокая	низкая	низкая
Экономика	Прогноз инфляции	низкая	средняя	низкая	низкая
	Прогноз цены на электроэнергию у конечных потребителей	низкая	средняя	средняя	средняя
	Энергоёмкость ВВП	низкая	средняя	низкая	средняя
	Механизмы поддержки ВИЭ	низкая	высокая	низкая	средняя
Экология	Планы по декарбонизации экономики	низкая	высокая	средняя	низкая
	Штрафы за выбросы вредных веществ в атмосферный воздух и за вредное физическое воздействие	низкая	высокая	низкая	низкая
	Переработка отходов производства	низкая	высокая	средняя	средняя
Технологии	Развитие основных технологий РГ	низкая	высокая	средняя	средняя
	Производство отечественного оборудования РГ	средняя	высокая	низкая	средняя
	Строительство новых ЛЭП	низкая	высокая	низкая	низкая
	Применение высокотемпературных проводов	низкая	высокая	средняя	средняя
	Применение компактных линий электропередач	средняя	низкая	низкая	низкая
	Применение управляемых линий электропередачи переменного тока (FACTS)	средняя	низкая	низкая	низкая
	Повышение точности прогнозов выработки электроэнергии на объектах РГ	низкая	средняя	низкая	низкая
Риски	Отсутствия специальных компетенций эксплуатационного персонала	средняя	низкая	низкая	средняя
Общая оценка вероятности сценария		**низкая**	**высокая**	**средняя**	–

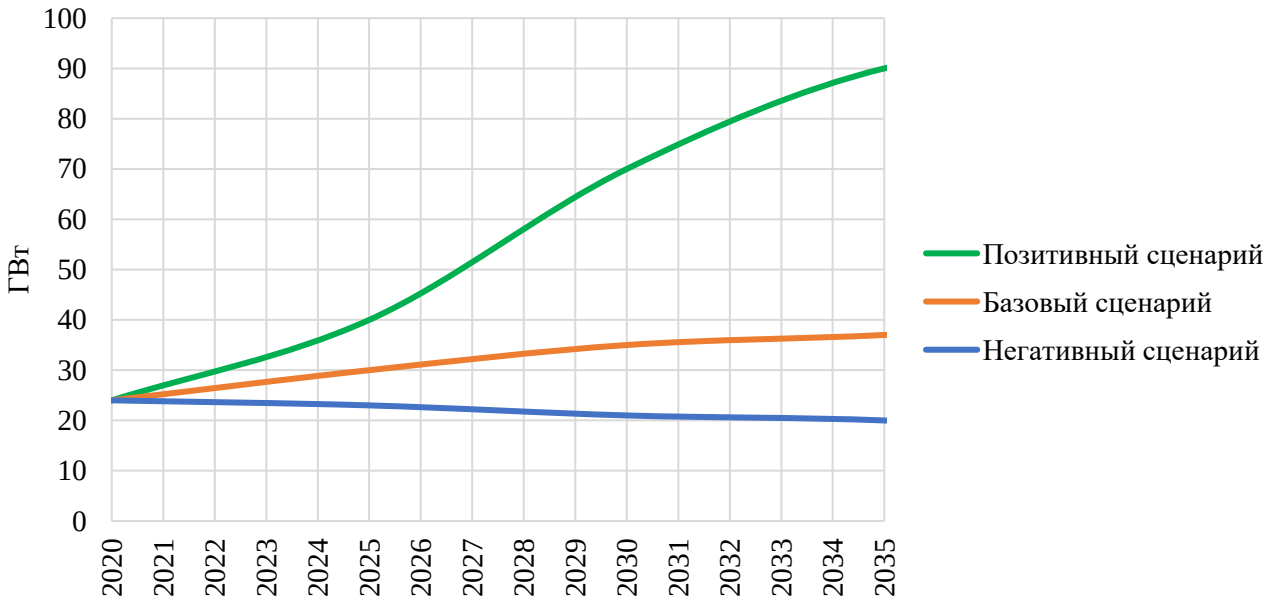

Рисунок 15 – Прогноз ввода РГ до 2035 года

БЛОК III

1 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СЦЕНАРИЯМ

Распространение распределённой генерации, вне зависимости от способа получения и типа первичного энергоресурса, применяемого для выработки электроэнергии, определяется множеством факторов. Основной фактор конкурентоспособности РГ относительно централизованной выработки электроэнергии это экономическая эффективность и степень зрелости технологии. Под зрелостью технологии подразумевается тот период времени, когда преимущества технологии становятся очевидными и признаются всеми. Технология стабильна и эволюционирует в своём развитии. На настоящем этапе развития технология РГ выглядит достаточно зрелой и конкурентноспособной для широкого применения в экономике и отрасли. В долгосрочной перспективе на конкурентоспособность РГ могут влиять внешние экономические и политические факторы, экологические запросы населения, а также развития смежных и внутренних технологий РГ. Для успешного развития и функционирования РГ при различных сценариях развития технологии определены необходимые рекомендации. Для удобства, рекомендации для трёх сценариев развития РГ сведены в таблицу 12.

Таблица 12. Рекомендации проведения политики для сценариев развития и распространения РГ

Ограничение	Окно возможностей	Эффект
Негативный сценарий развития и распространения РГ (замедление скорости развития и трансфера технологий)		
Повышение цены на природный газ, выше темпов инфляции	Субсидирование цены на природный газ для промышленного потребителя, в объёме разницы между повышением цены и инфляцией	Стабилизация стоимости природного газа для промышленного потребителя, как следствие увеличение привлекательности
Усиление санкционного режима в рамках импорта технологий	Увеличение инвестиций в НИОКР и создание программы инновационного развития	Увеличение степени локализации производимого оборудования, при соответствии оборудования современным стандартам, снижение зависимости от иностранного оборудования
Усиление санкционного режима в рамках экспорта энергоресурсов	Переориентация поставок энергоресурсов на внутренний рынок	Увеличение ГО РГ, использующего природный газ
Устаревание парка ГО РГ на ИТТ	Разработка механизмов поддержки и модернизации устаревшего и неэффективного ГО РГ	Устранение технологического отставания ГО РГ на ИТТ и увеличение экономической эффективности работы
Увеличение использования РГ на основе углеводородного топлива	Стимулирование использования ВИЭ за счёт повышенного тарифа	Увеличение доли установленной мощности РГ использующего ВИЭ
Отставание НТД и НПА от современных тенденций в энергетики	Принятие изменений и разработка новых и опережающих НТД и НПА. Формирование современной НП базы	Нормативные документы выступают в роли драйвера развития отрасли
Устаревание объектов генерации	Замещение устаревших энергетических объектов (ТЭЦ, муниципальных котельных), энергоэффективными установками РГ	Увеличение количества объектов РГ, повышение экономической эффективности производства тепла и электроэнергии
Базовый сценарий развития и распространения РГ (сохранение скорости развития)		
Диспропорция баланса установленной мощности РГ в сторону углеводородной генерации	Увеличение степени господдержки РГ на основе ВИЭ	Выравнивание баланса установленной мощности объектов РГ на основе ВИЭ и углеводородной генерации. Поддержка отечественного машиностроения
Увеличение потребления тепловой энергии в следствии масштабного жилищного строительства	Замещение местных котельных на объекты распределённой когенерации	Развитие отечественного машиностроения, создание новых рабочих мест
Недостаток квалификации кадров, эксплуатирующих РГ	Применение дистанционного управления объектами РГ из ДЦ	Снижение требований к кадрам в организации, эксплуатирующей РГ. Увеличение числа и объёма средств управления электроэнергетическим режимом у диспетчерского персонала

Инновационный/позитивный сценарий развития и распространения РГ (ускорение развития и трансфера технологий)		
Увеличение сложности управления режимом работы энергосистемы	Развитие и промышленное применение новых ПТК, систем управления и релейной защиты сетей и объектов РГ	Повышение наблюдаемости и управляемости объектов РГ и электрических сетей
Увеличения количества разрозненных объектов РГ	Стимулирование процесса объединение объектов РГ в энергокластеры: АЭК, виртуальная электростанция	Изменение структуры энергетики, переход к локально децентрализованной энергосистеме
Переход на интеллектуальные сети – увеличение угрозы кибератак	Создание киберзащищённых стандартов передачи данных. Создание «энергетической цифровой сети»	Устранение угрозы кибератак на критически важную энергетическую инфраструктуру
Физические ограничения распределительной сети	Модернизация действующей распределительной сети напряжением 35 кВ и ниже	Устранение электросетевых барьеров для развития РГ

2 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Распределённая генерация совместно с управлением спросом, управлением энергоэффективностью, электромобилями и микросетями образует общее понятие – распределённая энергетика. Распределённая энергетика – технологический тренд, который меняет электроэнергетическую отрасль в глобальном масштабе. Мировые изменения традиционных устоев и моделей развития энергосистем затрагивают и отечественную электроэнергетику. По объективным причинам, мировой тренд на территории РФ приобретает особую специфику. Для РФ характерно широкое распространение РГ на углеводородной базе. ПП, в поисках способов снижения стоимости электроэнергии, в большинстве случаев выбирают развитие собственной генерации мощностью до 25 МВт на основе углеводородного топлива. Более того, в среднесрочной перспективе РГ на основе углеводородного топлива найдёт своё применение в модернизации и реконструкции муниципальных котельных. Развитие РГ на основе ВИЭ в РФ носит добавочный характер и составить конкуренцию централизованной энергетике в перспективе до 2035 г. не сможет. Основная перспектива применения такой генерации – электроснабжение ИТТ. Развитие генерации на основе ВИЭ в нашей стране определило вектор развития отрасли промышленного производства оборудования ВЭС и СЭС. Кроме этого, при внедрении РГ в небольших населённых пунктах дополнительно появится до 15 000 рабочих мест[69] к 2035 г. Для эффективной интеграции большого количества РГ основанной, как на ВИЭ, так и на углеводородном топливе, необходимо применение современных информационных решений и организационных форм. ПП, использующие распределённую генерацию, могут использовать новую организационно-правовую модель АЭК [70]. Параллельная работа большого количества РГ, создаёт и определённые негативные последствия для технической и технологической составляющей ЕЭС. Необходимость обеспечения устойчивой работы генераторов, регулирования и поддержания уровня напряжения, частоты и перетоков активной мощности, предотвращения развития и ликвидации аварий требует разработки и промышленного применения новых систем и устройств релейной защиты, сетевой и противоаварийной автоматики. Всё это создаёт вызовы для отечественной энергетики, промышленности и научных организаций, отвечая на которые, отрасль формирует новые рынки сбыта и обеспечивает развитие смежных отраслей экономики.

[69] Каланов А.Б. Отрасль ВИЭ в РФ. Потенциал развития до 2035г. [Текст]: // Группа РОСНАНО. – 2019. – Режим доступа: https://www.rusnano.com/upload/images/sitefiles/files/РОСНАНО%20Презентация%20Отрасль%20ВИЭ%20в%20РФ.pdf, свободный.

[70] Активные энергетические комплексы [Текст]: // НТЦ ЕЭС Управление Энергоснабжением. – 2020. – Режим доступа: https://активныйэнергокомплекс.рф/assets/presentation.pdf, свободный.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов И. Балансирующая энергетика [Электронный ресурс]: АО «Газета.Ру» – 2020. – Режим доступа: https://www.gazeta.ru/business/2019/12/06/12850154.shtml, свободный.
2. Активные энергетические комплексы [Текст]: // НТЦ ЕЭС Управление Энергоснабжением. – 2020. – Режим доступа: https://активныйэнергокомплекс.рф/assets/presentation.pdf, свободный.
3. Александр Новак выступит на "Правительственном часе" в Совете Федерации РФ [Электронный ресурс]: Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации – Электрон. текстовые дан. – 2020. – Режим доступа: https://minenergo.gov.ru/node/11793, свободный. (https://ria.ru/20200311/1568449473.html https://youtu.be/t_XcljGDQYs?t=875)
4. Алексеев А. Энергия добычи. Энергетическое обеспечение месторождений [Электронный ресурс]: ПАО «Газпром нефть» – 2016. – Режим доступа: https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2016-october/1114980/, свободный.
5. Асташев М.Г. Применение фазоповоротных устройств с тиристорными коммутаторами в активно-адаптивных электрических сетях [Текст] / М.Г. Асташев, М.А. Новиков, Д.И. Панфилов // Научно-технический журнал «Энергия единой сети». – 2013. - № 5 (10).
6. Бржезинский Г. В. Использование топливных элементов для выработки электроэнергии. Энергетические установки малой мощности [Электронный ресурс]: Научно-исследовательский институт химии – 2016. – Режим доступа: http://www.ichem.unn.ru/files/2016/09/3_Brzhezinskij.pdf, свободный.
7. Бубенчиков А.А. Обзор методов повышения пропускной способности линий электроэнергетических систем [Текст] / А.А. Бубенчиков, Д.И. Данилов, Д.Ю. Шевченко и др. // Журнал «Молодой ученый». – 2016. – № 28.2 (132.2). – С. 18-23.
8. В En+ Group заявили, что поддержка малых ГЭС позволит построить до 1 ГВт мощностей [Электронный ресурс]: ТАСС, информационное агентство – Электрон. текстовые дан. – 2019. – Режим доступа: https://tass.ru/ekonomika/6667456, свободный.
9. В России началась эпоха активных энергетических комплексов [Электронный ресурс]: АНО "Платформа НТИ" – 2020. – Режим доступа: https://ntinews.ru/news/khronika-rynkov-nti/energynet/v-rossii-nachalas-epokha-aktivnykh-energeticheskikh-kompleksov.html, свободный.
10. Генерация у истоков [Электронный ресурс]: Малая и микрогидроэнергетика – 2018. – Режим доступа: http://www.microhydro.ru/generatsiya-u-istokov/, свободный.
11. Герасимов Е. Непрозрачная система тормозит рынок [Текст] / Е. Герасимов // Газета "Энергетика и промышленность России". – 2020. - № 05 (385).
12. Горин В.А. Снижение шумового загрязнения окружающей среды путем установки шумоглушителя / В.А. Горин, В.В. Клименко, Р.И. Шутов и др. – Научный журнал КубГАУ – 2016. – № 119(05). – 10 с.
13. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации [Текст]: // Официальный сайт Минэкономразвития России. – 2019. – Режим доступа: https://www.economy.gov.ru/material/file/d81b29821e3d3f5a8929c84d808de81d/energyefficiency2019.pdf, свободный.
14. Гуревич Ю.Е. Особенности расчетов режимов в энергорайонах с распределенной генерацией: монография / Ю.Е. Гуревич, П.В. Илюшин. – Н. Новгород: НИУ РАНХиГС, 2018. – 280 с.
15. Единая энергетическая система России [Электронный ресурс]: Акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы» – Электрон. текстовые дан. – 2020. – Режим доступа: https://www.so-ups.ru/?id=962, свободный.
16. Жуков А. Конкурентная модель. К 2026 году собственных энергоисточников станет в 3 раза больше, чем централизованных [Электронный ресурс]: АО «ДП Бизнес Пресс» – 2020. – Режим доступа: https://www.dp.ru/a/2020/02/11/Konkurentnaja_model, свободный.
17. Зарубежная электроэнергетика [Электронный ресурс]: Ассоциация «НП СОВЕТ РЫНКА» – 2020. – Режим доступа: https://www.np-sr.ru/ru/market/cominfo/foreign/index.htm, свободный.
18. Ильенко А.В. Перспективы развития ЕЭС России [Текст] / А.В. Ильенко, В.И. Чемоданов, Р.К. Адамоков // Научно-технический журнал «Энергия единой сети». – 2013. - № 5 (10).
19. Какие больницы построят для борьбы с пандемией? [Электронный ресурс]: портал ОКНА МЕДИА – Электрон. текстовые дан. – 2020. – Режим доступа: https://www.oknamedia.ru/novosti/kakie-novye-bolnitsy-postroyat-dlya-borby-s-pandemiey-50816, свободный.
20. Каланов А.Б. Отрасль ВИЭ в РФ. Потенциал развития до 2035г. [Текст]: // Группа РОСНАНО. – 2019. – Режим доступа: https://www.rusnano.com/upload/images/sitefiles/files/РОСНАНО%20Презентация%20Отрасль%20ВИЭ%20в%20РФ.pdf, свободный.
21. Куликов Ю.А. Накопители электроэнергии - эффективный инструмент управления режимами электроэнергетических систем [Текст]: // Благотворительный фонд «Надежная смена». – 2019. – Режим доступа: https://fondsmena.ru/media/EGM_publicationfiles_Article/Куликов_ЮА.pdf, свободный.
22. Мантуров Д.В. Мы умеем строить суда, мы понимаем, как это делать [Электронный ресурс]: // Энергетическая политика. – 2020. – Режим доступа: https://energypolicy.ru/?p=2800, свободный.
23. Методический подход к оценке оптимальных масштабов развития распределенной когенерации в ЕЭС России на долгосрочную перспективу [Электронный ресурс]: Институт энергетических исследований РАН – Электрон. текстовые дан. – 2019. – Режим доступа: https://www.eriras.ru/files/pankrushina_doklad_29_maya.pdf, свободный.
24. Модернизация объектов генерации в изолированных и труднодоступных территориях [Электронный ресурс]: Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации – Электрон. текстовые дан. – 2020. – Режим доступа: https://minenergo.gov.ru/node/16540, свободный.
25. Накопители энергии [Электронный ресурс]: // Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – 2020. – Режим доступа: https://energy.hse.ru/accenergy, свободный.
26. О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам функционирования активных энергетических комплексов [Текст]: постановление Правительства РФ от 21.03.2020 № 320 // Собрание законодательства. – 2020. - № 13. – Ст. 1932.
27. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года [Текст]: указ Президента РФ от 07.05.2018 № 204 // Собрание законодательства. – 2018. - № 20. – Ст. 2817.
28. Об утверждении Плана мероприятий по импортозамещению в отрасли энергетического машиностроения, электротехнической и кабельной промышленности Российской Федерации [Текст]: приказ Минпромторга России от 16.04.2019 № 1327 // Официальный сайт Министерства промышленности и торговли Российской Федерации. – 2019. – Режим доступа: http://minpromtorg.gov.ru/docs/#!44197, свободный.
29. Об утверждении Правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности (ред. от 27.03.2020) [Текст]: постановление Правительства РФ от 27.12.2010 № 1172 // Собрание законодательства. – 2011. - № 14. – Ст. 1916.
30. Об утверждении Правил технологического функционирования электроэнергетических систем и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации [Текст]: постановление Правительства РФ от 13.08.2018 № 937 // Собрание законодательства. – 2018. - № 34. – Ст. 5483.
31. Об утверждении схемы и программы развития Единой энергетической системы России на 2019 - 2025 годы [Текст]: приказ Минэнерго России от 28.02.2019 № 174 // Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации. – 2019. – Режим доступа: https://minenergo.gov.ru/node/14828, свободный.

32. Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года [Текст]: распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 № 1523-р // Официальный сайт Правительства Российской Федерации. – 2020. – Режим доступа: http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf, свободный.
33. Объекты генерации в изолированных и труднодоступных территориях в России. Аналитический доклад. Март 2020 [Текст]: // Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. – 2020. – Режим доступа: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/analitika/генерации_в_ИТТ.pdf, свободный.
34. Окружающая среда [Электронный ресурс]: // Федеральная служба государственной статистики. – 2020. – Режим доступа: https://gks.ru/folder/11194, свободный.
35. Оптовая цена на газ, добываемый ПАО "Газпром" и его аффилированными лицами, реализуемый потребителям Российской Федерации (Москва) с 1 июля 2013 по 1 июля 2024 [Электронный ресурс]: Газойл Медиа – 2020. – Режим доступа: http://prices.gasoil.media/gas/dynamics/forecast/?analysis=gas&name=natural_gas&company_id=101&category=industry&source=consultantplus&group_id=102&section_id=157, свободный.
36. Отчет о ходе реализации отобранных инвестиционных проектов участников ОРЭМ – генерирующих компаний в рамках ДПМ ВИЭ и ДПМ ТБО (за 1 квартал 2020 года) [Текст]: // АО «ЦФР». – 2020. – Режим доступа: https://cfrenergo.ru/upload/iblock/d3f/Otchet-na-sayt-1-kvartal-2020-goda.pdf, свободный.
37. Папков Б.В. Распределённая генерация и активные потребители в интеллектуальной энергетике / Б.В. Папков, В.Л. Осокин. – Княгинино: Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, 2019. – 32 с.
38. Применение технологии блокчейн в распределённой генерации на основе возобновляемых источников энергии – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=37180207, свободный.
39. Прогноз научно-технологического развития отраслей ТЭК [Электронный ресурс]: Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации – Электрон. текстовые дан. – 2020. – Режим доступа: https://minenergo.gov.ru/node/6366, свободный.
40. Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2024 года Министерства экономического развития Российской Федерации [Текст]: // Официальный сайт Минэкономразвития России. – 2019. – Режим доступа: https://www.economy.gov.ru/material/file/450ce3f2da1ecf8a6ec8f4e9fd0cbdd3/Prognoz2024.pdf, свободный.
41. Прогнозы [Электронный ресурс]: Акционерное общество «Администратор торговой системы оптового рынка электроэнергии» – Электрон. текстовые дан. – 2020. – Режим доступа: http://www.atsenergo.ru/results/statistic/fcast, свободный.
42. Распределённая генерация [Электронный ресурс]: ООО "Газовые машины" – 2020. – Режим доступа: https://gmenergo.ru/raspredelennaya-generaciya, свободный.
43. Рост тарифов в России. Прогноз до 2035 года [Электронный ресурс]: ООО «Центр энергетических инноваций» – 2020. – Режим доступа: http://www.altecology.ru/article/rost_tarifov_v_rossii_prognoz_do_2035_goda/, свободный.
44. Ростех создал для удаленных районов мобильные электростанции на СПГ [Электронный ресурс]: ТАСС, информационное агентство – Электрон. текстовые дан. – 2018. – Режим доступа: https://tass.ru/ekonomika/5363385, свободный.
45. Ружинская Т.И., Назарова М.В. Роль экспорта энергоресурсов во внешней торговле России [Текст]: // МГИМО Университет МИД России. – 2019. – Режим доступа: https://mgimo.ru/upload/iblock/286/rol-ehksporta-ehnergoresursov-vo-vneshnej-torgovle-rossii.pdf, свободный.
46. Сидорович В. Утилизация солнечных модулей (панелей). Проблемы, регулирование, практика [Электронный ресурс]: // RenEn — Renewable Energy — Возобновляемая Энергетика. – 2018. – Режим доступа: https://renen.ru/pv-recycling-problems-regulation-practice/, свободный.
47. Сидорович В. Экономика солнечной энергетики: очень дёшево, но будет намного дешевле [Электронный ресурс]: // RenEn — Renewable Energy — Возобновляемая Энергетика. – 2019. – Режим доступа: https://renen.ru/solar-economics-very-cheap-but-will-be-much-cheaper/, свободный.
48. Создание виртуальной электростанции – многоуровневого агрегатора распределенной генерации и регулируемых потребителей, применяемого для их интеграции в оптовый и розничные рынки электроэнергии, повышения эффективности локальных систем энергоснабжения. [Текст]: // АО "Первая розничная генерирующая компания". – 2019. – Режим доступа: http://www.rgk1.ru/Cms_Data/Contents/rgk-1/Folders/Files/~contents/EBP2N4WMV9B6K8K8/VS.pdf, свободный.
49. Старинская Г. Что изменилось в российском ТЭКе за время санкций [Электронный ресурс]: // АО Бизнес Ньюс Медиа. – 2017. – Режим доступа: https://www.vedomosti.ru/business/articles/2017/12/19/745720-rossiiskom-teke, свободный.
50. Стоимость ЭЭ для промышленности в России и мире [Электронный ресурс]: Ассоциация «НП СООБЩЕСТВО ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭНЕГИИ» – 2019. – Режим доступа: https://www.np-ace.ru/news/partnership/1384/, свободный.
51. Стратегия долгосрочного развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (Проект) [Электронный ресурс]: Официальный сайт Минэкономразвития России – Электрон. текстовые дан. – 2020. – Режим доступа: https://economy.gov.ru/material/file/babacbb75d32d90e28d3298582d13a75/proekt_strategii.pdf, свободный.
52. Что дает собственная генерация предприятию [Электронный ресурс]: ООО «Группа компаний «МКС» – 2019. – Режим доступа: https://mks-group.ru/a/sobstvennaya-generaciya-na-predpriyatii, свободный.
53. Электроэнергия для промышленности в России в 2019 году оказалась дороже, чем в США и целом ряде стран Евросоюза [Электронный ресурс]: Ассоциация (некоммерческое партнерство) «Сообщество потребителей энергии» – 2019. – Режим доступа: https://www.np-ace.ru/news/partnership/1384/, свободный.
54. «Газпром» подписал 30-летний газовый контракт с Китаем [Электронный ресурс] // NEWSru.com: российское новостное информационное агентство. –М., 2014. –URL: http://www.newsru.com/finance/21may2014/cnpcontract.html (дата обращения: 21.03.2015).
55. Battery Pack Prices Fall as Market Ramps Up with Market Average at $156/kWh in 2019 [Электронный ресурс]: BloombergNEF– Электрон. текстовые дан. – 2019. – Режим доступа: https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-fall-as-market-ramps-up-with-market-average-at-156-kwh-in-2019/, свободный.
56. China's Shanghai Electric launches 8MW offshore turbine [Электронный ресурс]: Recharge. Unrivalled renewable energy news – Электрон. текстовые дан. – 2019. – Режим доступа: https://www.rechargenews.com/wind/chinas-shanghai-electric-launches-8mw-offshore-turbine/2-1-650301, свободный.
57. Distributed Generation of Electricity and its Environmental Impacts [Электронный ресурс]: United States Environmental Protection Agency – Электрон. текстовые дан. – 2019. – Режим доступа: https://www.epa.gov/energy/distributed-generation-electricity-and-its-environmental-impacts, свободный.
58. Pritil G. Global Additions in Distributed Generation Capacity to Increase Significantly [Электронный ресурс]: Guidehouse Insights – Электрон. текстовые дан. – 2019. – Режим доступа: https://guidehouseinsights.com/news-and-views/global-additions-in-distributed-generation-capacity-to-increase-significantly, свободный.
59. Renewable Capacity Statistics 2020 [Электронный ресурс]: The International Renewable Energy Agency (IRENA) – Электрон. текстовые дан. – 2020. – Режим доступа: https://www.irena.org/publications/2020/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2020, свободный.
60. Russia [Electronic resource] // U.S. Energy Information Administration.2014. –URL: http://www.eia.gov/countries/cab.cfm?fips=RS(дата обращения: 12.03.2015).
61. Tesla.Impact report. [Текст]: // Tesla. – 2018. – Режим доступа: https://www.tesla.com/ns_videos/tesla-impact-report-2019.pdf, свободный.
62. A New Circular Vision for Electronics. Time for a Global Reboot. [Текст]: // World Economic Forum. – 2019. – Режим доступа: http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf, свободный.