Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации

Бучнев Александр Олегович

Институциональные и экономические механизмы сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергетики

Специальность 5.2.3 –
Региональная и отраслевая экономика

Диссертация на соискание ученой степени
доктора экономических наук

Научный консультант:
Д.э.н., проф. Марголин А.М.

Москва – 2022

Оглавление

Введение. 4

ГЛАВА 1. Теоретические основы развития и обеспечения баланса производства возобновляемой и невозобновляемой энергии. 22

1.1. Исторические предпосылки формирования современной классификации источников энергии. 22

1.2. Политические, информационные, экономические и институциональные предпосылки активизации применения ВИЭ. 52

1.3. Особенности влияния ВИЭ на профиль циклов Н.Кондратьева на фоне инновационных волн Й.Шумпетера. 67

1.4. Государственное регулирование баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии как необходимое условие достижения целей устойчивого развития. 80

Выводы по Главе 1. 104

ГЛАВА 2. Оценка мирового опыта стран-лидеров по инновационному стимулированию применения возобновляемой энергии. 111

2.1. Предпосылки развития ВИЭ как инструмента балансировки энергетических рынков. 111

2.2. Развитие возобновляемой энергетики и механизмы её стимулирования в США. 135

2.3. Государственное регулирование баланса возобновляемой и невозобновляемой энергетики в КНР, Индии, ЮАР, Бразилии. 147

2.4 Особенности целевого инновационного стимулирования применения ВИЭ в странах ЕС. 174

Выводы по Главе 2. 201

ГЛАВА 3. Макроэкономический эффект использования ВИЭ как основополагающий фактор устойчивого развития углеродно-нейтральной экономики. 208

3.1. Экономические особенности конкуренции различных источников возобновляемой и невозобновляемой энергии. 208

3.2. Инновационные технологии обеспечения хранения, управления и распределения возобновляемой энергии, и их влияние на социально-экономическое развитие. 241

3.3. Экология использования возобновляемой и невозобновляемой энергии. 271

3.4. Интегральный макроэкономический эффект применения ВИЭ и перспективные инновации, направленные на его рост. 292

Выводы по Главе 3. 307
ГЛАВА 4. Методологические рекомендации по перспективному применению ВИЭ в отечественной экономике. 319
4.1. Потенциал возобновляемых источников энергии в Российской Федерации и его использование. 319
4.2. Значение российской энергетической отрасли в период мирового энергетического перехода. 348
4.3. Новые методы институциональной поддержки возобновляемой энергетики и сопряженных с нею отраслей промышленности. 362
4.4. Структура концепции сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергии в условиях перехода к низкоуглеродной экономике. 383
Выводы по Главе 4. 397
Заключение. 406
*Литерату*ра. 429
Приложение 1 463
Приложение 2 467
Приложение 3 468
Приложение 4 470
Приложение 5 471
Приложение 6 472
Приложение 7 473
Приложение 8 475
Приложение 9 477

Введение.

Актуальность темы. Устойчивое развитие мировой экономики, возможности её ускоренного восстановления после различных кризисных потрясений существенно взаимоувязаны с использованием преимуществ экологически чистой возобновляемой энергии, уверенно дополняющей и заменяющей невозобновляемую энергетику, использующую невосполнимые ресурсы. Благодаря институциональным основам, заложенным в последней четверти прошлого века в ответ на экстренные энергетико-экономические, а впоследствии и экологические вызовы, возобновляемые источники энергии (ВИЭ) стали центром притяжения инноваций и сформировали перспективный энергетический рынок, проявивший устойчивость как во время глобального финансового кризиса 2008 года, так и в условиях современной нестабильности. Даже несмотря на известные затруднения, связанные преимущественно с постоянством производства энергии, наблюдается неугасающий интерес инвесторов, особенно в свете роста популярности нефинансовых критериев оценки инвестиций последних лет.

Абсолютное большинство современных государств имплементировали принципы развития ВИЭ в свои национальные стратегии, более половины из которых поставили целью построение углеродно-нейтральной экономики. Ежегодные суммарные инвестиции на уровне свыше четверти триллиона долларов США независимо от политической и экономической конъюнктуры не только доказали рентабельность отрасли будущего, но и превратили её в уникальный гуманистический инструмент борьбы с бедностью, и прежде всего - с энергетической бедностью, как сдерживающего элемента экономического развития.

Фактически, аббревиатура ВИЭ вышла за пределы термина, связанного исключительно с соответствующим сектором энергетики, и стала ядром культуры ответственного использования энергии в целом. Стремительный

рост установленных мощностей ветровой и солнечной генерации, наравне с востребованностью прочих решений на базе ВИЭ, предъявил дополнительные требования к технологиям перераспределения и накопления энергии, средствам диспетчеризации в условиях децентрализации энергетических систем, что стало фактором вовлечения смежных отраслей промышленности в единый инновационный процесс и их адаптации к использованию преимущественно возобновляемой энергии в качестве надёжного и доступного энергетического ресурса, обеспечивающего постепенное решение экологических и социально-экономических проблем. Универсальное положительное влияние возобновляемой энергетики на триаду устойчивого развития: экономику, социальную сферу и экологию, позволяют говорить о данном явлении как факторе создания новой парадигмы энергетики и экономики будущего.

«Все виды альтернативной энергетики должны поддерживаться и развиваться. <…> нужно работать и над водородной энергетикой, над солнечной, использовать энергию приливов и отливов, и ветра», - подчеркнул Президент Российской Федерации В.В. Путин в 2015 году[1].

Наравне с этим, использование возобновляемых энергетических ресурсов по-прежнему не представляется возможным без наличия мощностей традиционной энергетики, которые, в свою очередь, являются результатом многолетнего совершенствования, в том числе с учетом экологических требований современности. Для большинства стран-лидеров в области стимулирования ВИЭ использование ископаемых энергетических ресурсов представляется преимущественно вынужденной и временной мерой, однако, даже в долгосрочной перспективе нельзя ожидать, что соответствующий сектор энергетики утратит свою значимость, не говоря об атомной энергетике, занимающей особое место наравне с ВИЭ.

[1] Владимир Путин: альтернативная энергетика нуждается в целенаправленном развитии. URL: http://novostienergetiki.ru/vladimir-putin-alternativnaya-energetika-nuzhdaetsya-v-celenapravlennom-razvitii/(дата обращения 03.10.2015).

Тем не менее, в парадигме декарбонизации современные экономики достигли существенных результатов. Если три десятилетия назад мировое сообщество считало достижение порога 10 процентного производства электроэнергии посредством возобновляемой энергетики от общей доли прекрасным результатом, то сегодня основной задачей считается построение низкоуглеродной и далее углеродно-нейтральной экономики. Задачи текущего тридцатилетия в 10 раз превосходят задачи предыдущего аналогичного временного периода.

Углеродная нейтральность в данном случае не является конечной целью трансформации мировой экономики, поскольку отражает во многом краткосрочную задачу превышения способности к поглощению эквивалента углекислого газа над его выбросами. Фактически это два разнонаправленных процесса, показатели которых требуют максимизации отрицательного сальдо согласно основным наднациональным соглашениям настоящего времени в целях снижения негативного воздействия хозяйственной деятельности человека на глобальный климат. В этой связи дальнейшими ориентирами устойчивого развития наиболее вероятно станет построение углеродно-отрицательной экономики и дальнейшее снижение данного показателя.

Стоит отметить, что активное внедрение ВИЭ обеспечивают прежде всего те государства, которые зависят от импорта как первичных, так и вторичных источников энергии, поскольку наравне с ростом энергетической безопасности это является важнейшим сбережения финансовых ресурсов на макроуровне. В то же время, благоприятный экономический эффект при диверсификации используемых энергетических ресурсов благодаря ВИЭ в случае слабой или отсутствующей зависимости от импорта энергии также имеет место и является фактором регионального выравнивания (актуально для России), а также приобретения соответствующих компетенций для расширения экспортного потенциала.

Последнее особенно важно в свете целей планомерного снижения углеродного следа современных производств, минимизации экологического

ущерба окружающей среде и, как следствие, процессов сжатия мирового рынка традиционных ископаемых ресурсов и роста издержек при реализации устаревшей продукции. Учитывая, что страны-лидеры декарбонизации экономики начали данный процесс с заметным временным преимуществом, традиционным странам-экспортерам энергетического сырья представляется необходимым не только обозначить ориентиры достижения углеродной нейтральности, но и обеспечить ускоренную интеграцию этой концепции на всех уровнях государственного регулирования.

Достоверная оценка выполнимости поставленных мировым сообществом задач, исследование текущих результатов, изучение страновых стратегий лидеров применения возобновляемой энергии, их непосредственное влияние на национальные топливно-энергетические балансы и изменение экологической ситуации, и на формирование инновационных сопредельных отраслей экономики, позволит разработать методологические рекомендации по адаптации мирового опыта в отечественных условиях, что особенно важно вследствие системного недостижения целевых показателей сектора возобновляемой энергетики и крайне ограниченного инструментария государственной поддержки в этой сфере.

Несмотря на ряд программных документов, определяющих концепцию низкоуглеродного развития, а также непосредственную детерминацию развития ВИЭ как одного из стратегических приоритетов Российской Федерации, позиционирование данного сектора энергетики не учитывает всех возможностей позитивного воздействия на экономику и общество, что по совокупности преимущественно энергетических и экологических факторов ограничивает значимость ВИЭ на федеральном уровне.

На фоне безусловного доминирования невозобновляемых энергетических ресурсов представляется необходимой конкретизация ожидаемых результатов социально-экономического характера для обоснования целесообразности полномасштабного стимулирования

отечественного сектора ВИЭ и, как следствие, сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергетики. Основными целями государственной политики в данном отношении являются общий рост благосостояния населения и макроэкономические эффекты в результате загрузки межотраслевых связей при локализации оборудования производства, накопления и перераспределения возобновляемой энергии.

В силу повсеместной потребности в энергетических ресурсах активизация разработки и внедрения технологий возобновляемой энергетики позволит создать инновационный промышленный кластер, являющийся эндогенным фактором развития экономики с чрезвычайно широким спектром сфер применения. В отношении инноваций важно заметить, что технологии на базе ВИЭ во многом опережают решения для традиционных источников энергии поскольку концепция их использования изначально подразумевает функционирование в сложных децентрализованных системах, что, в свою очередь, соответствует формируемому технологическому укладу в целом. Также весьма характерно, что наравне с возможностями социального выравнивания вследствие производства энергии на микро- и мезоуровнях, преимущества интеграции с глобальным рынком ВИЭ приобретают второстепенную значимость и могут рассматриваться, как дополнительный, но не обязательный фактор необходимости активного развития ВИЭ.

Наличие более явной структуры взаимодействия государственных органов и последовательных мероприятий в целях достижения комплексных задач развития возобновляемой энергетики также представляется важным, поскольку позволит сформировать дополнительные ориентиры долговременного и устойчивого развития отечественной экономики вне зависимости от общемировых тенденций.

Для Российской Федерации, как страны колоссальных запасов энергетических ресурсов и компетенций в сфере топливно-энергетического комплекса, представляется особенно важным найти свой национальный путь,

сочетающий собственный и мировой опыт для достижения наилучшего синергетического эффекта в условиях глобальной энергетической трансформации.

По факту проведенного исследования совокупности институциональных и экономических механизмов, определивших вектор развития мировой энергетики, можно поставить следующие вопросы, ответы на которые во многом предопределяют основной научный результат, непосредственно связанный с Российской Федерацией:

- Что предопределило глобальную значимость ВИЭ?
- Какая инновационная составляющая послужила необратимости развития ВИЭ?
- Как происходит процесс вытеснения группы невозобновляемых энергетических ресурсов?
- Достижение каких из целей устойчивого развития и каким путем возможно благодаря ВИЭ?
- Какое влияние оказывают ВИЭ на макроэкономику?

Степень разработанности проблемы. Определённые стадии зарождения и развития возобновляемой энергетики рассматривалась зарубежными учеными, такими как Альпер А., Арент Д., Бойд О., Гельман Р., Делуччи М., Ергин Д.Х., Кепллер Дж., Мюллер С., Рейхе Д., Роберсон С., Тугси С., Твайдел Дж., Уинзер Х., Уэйр А., Хейнберг Р., Чарман Х., Шванхольд Е., Шеер Г., Шнайдер А., Якобсон М., Дис П., Ланг Ч., Мейер С., Шаллер М., Шварц Н. и др.

Вопросам инновационного развития, теоретическим и практическим аспектам инноваций и промышленных революций, формированию больших циклов конъюнктуры, инновационных волн были посвящены исследования таких ученых как Афтальон А., Кондратьев Н.Д., Шумпетер Й., Шваб Кл., Рифкин, Дж., Абалкин Л.И., Ансофф И., Дынкин А.А., Коротаев А.В., Комарова Н.Л., Плетнев К.И., Хансен Э., Халтурина Д.А., Яковец Ю.В. и др.

Развитие теории прогнозирования сложных экономических систем, разработка соответствующих эконометрических моделей, освещение экономических проблем жизненного цикла нашли свое отражение в работах таких ученых как Аганбегян А.Г., Мау В.А., Марголин А.М., Мельников Р.М., Холт Ч., Твисс Б., Дайитбегов Д.М., Gardner E.S., McKenzie Ed., Hyndman R.J., Koehler A.B., Ond J.K., Snuder R.D. и др.

Вопросам экономической и технологической эффективности возобновляемой и невозобновляемой энергии посвятили отечественные ученые Алферов Ж.И., Ахмедов Р.Б., Байков Н.М., Безруких П.П., Варфоломеев С.Д., Гринкевич Р.Н., Григорьев Л. М., Лещенко С.В., Мясоедов Б.Ф., Моисеев И.И., Капица С.П., Курдин А. А., Подолинский С.А., Попель О.С., Рогалев Н.Д., Семенов Н.Н., Фортов В.Е., Шевалеевский О.И., Шкрадюк И.Э. и др.

Изучению влияния возобновляемой энергетики на традиционную энергетику и энергетическую безопасность, а также налогового стимулирования инноваций в возобновляемой энергетике уделено внимание в трудах Брагинского О.Б., Ивановой Н.И., Жизнина С.З., Жукова С. В., Миловидова К.Н., Мастепанова А.М., Макарова А.А., Порфирьева Б.Н., Степанова И.А., Телегиной Е.А. и др.

Вопросы декарбонизации и их влияние на экономику национальных отраслей, в том числе и на экономику ВИЭ освещались в работах Бердина В.Х., Вукович Н.А., Догуаб А.А., Жариковой М.В., Зоидова К.Х., Медкова А.А., Мингалевой Ж.А., Пусенковой Н.И., Ремизовой Т.С., Кошелева Д.Б., Кокорина А.О., Поташникова В.Ю., Шклярук М.С., Юлкина М.А. и др.

Определенное внимание в исследованиях вышеназванных ученых уделялось сравнительным теоретическим проблемам фактической оценки экономической эффективности использования ВИЭ.

Имеется недостаток научных исследований о степени влияния данного направления энергетики на устойчивое развитие экономики, прогнозирования взаимного гармоничного развития невозобновляемой и

возобновляемой энергетики, стимулирующих воздействий соответствующей институциональной среды активного применения ВИЭ и их дополнения и замещения ископаемых источников энергии, оценке эффекта макроэкономического влияния на сопряженные с ВИЭ отрасли, вопросы эффективного стимулирования борьбы с бедностью.

Изучение и разработка адаптационных инструментов в отечественных условиях активного использования возобновляемой энергии является существенным фактором роста конкурентоспособности стран, формирующих социально ориентированные и социально ответственные углеродно-нейтральные экономики будущего.

Объект диссертационного исследования: социально-экономическое развитие региональных экономик в процессе трансформации соотношения возобновляемых и невозобновляемых источников энергии как ключевых составляющих энергетики.

Предмет диссертационного исследования: институциональные и экономические механизмы инновационного влияния ВИЭ на современное социально-экономическое развитие.

Область исследования. Данное диссертационное исследование проведено в соответствии с областью научного направления, изложенного в Паспорте специальностей научных работников ВАК: Специальность 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика.

Цель диссертационной работы заключается в разработке совокупности институциональных и экономических механизмов, обеспечивающих реализацию сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергетики в Российской Федерации на базе выявленных особенностей трансформации мировой энергетики.

Задачи диссертационной работы. В настоящей диссертационной работе, в соответствии с ключевой её целью, решались следующие основные задачи:

1. Выявить и оценить динамику развития институциональных и экономических процессов, оказывающих влияние на развитие возобновляемой и невозобновляемой энергетики;
2. Показать исторические особенности влияния ВИЭ на профиль циклов Н.Кондратьева на фоне инновационных волн Й.Шумпетера.
3. Выявить среди государств с крупнейшими региональными экономиками структурный сдвиг в пользу развития ВИЭ, проанализировать ключевые институциональные и экономические механизмы поддержки этого процесса.
4. Выявить характер экономической и институциональной целесообразности применения ВИЭ на основании изученных практик и дать оценку влияния развития ВИЭ на триаду устойчивого развития.
5. Обосновать методологические подходы по оценке интегрального макроэкономического эффекта от массового применения ВИЭ.
6. Разработать инструментарий государственного регулирования, обеспечивающий баланс производства и потребления возобновляемой и невозобновляемой энергии на основе выявленного мирового опыта, адаптированного к отечественным условиям.
7. Выявить возможности для Российской Федерации с учетом особенностей глобальных процессов в период энергетического перехода.
8. Разработать рекомендации по созданию Концепции сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергетики, способствующей достижению российской экономикой целей устойчивого развития.

Теоретической и методологической основой диссертационной работы являются итоги научных исследований и опубликованных статей по экономическим направлениям прогнозирования современной энергетики

зарубежных и отечественных ученых, инновационно-инвестиционному менеджменту в сфере применения возобновляемых и невозобновляемых ресурсов. Использованный в диссертационной работе системный подход, позволил синтезировать влияние внутренних и внешних факторов взаимодействия перспективных сегментов энергетики и экономики.

В работе применены основы макроэкономического анализа для оценки влияния ВИЭ на национальные энергетические рынки стран – лидеров инновационного развития возобновляемой энергетики с применением эконометрических методов аналитического выравнивания, адаптивного прогнозирования и экспертных оценок.

Информационная база исследования основывается на документах и материалах тематических конференций, специализированных отраслевых изданий, монографий, статистических справочников, зарубежных и российских экономических сборников, данных годовых отчетов крупных энергетических компаний, нормативно-правовых актов международных организаций, национальных и региональных законодательных органов, статистические данные МЭА, BNEF, EIA, IRENA, REN21 и др., информации из экономических журналов и публикаций.

Основной научный результат диссертационного исследования заключается в решении актуальной проблемы разработки совокупности институциональных и экономических механизмов, обеспечивающих сбалансированное развитие возобновляемой и невозобновляемой энергетики Российской Федерации для достижения целей устойчивого развития с учетом региональных особенностей и значения российской экономики в условиях глобального сдвига мировой энергетики в пользу активного применения ВИЭ.

Новые научные результаты, полученные лично автором и имеющие элементы научной новизны, заключаются в следующем:

1. Выявлена устойчивая общемировая тенденция инновационного развития ВИЭ, сформированная на основе развития системы мер

государственной поддержки, направленных как на замещение выбывающих мощностей невозобновляемой энергетики, так и на их опережающий ввод для покрытия возрастающего спроса на энергию со стороны потребителей вне зависимости от цен на ископаемые носители на основании базового институционального принципа, сочетающего глобальную, в том числе неэнергетическую, значимость ВИЭ и неизбежность продолжительных государственных затрат, связанных с ними.

Обоснование пункта научной новизны представлено на стр. 43-49, а также нашло свое отражение в выводах по Главе 1 (стр. 101-104)

2. Доказано, что динамичное развитие ВИЭ на фоне инновационных волн Й.Шумпетера приобрело необратимый характер, подкрепленный уникальным потенциалом изменения профиля отдельных фаз циклов Н.Д.Кондратьева, основанным на раскрытии новых возможностей сбережения финансовых ресурсов для производителей возобновляемой энергии на микро-, мезо и макроуровнях, лишенных зависимости от краткосрочной и долгосрочной ценовой конъюнктуры и связанных с преимуществами их локального применения и одновременной интеграции в общую энергетическую инфраструктуру.

Обоснование пункта научной новизны представлено на стр. 67-77, а также нашло свое отражение в выводах по Главе 1 (стр. 104)

3. Выявлено, что в условиях снижения общей энергоёмкости ВВП крупнейших региональных экономик, имеется устойчивая тенденция к увеличению доли ВИЭ в структуре производства энергетических ресурсов, подкрепленная приоритетным потреблением возобновляемой энергии и спецификой её генерации, не подверженная влиянию динамики общего первичного предложения энергии (стабилизации в США, снижения в странах ЕС и роста в КНР).

Обоснование пункта научной новизны представлено на стр. 131-132, 144-145, 170 и др., а также нашло свое отражение в выводах по Главе 2 (стр. 197-199)

4. Разработаны подходы к государственному регулированию баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии на глобальном, макро-; мезо- и микроуровнях, учитывающие современные тенденции инновационного развития возобновляемой энергетики и изменения структуры потребления энергетических ресурсов для стимулирования роста экономической активности и энергоэффективности хозяйственной деятельности, и создания объективных предпосылок для достижения целей устойчивого развития, в особенности таких как:

a. недорогостоящая и чистая энергия;
b. достойная работа и экономический рост;
c. уменьшение неравенства;
d. ответственное потребление и производство;
e. борьба с изменением климата;
f. партнерство в интересах устойчивого развития.

Обоснование пункта научной новизны представлено на стр. 83-93, а также нашло свое отражение в выводах по Главе 1 (стр. 105)

5. Выявлена существенная макроэкономическая значимость развития сектора ВИЭ, обусловленная уникальной спецификой соответствующих инвестиционных проектов, вовлечением и трансформацией сопряженных отраслей промышленности в соответствии с нуждами «экономики будущего», а также созданием конкурентноспособных рабочих мест и ростом налоговых отчислений в различные уровни бюджетной системы. Обоснованы методологические подходы к оценке интегрального макроэкономического эффекта. К числу главных свойств инвестиционных проектов в области ВИЭ относятся:

a. масштабируемость и универсальность оборудования генерации и перераспределения энергии, а также унификация производственных мощностей ВИЭ;
b. оптимальное распределение сравнительно невысоких капитальных затрат и инвестиционных решений во времени по сравнению с другими видами генерации;
c. нивелирование стоимостной дифференциации тарифа на электрическую энергию в регионе присутствия.

Обоснование пункта научной новизны представлено на стр. 208-211, 244-245, 289-292 и др., а также нашло свое отражение в выводах по Главе 3 (стр. 303-307)

6. На основе анализа мирового опыта разработаны и адаптированы к отечественным условиям эффективные инструменты стимулирования инновационного развития возобновляемой энергетики, включая создание новых, сопряженных с ВИЭ отраслей экономики. В их числе:

a. доведение степени локализации производства генераторов возобновляемой энергии, а также систем хранения, накопления и перераспределения энергии до 100%;
b. снятие безусловного ограничения в 15 кВт установленной мощности оборудования микрогенерации для создания на этой основе предпосылок для самоокупаемости домашних хозяйств;
c. установление тарифа на покупку электрической энергии, произведенной благодаря микрогенерации на уровне не ниже фактического тарифа продажи для конкретного потребителя;
d. обеспечение возможности владельца двух и более объектов недвижимости для их энергоснабжения использовать единственное оборудование микрогенерации;

e. формирование субсидий из федерального бюджета, компенсирующих до 50% стоимости монтажно-строительных работ по вводу в эксплуатацию генераторов ВИЭ;
f. создание локальных сообществ с обеспечением стимулирующих банковских инструментов для активизации использования ВИЭ, систем хранения, накопления и распределения энергии для муниципальных нужд;
g. использование методологии заключения контрактов жизненного цикла с учётом особенностей реализации проектов ВИЭ.

Обоснование пункта научной новизны представлено на стр. 199-202, 228-229, 335-337 и др., а также нашло свое отражение в выводах по Главе 4 (стр. 396-398)

7. Выявлено влияние ВИЭ на триаду устойчивого развития как комплекса технологических решений и мер обеспечения эффективного использования возобновляемой энергии в виде взаимосвязанных благоприятных экономических, социальных и экологических эффектов, которое потенциально ограниченно в части исходных ресурсов и может быть использовано в Российской Федерации для:

a. развития отечественной энергетики с учетом возможности экспансии в область энергоемких производств, а также переработки высвобождаемого углеводородного сырья с целью производства продуктов с высокой добавленной стоимостью;
b. создания принципиально новых отраслей экономики и квалифицированных рабочих мест, повышения спроса на продукцию высокотехнологичных производств;
c. формирования класса энергетических просьюмеров, обеспечивающего рост благосостояния среднего класса;

d. снижения загрязнения окружающей среды и роста вовлеченности населения в решение глобальных экологических задач;
e. привлечения социально-ответственных инвесторов, обусловленного соответствием разрабатываемых решений и механизмов критериям ESG.

Обоснование пункта научной новизны представлено на стр. 267-271, 308-313, 355-356 и др., а также нашло свое отражение в выводах по Главе 4 (стр. 394-395)

8. Разработана структура концепции сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергетики в условиях перехода к низкоуглеродной экономике и методологические рекомендации по ее реализации, основанные на использовании процедур оценки регулирующих воздействий и включающие меры институциональной поддержки вывода возобновляемой энергетики и сопряженных с ней отраслей экономики на траекторию инновационного развития. В качестве несущей конструкции данной концепции могут рассматриваться:

a. приоритетное развитие ВИЭ на основании социально-экономической значимости данного сектора энергетики для экономики и общества в целом;
b. административный механизм целевого производства наиболее совершенного оборудования для нужд региональной возобновляемой энергетики и обеспечения функционирования сектора ВИЭ в целом с учетом существующего инструментария стимулирующих мер экономической политики и стратегических планов развития;

c. базовая оценка целесообразности регионального развития ВИЭ на основании стоимости их использования для генерации электрической энергии на микроуровне;
d. цикличный ввод мощностей возобновляемой энергетики при соблюдении предпосылок роста спроса на энергию, региональной целесообразности конкретных видов ВИЭ и планового выбытия мощностей на базе ТИЭ.

Обоснование пункта научной новизны представлено на стр. 359-373, 380-384 и др., а также нашло свое отражение в выводах по Главе 4 (стр. 398-402)

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что разработка и реализация концепции сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергетики с учётом тенденций как мировой экономики в целом, так и отдельных стран, является необходимым условием обеспечения энергетической безопасности, катализатором совершенствования социально-экономической и экологической политик, создающего объективные предпосылки для повышения уровня жизни и снижения энергетической бедности в энергодефицитных регионах, а также получения синергетического эффекта от использования новых возможностей развития сектора ВИЭ в регионах с исторически сложившимся высоким уровнем развития традиционной энергетики.

Практическая значимость работы:

Полученные авторские научные и практические результаты способствуют укреплению обоснованного представления значимости возобновляемой энергии в формировании инновационного уклада экономики будущего. Сформулировано значение энергетической отрасли Российской Федерации в системе мирового энергообеспечения в период перехода мировой экономики на углеродно-нейтральный путь развития.

Разработана структура концепции регулирования баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии как основы устойчивого

развития отечественной экономики на основе методологических рекомендаций по активизации инновационного развития ВИЭ, представляющих интерес для государственных органов власти как при совершенствовании законодательной базы регулирования производства возобновляемой энергии, так и при разработке стратегических документов активизации использования возобновляемой энергии субъектами экономики.

Полученные практические результаты могут быть применены в образовательных программах подготовки бакалавров и магистров по инновационному и энергетическому менеджменту, а также в системе дополнительного профессионального образования MBA и MPA.

Степень обоснованности научных выводов и положений представленной диссертационной работы обеспечиваются применением общепризнанных теоретических постулатов оценки инновационных направлений бизнес-развития, методов экономического моделирования и финансово-экономического анализа, принципов статистического наблюдения.

Реализация и апробация результатов работы. Ключевые положения и результаты диссертационного исследования докладывались на международных практических конференциях «Современный мегаполис: формирование зеленой экономики», прошли апробацию при оценке применимости возобновляемой энергии на собственных объектах Трубной металлургической компании, обсуждались на научно-практическом семинаре «Экономика энергетики и окружающей среды» МГУ им. М.В. Ломоносова, использовались в программах дополнительного образования MBA ВШМБ Института экономики и управления крупными городами в Московском Международном университете, а также были использованы в учебном процессе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», а также в Институте финансов и устойчивого развития РАНХиГС.

Предложенные в диссертационной работе методические положения и практические рекомендации по сбалансированному применению возобновляемой и невозобновляемой энергии используются при оценке эффективности проектов государственно-частного партнерства, реализуемых Негосударственным институтом развития «ТРАНСПРОЕКТ» (обществом с ограниченной ответственностью).

Публикации. По теме настоящего диссертационного исследования опубликованы 32 научных работы объёмом 74,28 п.л. (включая четыре авторских монографии объёмом 53,8 п.л.), из них 21 печатная работа в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки РФ, в том числе 9 печатных работ в изданиях рекомендованных РАНХиГС.

Структура и объём диссертации сформированы в соответствии с ключевой целью данного исследования и поставленными задачами, последовательно решаемыми в диссертации. Диссертация включает в себя 477 страниц машинописного текста и состоит из введения, четырех глав, выводов по каждой главе, заключения, списка литературы, приложения. Диссертационная работа имеет 46 таблиц, 73 рисунка и список литературы из 444 использованных источников.

ГЛАВА 1. Теоретические основы развития и обеспечения баланса производства возобновляемой и невозобновляемой энергии.

1.1. Исторические предпосылки формирования современной классификации источников энергии.

Вот уже несколько десятилетий продолжаются экономические и технологические споры о целесообразности приоритетного использования возобновляемых источников энергии.

Научные школы разной направленности доказывают и опровергают степень их эффективности и конкурентоспособности по сравнению с ископаемой[2,3] энергетикой, формулируют новые этические вопросы экологической ответственности перед будущими поколениями. Дискуссионные споры не прекращаются даже в непростой обстановке настоящего времени, предполагающем ускоренный переход к низкоуглеродной и впоследствии к полностью углеродно-нейтральной экономике.

Множество различных определений наименования, относящихся к данному сегменту энергетики, а теперь уже и заметной отрасли экономики, встречаемых в экономической и технической литературе не меняют её сути: возобновляемая, альтернативная, нетрадиционная, безуглеродная, зеленая, однако могут подразумевать также и атомную энергетику.

Контролируемое использование энергии деления атомного ядра является одной из наиболее инновационных и специфичных технологий современности, обеспечивающей безусловное соответствие группе альтернативных источников энергии (АИЭ), но обособляет её от прочих, не

[2] Constable J. Renewables Won‘t Keep the Lights On. URL: http://www. standpointmag.co.uk/node/3639/full (дата обращения: 21.05. 2017).
[3] Sharman H. Renewables Won’t Keep the Lights On. The Oil Drum. URL: http://www.theoildrum.com/pdf/theoildrum 7340 (дата обращения: 08.10.2017).

использующих традиционное ископаемое топливо секторов энергетики, в том числе, образовавшегося на базе того же (в основном), но естественного неконтролируемого ядерного процесса сектора геотермальной генерации.

Данная двойственность создает предпосылки для неоднозначной классификации, тем не менее точность определения возобновляемой энергетики заключается в принципе естественной восполняемости условно неисчерпаемого и повсеместного первичного ресурса[4], что по совокупности критериев исключает как традиционные источники энергии (ТИЭ), состоящие из угля, нефти и природного газа, так и атомную энергетику. Таким образом, наиболее приближенное к сущности данного вида энергии определение вынесено в заглавие настоящей работы: возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

Понятие условности возникает в силу ограниченности некоторых естественных явлений по одному из свойств, как, например, образование биомассы в процессе определенной хозяйственной деятельности или наименьшая территориальная распространенность геотермальной энергии.

Таким образом, возобновляемая энергетика использует следующие, во многом взаимосвязанные, естественные явления[5]: солнечное излучение, перемещение воздушных ресурсов (ветер), перемещение гидроресурсов (течения, волны, приливы и отливы), образование биомассы, кинетическая энергия искусственных процессов и энергия недр Земли.

Использование биомассы представляет наиболее распространенный способ производства возобновляемой энергии и имеет несколько типов классификации, в основе которых лежит происхождение биомассы, её агрегатное состояние, подверженность к биологическому разложению и конечный тип биотоплива (как результат переработки, при наличии).

Более чем девять десятых биотоплива занимают твердые

---

[4] Бучнев А.О. Инновационное развитие возобновляемой энергетики как основного компонента экономики будущего. Москва : «Антарес», 2016. С.20.

[5] Ахмедов Р.Б. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / Р.Б. Ахмедов, А.Д. Передрий. – Москва : О-во «Знание» РСФСР, 1988. С. 18.

биоэнергоресурсы. Дрова формально являются подвидом возобновляемого ресурса, не требуют сложных технологий производства, их определенная неэкологичность компенсируется широкой доступностью и применяются они не только в развивающихся странах. Тем не менее, энергетический эквивалент сахарных культур (свекла и тростник), крахмальных, зерновых, масличных культур не менее высок, чем у древесных и лесных отходов. По экспертным оценкам известно, что применение после соответствующей переработки 12 миллиардов тонн сухого органического вещества, что составляет 10 процентов от всего формируемого фотосинтезом вещества на Земле, позволит исключить потребление нефти[6] как вида топлива, наконец начав её использовать как продукт глубокой переработки, как и завещал нам великий соотечественник, ученый Д.И.Менделеев.[7] На данном аспекте положительного замещения возобновляемой энергетики традиционных ископаемых источников для эффективного использования нефти автор более подробно остановится в четвертой главе.

Отходы, в данном контексте, являются частным, но чрезвычайно значимым фактором устойчивого развития, представляя особый ресурс, практически полностью восполняемый в результате хозяйственной деятельности человека: твердые отходы жизнедеятельности городов по принципу 3R (Reduce, Reuse, Recycle), отходы сельского и лесного хозяйства (в том числе целлюлозно-бумажных предприятий)[8].

В связи с этим, согласно «Руководству по энергетической статистике» Международного энергетического агентства[9] отходы выделяются в отельную категорию учета энергетических показателей, что наравне с разделением

---

[6] Шомин А.А. Биоэнергетика. Состояние и перспективы. URL: http://www.diagram. com.ua /list/ alter-energy/alter-energy196.shtml (дата обращения: 15.07.2018).

[7] Чугаев Л.А. Дмитрий Иванович Менделеев : Жизнь и деятельность / Проф. Л. А. Чугаев. - Ленинград : Науч. хим.-техн. изд-во, 1924. С. 42.

[8] Варфоломеев С.Д., Моисеев И.И., Мясоедов Б.Ф. Энергоносители из возобновляемого сырья // Вестник РАН. 2009. Т.79. № 7. С. 597.

[9] Мандил К. Руководство по энергетической статистике / OECD, Международное энергетическое агентство, Eurostat. - Paris : ОЭСР / МЭА, 2007. С.18.

биомассы на три категории (твердая, жидкая и биогаз), выделяет следующие виды ВИЭ: солнечная, ветровая, гидроэнергетическая, геотермальная, энергия приливов и отливов.

В общем виде, включающем все основные источники энергии (рис.1), ВИЭ разделяется на сектор биотоплива и отходов, который, наравне с «большой» гидроэнергетикой, охватывающей только объекты промышленной генерации электроэнергии, которые традиционно обеспечивают наибольшие объёмы производства возобновляемой энергии, в то время как группа прочих ВИЭ включает остальные вышеперечисленные виды возобновляемой энергии (составляет одноименный сектор). Данная структура является наиболее распространенной и устоявшейся[10] классификацией источников энергии, что обусловливает её использование в настоящем диссертационном исследовании, несмотря на стремительно возрастающую значимость ветровой и солнечной генераций и целесообразность их выделения в самостоятельный кластер в составе ВИЭ.

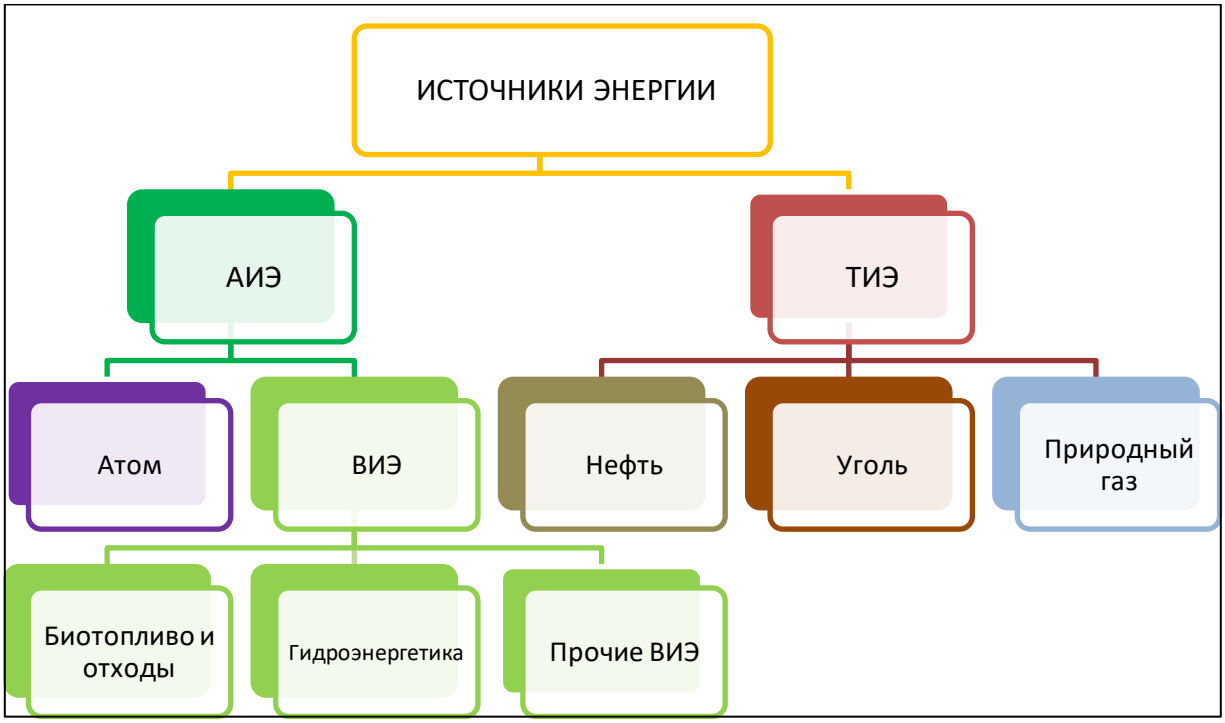


Рис. 1 Классификация источников энергии, адаптировано автором.

[10] Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайделл, А. Уэйр; Перевод с англ. [и предисл.] В. А. Коробкова. - Москва : Энергоатомиздат, 1990. С.14.

Стоит отметить, что производство электрической энергии является единственным целевым предназначением использования некоторых из ВИЭ. Это справедливо в отношении гидроэнергетики (в целом), ветровой, волновой и приливной энергетики. Использование энергии солнца позволяет производить как электроэнергию (фотовольтаика), так и тепло, но в отношении последнего оно показывает сравнительно меньшую экономическую эффективность (будет более подробно рассмотрено в 3 главе настоящего исследования). По этой причине именно в электроэнергетике процессы взаимного замещения возобновляемых и невозобновляемых источников энергии происходят наиболее явно, в то время как по отношению к прочим сценариям использования первичных ресурсов в энергетике имеются однозначные, но более умеренные тенденции.

Тем не менее, в контексте настоящего диссертационного исследования наиболее важным представляется акцент на социально-экономической составляющей проектов в области энергетики поскольку сугубо энергетическая эффективность является значимым, но не решающим критерием, как для инвестиционных решений, так и государственной стратегии в этой отрасли в настоящее время.

Число современных государств, определивших возобновляемую энергетику ключевым вектором своего инновационного развития не только энергетики, но и экономики, постоянно растет и достигло абсолютного большинства, что позволило 137 из них поставить своей целью достижение углеродной нейтральности, 124 из них определили срок для этого не позже 2050 года. Ожидается, что первой из европейских стран, достигших рассматриваемой цели, станет Финляндия[11] в 2035 году, опередив Австрию (2040 г.) и Германию (2045 г.). Сложно привести другой подобный пример общего понимания в выборе направления национального и мирового

11 Race to Net Zero: Carbon Neutral Goals by Country. URL: https://www.visualcapitalist.com/race-to-net-zero-carbon-neutral-goals-by-country (дата обращения: 01.10.2021).

развития, с таким же количеством стран, признающих его важность и эффективность для экономики и экологии собственных государств.

Разработанные долговременные государственные стратегии по стимулированию возобновляемой энергетики, пройдя долгий путь от краткосрочных локальных программ, связанных с преодолением экономических и политических кризисов ископаемой энергетики, вызванных необходимостью экономить энергоресурсы, привели к смене парадигмы мирового развития, основанной на экологически чистой и эффективной экономике, не наносящей урон окружающей среде, эффективно создающей новые рабочие места, направленной на преодоление энергетической и экономической бедности, что в конечном счете способствует росту уровня жизни большего количества стран и снятию социальной напряженности.

Микрогенерация (в широком смысле термина) является задачей государственной энергетической политики для обеспечения территорий, не имеющих подключения к централизованному энергоснабжению и ВИЭ, в данном случае, доказав свою эффективность еще на этапе своего становления как сектора энергетики благодаря наличию значительной экономии средств при отсутствии привозного и дальнепривозного топлива.

В то же время, при наличии подключения к централизованному энергоснабжению энергетическая значимость ВИЭ уступает место социально-экономической, поскольку возникает экономия от уменьшения потребления сетевой энергии на индивидуальном и близких к нему уровнях. Небольшая по объёму частная возобновляемая энергетика европейских стран и США уже сейчас существенно уменьшила расходы их владельцев на приобретаемую энергию и сформировала для большинства из них дополнительный доход от продажи избытка выработанной энергии на фоне повышения автономности и надёжности энергоснабжения домашних хозяйств.

Можно отметить, что в секторе частного использования ВИЭ, возобновляемая энергетика проявила функции саморегулируемой

стремящейся к расширенному воспроизводству открытой системы, стимулирующей владельцев генераторов ВИЭ перейти от стадии производства электрической энергии для собственных нужд к стадии дополнительной генерации энергии. Данный процесс породил новый общественный класс энергетических просьюмеров, по терминологии Э.Тофлера объединивших функций производства и потребления (producer&consumer), жизненный стиль «производителя для себя»[12].

Институциональные и экономические механизмы, вынесенные в заглавие настоящей диссертационной работы, в своей совокупности представляются автором ключевым элементом формирования энергетической парадигмы будущего, поскольку именно благодаря им постепенно формируется новая философия, определяющая суть современного развития общества, основанного на активном и сознательном применении возобновляемой энергетики, направленной на ответственное отношение к жизни будущих поколений, с пониманием и убеждением, что они должны получить в наследство экологически чистую, пригодную для продолжения жизни планету, как на уровне конкретных индивидуумов и локальных сообществ, так и на уровне правительств и государственных альянсов.

Безусловно, институциональная среда априори включает в себя правила взаимоотношений экономических агентов, а следовательно, и экономические механизмы могут быть интерпретированы как её составная часть. Всякое явление с выраженным социально-экономическим эффектом не может не иметь связи с институтами, которые согласно Д.Норту служат задаче структурирования человеческих взаимоотношений благодаря набору ограничений, которые, в свою очередь, можно определить как набор формальных и неформальных правил, присущих конкретному обществу. Также, содержание каждой экономической модели зависит от конкретных

[12] Тофлер Э. Третья волна / Элвин Тоффлер ; [пер. с англ. К. Ю. Бурмистрова и др.]. - Москва : АСТ : АСТ Москва, cop. 2009. С.191.

институтов[13] и может радикально отличаться как по отношению к одному обществу в разные моменты времени, так и к разным обществам, существующим в едином историческом пространстве.

Институциональные и экономически механизмы в данном отношении являются основными составляющими единого синергетического процесса, определяющего вектор социально-экономического развития общества. По этой причине конкретные подходы к задаче трансформации одной из сфер хозяйствования (энергетики, в контексте настоящего исследования) в масштабах отдельно взятого государства, должны быть результатом анализа существующего собственного и мирового опыта и оценки «приживаемости» предлагаемых решений с точки зрения институтов общества в целом.

Рассмотрим исторические аспекты появления и взаимной конкуренции различных источников энергии, приведших к формированию понятий альтернативной и традиционной энергетики, равно как и причины, способствующие необходимости приоритетного развития группы ВИЭ в данном контексте.

Опуская в рассмотрении первоначальный опыт человечества, направленный, в основном, на защиту себя и своего жилища от воздействий окружающей среды и перейдя в более осознанную фазу его развития, когда пришло понимание разумного применения природных возможностей, в том числе и источников возобновляемой энергии.

Древнейшим используемым источником энергии считается солнечное тепло (солнечная энергия, в современной терминологии) и позже тепловая энергия от сжигания древесины. Ключевым событием данного этапа становится осознанное желание сохранить энергию и запасти её источник в виде восполняемого ресурса - дров. В период неолита между 5 и 3 тысячелетиями до н.э. встречаются первые свидетельства осознанного

[13] Норт Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики / Пер. с англ. А.Н. Нестеренко; предисл. и науч. ред. Б.З. Мильнера. — Москва : Фонд экономической книги «Начала», 1997. С.21.

плавления металлов, в первую очередь меди, что можно считать моментом появления нового предназначения огня наравне с базовыми функциями обогрева и защиты. Одновременно с этим древесный уголь становится особым топливом, поскольку относительно других наиболее распространенных горючих материалов этого времени обладает наибольшей теплоотдачей. Также, в регионе Восточного Средиземноморья встречаются свидетельства использования бурого угля в качестве топлива около 2 тыс. лет до н.э., что служит закономерным развитием использования первого из ископаемых источников энергии. Стоит отметить, что мы не рассматриваем собственную мускульную энергию и энергию животных, которые формально также являются восполняемыми видами энергии на определенном временном интервале. В целом, этап навыка сохранения огня и использования огня можно считать завершённым к пятому веку нашей эры.[14]

Использование солнечной энергии в качестве источника возобновляемой энергии впервые упоминается при обогреве дворца турецкого султана в пятом веке до нашей эры, а также при технологическом процессе - выпаривании морской воды при получении соли. Примерно к тому же временному периоду относится упоминание не только об использовании газа и нефти как способа «удержания света» в Китае, но и появление инновации в виде использования бамбука в качестве своеобразного трубопровода.

В работах Архимеда мы впервые встречаем применение солнечной энергии в военных целях, когда сконцентрированная 70 сферическими зеркалами солнечная энергия позволила поджечь деревянный корабль на расстоянии при обороне Сиракуз, что интересно данный опыт был повторен в 1973 году на макете римского корабля на удалении порядка 50 метров от установленных зеркал[15].

---

[14] Алексеев Г.Н. Энергоэнтропика / Г. Н. Алексеев. – Москва : Знание, 1983. С. 43.

[15] Archimedes Weapon // Time Magazine. November 26, 1973. URL: http://content. time.com/time/magazine/article/0,9171,908175,00. html?promoid=googlep (дата обращения: 05.04.2019).

Таким образом, уже в древнем мире возобновляемая энергия использовалась для обогрева, в технологических (производственных) и в военных целях. Заметим, что все приведенные примеры являются классическим определением инновационных решений с абсолютной новизной[16].

В дальнейшем, новым этапом в развитии возобновляемой энергетики стало применение движущей энергии воды и ветра для работы первых мельниц. По оценкам историков, энергия, получаемая посредством водяных колес, ведет свою историю с первого века до нашей эры (конструкция с использованием зубчатой передачи, описана римским инженером Витрувием, в своей десятой книге, в пятой главе, посвященной водяным колесам и мельницам[17]). Но активное применение данных источников энергии датируется пятым - седьмым веком нашей эры, чему способствовал информационный и технологический обмен, свойственный этапу переселения народов[18].

Приведем несколько характерных исторических примеров.

Во Франции в конце первого века нашей эры[19] действовал водяной механический мукомольный комплекс, состоящий из 16 колес, известный как «Barbegal», вблизи города Алерт, обеспечивая помол до 4,5 т/сутки.

В ряде исторических источников можно найти и первые упоминания об экономической сравнительной эффективности возобновляемой энергии по отношению к другим, известным в то время энергиям, а именно - водяное колесо может заменить до десяти лошадей или до сотни работников.

---

[16] Бучнев А.О. Инновационная и инвестиционная активность в возобновляемой энергетике // Проблемы теории и практики управления. 2017. № 12. С. 55

[17] Десять книг об архитектуре / Витрувий ; Пер. Ф. А. Петровского. - Москва : Изд-во Всес. акад. архитектуры, (Классики теории архитектуры/ Под общ. ред. А. Г. Габричевского). 1936. С. 198.

[18] Урланис Б.Ц. Рост населения в Европе : (Опыт исчисления). - Москва : Госполитиздат, 1941. С. 22.

[19] Greene K. Technological Innovation and Economic Progress in the Ancient World: M.I. Finley Re-Considered. The Economic History Review, New Series, Vol. 53, No. 1. (Feb., 2000), P.29.

Постепенно росли технические характеристики мельниц, особенно с появлением железных осей. Использование металлических соединений, позволявших увеличивать геометрические размеры колеса, ко всему прочему повышавшими не только мощность, но и надежность колеса, а также срок его использования без дополнительного ремонта.

Например, французский рекорд производительности мукомольного комплекса «Barbegal» был преодолён к десятому веку нашей эры в Ираке, где мельницы из железа и тика, установленные на кораблях, выведенных в быстрину реки Евфрата и поставленные на якорь, вырабатывали 10 тонн муки в сутки. Как видим, кроме применения конструкционных инноваций, использовалось естественное ускорение потока воды не только размещением мукомольных комплексов на кораблях (способ известен с пятого века н.э., когда Велисарий, отрезанный от воды готами, установил мельницы на лодки в быстрины рек выше места осады), но и размещая мельницы между опорами мостов. Кроме экономических оценок роста производительности труда постепенно появляется понятие разумной мощности и оценки коэффициента полезного действия преобразования энергии воды.

Так называемые нижнеприводные колеса, эффективно использующие энергию воды в узких и быстрых протоках, достигали 35 процентов КПД, а с применением определенных инноваций того времени (в данном случае – модифицирующих) позволивших использовать энергию падающей воды на верхнеприводное колесо, данный параметр возрастал до 80 процентов. Увеличивающаяся мощность использования данного возобновляемого источника и возможность подведения к нему воды в удобном для производителя месте, позволяла применять его не только в качестве мельницы, но и для распиловки древесины, в нарождающейся металлургической промышленности при ковке железа и заточке обрабатывающего инструмента (в Швеции, упоминается с 1197 года), при изготовлении сукна (в текстильной промышленности на территории

современной Германии, упоминается с 1223 года), в производстве бумаги (в Испании, упоминается с 1238 года)[20].

Наиболее важным среди приведенных примеров является развитие металлургической промышленности, поскольку между 1150 и 1350 гг. в Швеции осваивается отливка чугуна, которая позволила значительно увеличить качество железной продукции, но, в то же время, требовала чрезвычайно много чистой тепловой энергии, что исключало возможность использования ископаемого угля, содержащего недопустимые для технологии примеси. По этой причине резко возрастает потребность в производстве древесного угля, которая обуславливает конкурентное преимущество стран с значительными запасами древесных ресурсов (Швеция, в первую очередь), а также запускает процесс ускоренного обезлесивания, что, помимо прочего, является негативным примером использования возобновляемой энергии.

Таким образом, в средние века росло число производственных и технологических процессов с использованием возобновляемой энергии, в то время как природный газ и нефть по-прежнему использовались наименее эффективным способом, о чем свидетельствуют воспоминания знаменитого итальянского путешественника Марко Поло периода третьей четверти тринадцатого века, описавшего, как жители Апшеронского полуострова поджигают некую жидкость для получения огня и света, а также повторил наблюдение об использовании газа в Китае. Двумя веками позднее русский купец и путешественник Афанасий Никитин сделал похожие записи во время пребывания в Персии и Индии. Только ископаемый уголь относительно широко использовался в качестве топлива для обогрева помещений, но также был ограничен в числе прочих способов применения.

[20] Информационный центр гидроэнергетики. URL: http://www.hydromuseum.ru/history-of-hydropower/ancient-ages/Vodyanoe_koleso (дата обращения: 03.04.2019).

На Руси использование возобновляемой энергии воды началось в XI веке, в основном на юге, в Галицком и Волынском княжествах[21]. Что характерно в северных землях, в Новгороде, использование водяных мельниц пришло значительно позже, согласно найденной берестяной грамоте, отнесенной к концу XIV века[22]. Не менее интересен опыт Англии, использовавшей в XI веке новый вид возобновляемой энергии - приливную энергию, шедшую в основном на работу мельниц. Данная информация дошла до нас благодаря желанию Вильгельма Завоевателя обложить налогом свои новые владения. Перепись официально носила название «Liber judiciariuc sen censualis Willelmi I regis Anglice»[23] (в историю вошла как «Domesday Book») и сообщала, что новое приобретение Вильгельма Завоевателя среди прочего имущества и земель имеет 5624 мельниц на водяном приводе.

В России подобный опыт получил распространение во второй половине XVI века, он заключался в использовании приливной силы Белого моря, но уже в целях обработки древесины.

Разделение на водяные и приливные станции (в современном смысле) произошло несколько позже, когда были изданы таблицы приливов. Примерно с XIII века в Англии собиралась, обрабатывалась и систематизировалась информация о приливах, в основном для целей мореплавания, но, поскольку река Темза имела «приливной характер», данная информация включала в себя такие параметры как время максимума и минимума уровней воды и времени их продолжительности (первый печатный подобный сборник вышел в 1528 году)[24]. Можно отметить определенный опыт инновационного моделирования приливов, значительно

---

[21]Рыбаков Б. А. Ремесло древней Руси / Б. А. Рыбаков ; ответственный редактор академик Б. Д. Греков ; Академия наук СССР. - Москва: 2-я тип. Изд-ва Акад. наук СССР, 1948. С. 568.

[22] Арциховский А. В. Раскопки 1955 г. в Новгороде // Вопр. истории. 1956. № 3. С. 70.

[23] Урланис Б.Ц. Рост населения в Европе : (Опыт исчисления). - Москва : Госполитиздат, 1941. С. 45.

[24] Безруков Ю.Ф. Океанология. Часть II. Динамические явления и процессы в океане / Ю.Ф. Безруков. - Симферополь: Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, 2006. С.43.

позже примененный при проектировании приливной электростанции в заливе Фанди и в Сен-Мало.

Рассмотрим применение следующего вида возобновляемой энергии. Использование ветровой энергии ведет свой отсчет с первого века до нашей эры. Первые ветровые двигатели в виде колес появились в первом веке нашей эры в значительно территориально удаленных друг от друга Китае[25] и Египте[26]. Если в водяном колесе поток раскручивал одну его сторону, то для применения силы ветра потребовалась техническая инновация: специальная стенка, препятствующая торможению ветром второй части колеса.

Начиная с девятого века ветровые машины пришли в Европу, постепенно расширяя свое предназначение от помола зерна к подъёму воды с глубины и вращению обрабатывающих механизмов, применив в двенадцатом веке (первое упоминание в 1143 году) модифицирующую инновацию – вертикальное колесо с различными вариантами лопастей. Через полвека, по другим источникам сорок лет, появился поворотный механизм, позволяющий ориентировать мельницу по ветру (первое упоминание в 1180 году). Понадобилось пять с половиной веков, чтобы автоматизировать и этот процесс. Эдмунд Ли получил английский патент (защита авторского права началась с 1710 года в Англии) в 1745 году на конструкцию, автоматизирующей разворот посредством второго небольшого ветрового колеса[27]. Через некоторое время (1772 год, Эндрю Мейкл, шотландец) пришло понимание как уберечь конструкцию от ураганов, когда была предложена конструкция крыльев с убирающимися шторами.

Надо отметить, что история ветровой энергии наполнялась замечательными инновациями, позже нашедшими применение в других

---

[25] Колодин М.В. Ветер и ветротехника / Под ред. И. С. Астаповича; Акад. наук Туркм. ССР. Ин-т физики и географии. - Ашхабад: Изд-во Акад. наук Туркм. ССР, 1957. С.97.
[26] Ветроэнергетика. Под ред. Д. де Рензо: Пер. с англ.; под ред. Я. И. Шефтера. — Москва : Энергоатомиздат, 1982. С.211.
[27] Lewis F. L. History of feedback control. URL: http://userspages.uob.edu.bh/ ebrgallaf / history_of_feedback_control.pdf (дата обращения: 05.04.2019).

областях. Второе управляющее колесо явилось по сути одним из первых элементов будущего автоматического управления системой[28], а убирающиеся шторки – одним из элементов предупреждения чрезвычайных ситуаций в производственно-технологическом процессе.

Уместно отметить, что определенную степень «универсальной инновационности» ветровой энергии отмечал и К. Маркс, рассуждая о том, что недостаток у голландцев природных водопадов вынудил их применить ветер: «в ходу 12000 ветряных мельниц в 6000 лошадиных сил, которые предохранили две трети страны от обратного превращения в болото»[29]. Именно голландские мастера первыми использовали энергию ветра для использования её в маслобойне (1582 г.) и при производстве бумаги (1584 г).

Во Франции в начале восемнадцатого века использовалась энергия ветра для движения корабля вне зависимости от его направления.

Упоминание об использовании ветровой энергии в России относится к XVII веку в качестве привода для мельницы в новгородских землях[30].

Дальнейшее использование описанных четырех видов возобновляемой энергии (энергия падающей и приливной воды, ветра, солнца и твердой биомассы, в основном дров) не отвечало задачам нарождающегося нового промышленного уклада.

Дополнительным отдельным негативным примером использования биомассы служит китобойный промысел, наиболее развившийся в начале XVII века. Благодаря своим горючим свойствам китовый жир широко использоваться для освещения, а также как смазочный материал, что несмотря на его высокую стоимость, создавало спрос, превышающий предложение, и фактически поставило под угрозу исчезновения популяции некоторых из видов китов. Стоит отметить, что к этому времени древесный

---

[28] Bissell C.C. History of Automatic Control. URL: http://siamun.weebly.com/uploads /4/1/7/3/4173241/history_of_automatic_control.pdf (дата обращения 07.04.2019).

[29] К. Маркс. «Капитал». 1 т.,13 гл., прим. 93, Москва : Госполитиздат, 1949. С. 381.

[30] Филиппова Л.А. Из истории новгородских мельниц XVI-XVII вв. Новгородский исторический сборник, СПб.1997. вып.6 (16). С.2.

уголь также остается основным источником энергии для металлургической промышленности, приведя к массовым вырубкам лесных массивов.

Тем не менее, в энергетической отрасли вопросы накопления и мгновенного использования энергии всё большей мощности стали выходить на первое место. В 1589 году англичане Т.Проктор и У.Питерсон получают патент на процесс коксования угля для его использования в качестве топлива для нужд металлургической промышленности, что после ряда усовершенствований только в 1709 году было использовано А.Дерби для выплавки чугуна. Для Англии, как странны испытывавшей дефицит в древесных ресурсах относительно ближайших государств на протяжении 5 веков, это открыло возможность ускоренного роста промышленности и, с освоением Б.Хасманом технологии производства стали в 40-ых годах XVIII века стало одним из важных факторов индустриальной революции.

С освоением технологии коксования массовое производство древесного угля утратило свою целесообразность и его замещение со стороны ископаемого ресурса служит своеобразным примером временного позитивного влияния на экологию, которое впоследствии было нивелировано по мере дальнейшего роста спроса на энергию со стороны общества и ставшее одним из основных экологических вызовов современности.

Помимо прочего, хотелось бы отметить, что развитие металлургической промышленности в Европе доиндустриального периода является отличной иллюстрацией формы межотраслевого взаимодействия, поскольку характеризуется не только одним из первых примеров совместного использования мельниц и тепловой энергии в одном производстве, но и диффузии технологий. Качественный рост изделий из железа постепенно повышал надежность и эффективность преобразования энергии воды и ветра в механическую работу, которая, в свою очередь, повторно позитивно сказывались на производительности исходного производства.

Характерно, что значительно возросшая к концу семнадцатого века популярность угля как основного энергетического ресурса способствовала изучению его альтернативного использования. В 1691 году был описан технологический процесс сухой перегонки угля для получения горючего газа. Малая эффективность в сочетании с общей недооценённостью газа как вида топлива, сделала данное открытие химика Джона Клейтона средством развлечения публики. Тем не менее, именно эта технология, спустя более ста лет, обеспечит популяризацию газа как ресурса для освещения в Европе и России.

Также, достаточно поздно в Европе получила развитие идея применения теплоносителя вместо непосредственного контакта с огнем и продуктами горения в процессе обогрева помещений, хотя и была известна еще в древнем мире. Одно из последних упоминаний использования угольных жаровень, как открытого источника тепла без отвода воздуха относится к Англии, где данный способ использовался для обогрева отдельных залов парламента в 1790 году. Тем не менее, это служит отдельным примером непринятия инноваций, поскольку уже к XIV веку в Европе начинается использование огнекаменных печей для обогрева замков и монастырей, что можно считать условным началом развития современных технологий отопления, для которого следующим важным этапом стало появление огневоздушной системы столетием спустя. Эта система, одним из первых применений которой считается обогрев Грановитой палаты Московского Кремля, первоначально была известна как русская и легла в основу современного печного отопления. Только с середины XVIII она получила первые значительные усовершенствования, связанные в основном с увеличением протяженности и формой дымоходных каналов, однако главным из них стала возможность эффективного нагрева проточного воздуха (калорифер). Одновременно с этим появляются идеи водяного и парового отопления, которые к концу века составляют непосредственную конкуренцию огневоздушной системе. Стоит заметить, что также

предпринимались попытки альтернативных способов обогрева помещений на базе огневоздушного принципа, однако все они не выдержали проверку временем.

Появление первых паровых машин, их постоянное совершенствование ко второй половине восемнадцатого века решили вопросы длительного использования энергии[31]. Определенным символом отказа от возобновляемых источников энергии для «эпохи пара» стало пересечение атлантического океана пароходом в 1838 году[32]. Через 10 лет после этого настало важное событие истории нефтяной промышленности: на Апшеронском полуострове была пробурена первая нефтяная скважина, а еще через год Абрахам Геснер, экспериментируя со свойствами нефти получил керосин, что положило начало стремительному росту ценности нефти как сырьевого товара.

Стоит заметить, что именно керосин стал товаром-субститутом для китового жира, который несмотря на предельное снижение цены не смог составить конкуренцию новому виду горючего. Фактически, именно благодаря использованию нефти образовался благоприятный экологический эффект и китобойный бизнес потерял рынок сбыта в части средства для освещения. Однако такая проблема как недопустимо низкий коэффициент полезного действия требовала больше ископаемого или, как мы теперь формулируем, невозобновляемого топлива, что сказывалось на ухудшении экологии промышленных городов.

Тем не менее, нефтехимия и нефтедобыча стали наиболее перспективными областями и начали аккумулировать значительные инвестиции. В 1865 году Джоном Рокфеллером была основана нефтяная компания Standart Oil, которая станет впоследствии первым объектом пристального внимания антимонопольного законодательства США. В то же

---

[31] Конфедератов И. Я. История теплоэнергетики. Начальный период (17-18 вв.) / И.Я. Конфедератов – Москва : Госэнергоиздат, 1954, С.54.

[32] Crump T. A Brief History of the Age of Steam: From the First Engine to the Boats and Railways, 2007, P.17.

время, транспортная компания Маркуса Самуэля, оперирующая на Ближнем Востоке, начинает заниматься перевозкой керосина, что определит её основную деятельность под брендом Shell[33].

Отдельным значимым событием энергетики стала первая теплоцентраль, сконструированная под руководством Б.Холли в г.Локпорт (США) в 1878 году для распределения отработанного пара по нескольким зданиям, что благодаря бурному росту американских городов и не достаточно сформировавшейся инфраструктуре того времени позволяло раскрыть потенциал этого новшества в полной мере. Для Европы и России оно приобрело значительные масштабы только в 20-х годах XX века.

Только с открытием всех универсальных возможностей электричества, человечество подошло к разумному решению проблем своего энергообеспечения. Способы выработки электроэнергии вернули интерес инвесторов и изобретателей к возобновляемым источникам энергии. Также стоит отметить, что рост популярности электрического освещения в первую очередь оказал негативное воздействие на рынок керосиновых ламп и нефтяной промышленности в целом, что было позитивно с точки зрения экологии, в то время как общества газового освещения имели менее чувствительную реакцию на появление электричества в данной области в силу развитой инфраструктуры и устоявшихся производственных цепочек.

В 1888 году в Соединенных Штатах Америки вступила в строй одна из первых ветроэлектростанций мощностью 12 кВт и проработала порядка двух десятилетий[34].

Годом ранее в Шотландии Дж. Литт построил ветрогенератор, который не только являлся технологической инновацией для своего времени, но и инновацией финансовой и управленческой, поскольку местному городу было

[33] Shell official website. URL:https://www.shell.com (дата обращения: 01.11.2021).
[34] Righter R. W. Wind Energy in America: A History. University of Oklahoma Press. 1996. P. 44.

предложено покупать энергию, образующуюся сверх целевой выработки, необходимой для освещения колледжа Андерсона.

Сопутствуя ветроэлектроэнергетике, возрождался и другой возобновляемый источник энергии все больше привлекая внимание инноваторов: значительные объемы электроэнергии начинали вырабатываться посредством энергии падающей воды. Вначале получила широкое развитие малая энергетика и, далее, в первой половине XX века - крупная гидроэнергетика.

Тем не менее, на этот момент времени возобновляемая энергия остается на втором плане. Так, отчасти из-за территориального расположения новых производств, более четырех пятых электроэнергии начинает производиться на основе ископаемого топлива – угля, нефти, мазута и позже газа, невостребованность которого сохранялась до конца XIX века. Во многом это было обусловлено сохранением производства на базе каменного угля и широким использованием его для нужд освещения.

В то же время, продукты нефтехимии этого периода не только успешно конкурировали с углем, но и находили применение в зарождающихся рынках коммерческого и частного транспорта. Так двигатель Рудольфа Дизеля (1890) лег в основу транспортных средств недосягаемой прежде мощности, автомобили с бензиновым двигателем Карла Бенца и Вильгельма Даймлера (1886) и Генри Форда (1896) стали ключевыми для развития автомобильного рынка, а полет братьев Райт (1903) положил начало авиастроительной отрасли, которая уже к первой четверти XX века предъявила наиболее жесткие требования к качеству топлива.

Также, с началом двадцатого века настал переломный момент и для газа, который начал применяться как вид топлива в производстве, что к середине 40-х приобрело промышленный характер вследствие освоения массовой добычи природного газа, используемого в настоящее время.

Показательно, что к 1946 году было закончено строительство газопровода Саратов-Москва, который обеспечил фабрики, электростанции

и отдельные квартиры жителей столицы централизованными поставками новейшего топлива своего времени, что в контексте настоящего исследования служит обратным примером замещения ВИЭ, поскольку позволил городу в целом экономить до 3 млн. $м^3$ дров ежегодно.

Характерно, что использование ископаемого топлива происходит в течении долгого времени практически по одной технологической схеме. Отводимое тепло сжигаемого топлива используется для превращения воды в компримированный (высокого давления) пар, который раскручивает посредством паровой турбины генератор электрического тока. С появлением знаний, позволяющих управлять атомной энергией для выработки электроэнергии, данная схема практически не меняется. Реактор генерирует тепло, которое через два контура превращает ту же воду в пар.

Известно высказывание профессора Китайгородского, отметившего, что современная «атомная электростанция напоминает мне телегу, которую движет великолепный восьмицилиндровый двигатель»[35].

Тем не менее, с запуском первой в мире АЭС в 1954 году (ст. Обнинское, СССР) началось использование мирного атома для промышленной генерации электроэнергии[36], что окончательно сформировало классификацию основных типов источников энергии, используемых в настоящее время. Атомная энергетика стала одним из ключевых приоритетов развития энергетики технологически-развитых стран и на протяжении четверти века развивалась наиболее динамичными темпами, представляя во многом идеальную альтернативу сектору традиционных источников энергии. К 1980 году в 22 государствах мира действовало 253 АЭС суммарной мощностью 135 ГВт и еще 230 станций на 200 ГВт суммарно находились в состоянии строительства[37]. Стоит отметить, что Обнинская

---

[35] Чирков Ю.Г. Занимательно об энергетике. — Москва : Молодая гвардия, 1981. С. 75.
[36] История атомной промышленности России. URL: https://rosatom.ru/about-nuclear-industry/ history (дата обращения: 01.09.2021).
[37] Char N.L and Csik B.J. Nuclear power development: history and outlook // IAEA Bulletin. 1987. №3. P.19.

АЭС к этому моменту продолжала функционировать и в общей сложности отработала безаварийно 48 лет, что на 18 лет превысило первоначально ожидаемый срок службы.

Тем не менее, вернемся к этапу активного использования энергии, получаемой из невозобновляемых ископаемых источников.

Продолжительное (даже по историческим меркам) время формировало потребность в постоянном увеличении мощности и объёма использования вырабатываемой энергии. Причем большинство понимало, что рост мощности практически прямо пропорционально ухудшает экологию, но человечество решало другие, в основном, экономические, а позже и военные задачи.

Появился такой характерный энергетический показатель, определяющий возможности национальной экономики, как среднедушевое энергопотребление, которое стабильно возрастало вдвое каждые пятьдесят лет. Этот спорный тренд периодически замедляли возникающие глобальные кризисы, которые, как известно, оставляли после себя такое явление как стагнацию, но, начиная с восьмидесятых годов прошлого столетия, эта тенденция (удвоение среднедушевого потребления каждые полвека) так или иначе восстанавливалась.

Помимо прочего, широкая доступность первичных источников энергии во многом была основным фактором распространения централизованных систем теплоснабжения с момента их появления, даже несмотря на неизбежные и значительные потери при транспортировке тепловой энергии по сравнению с электрической. В то же время, сопряженное производство тепла и электроэнергии (когенерация) является более эффективным способом использования первичного топлива, что также было одним из факторов, способствующих совместной доставки этих основных видов вторичных источников энергии потребителям.

Несмотря на зарождение рынка центральных котельных в США и практически двукратное превосходство по их количеству относительно

Европы в 1930, к числу основных лидеров центрального теплоснабжения начала 70-х можно отнести СССР, ГДР и Китай, в котором это направление энергетики получило развитие наиболее поздно (1950-е). Также не менее важен опыт Дании и Исландии, где исторически в качестве источника тепла использовались в основном отходы и геотермальная энергия соответственно.

Первый толчок к возвращению понимания важности массового использования возобновляемых источников энергии был связан с экономическим посылом необходимости экономии денежных ресурсов в период нефтяного кризиса 1973 года. К этому времени ВИЭ получили определенное развитие для решения в основном прикладных задач, не связанных с выработкой энергии в промышленных масштабах.

Как известно, разразившийся нефтяной кризис привел к ограничениям по снабжению традиционным топливом в ряде стран.

Например, Соединенные Штаты Америки предпочли жесткое нормирование мазута, приостановили переход отраслей национальной промышленности с угля на нефть, существенно сократили количество вылетов для авиации (стоит отметить, что с самолетов, которые продолжали летать, в целях снижения веса очистили краску), ввели сокращение рабочего дня ради экономии электроэнергии.

Энергоёмкие производства сталеплавильной и химической отраслей были вынуждены сократить производственный процесс. Соединенные Штаты Америки уменьшили собственные производства на 13 %, в Японии – на 20 %, в ФРГ – на 22 %, в Великобритании – на 10 %, во Франции – на 13 %, в Италии – на 14 %[38]. ФРГ, как страна, наиболее потерявшая от сокращения производства, но обладающая существенным научным и промышленным потенциалом[39], одной из первых стала системно развивать возобновляемую энергетику, опираясь на специально разработанные и

[38] Yergin D.H. The Prize: The Epic Quest for Oil, Money, and Power. USA, Simon & Schuster. 1991. P.25.
[39] Зарицкий Б.Е., Экономика ФРГ: учеб. Пособие / Б.Е. Зарицкий. Москва : Магистр. 2009. С. 86.

адаптированные к возможным энергетическим кризисам, долговременные цели применения возобновляемых источников энергии.

Отметим, что развитие ВИЭ началось с разработки и производства локальных систем генерации электроэнергии и тепла, обеспечивших появление индивидуальной распределенной энергетики менее подверженной сопутствующим рискам больших энергетических систем. В данный период времени подошел к концу полувековой цикл возрастания объёмов потребления первичной энергии, связанного с общемировым производством, в 5 раз увеличив экологическую нагрузку на окружающую среду.

Энергетический кризис 1973 года и его экономические и политические последствия сформировали новое отношение большинства правительств развитых стран к системному сбережению энергии, поставив вопрос о возможном истощении невозобновляемых природных ресурсов на уровень государственных стратегий, объединив решение вопросов энергоёмкости и энергоэффективности.

Стоит заметить, что рынок децентрализованного отопления не прекращал роста наравне с развитием централизованных систем, что было обусловлено в первую очередь меньшей конструктивной сложностью и потребностями территорий с малой плотностью застройки, не говоря о промышленных объектах, традиционно использующих собственные котельные. С началом первого нефтяного кризиса фактор топливной эффективности также послужил в пользу преимущественно индивидуальных решений в области теплоснабжения для большинства импортозависимых стран. Именно замедление спроса на энергию в сочетании с ожиданием ограниченного роста предложения энергии развитых стран поставило под сомнение целесообразность чрезвычайно дорогостоящих и мощных проектов в области атомной энергетики. Кроме этого, общая рецессия и инфляция крайне негативно сказались на стоимости строительства новых объектов отрасли. Кроме этого, для периода 70-х в США характерен общественный резонанс в связи с «Китайским синдромом», ставшим клише для лобби

противодействующему строительству новых АЭС, особенно усилившемуся после первой в истории отрасли аварии на Три-Майл-Айленд в 1979 году.

За два десятилетия после кризиса 1973 года, на фоне обособления атомной энергетики, как перспективной, но потенциально опасной отрасли, рынок невозобновляемых и возобновляемых топливно-энергетических существовали параллельно друг другу, имея отдельных производителей и потребителей, далее, по мере роста последнего, возобновляемая энергетика стала играть заметную роль и оказывать непосредственное давление на традиционную энергетику.

Если на первом этапе проявления системного интереса к возможностям возобновляемой энергии можно было говорить о достаточной степени воздействия высоких цен традиционных невозобновляемых ресурсов на активное развитие ВИЭ, то в дальнейшем данное ценовое влияние потеряло свою силу.

Оценим, как росли предпочтения инвесторов, работающих в секторе возобновляемой энергетики в зависимости от изменения цен на невозобновляемые ресурсы, и, в частности, нефтяных цен (рис. 2).

Первоначальная инвестиционная активность в секторе возобновляемой энергетики, была обусловлена ростом стоимости барреля нефти, однако, несмотря на её существенное снижение в кризисные периоды, объемы инвестиций в «зеленую» энергетику сохраняли положительную динамику.

Проверка корреляционной зависимости подтверждает отсутствие как прямой значимой связи между динамикой ценообразования нефти и инвестиций в области ВИЭ, так и при взаимном смещении рядов при процедуре проверки корреляции. В качестве дополнительной проверки нулевой гипотезы об отсутствии причинно-следственной связи между рассматриваемыми рядами был применен тест причинности по Грэнджеру, который показал её состоятельность (приложение 6).

Определенные колебания инвестиций в 2012-13, 2016 годах были связаны с технологическим удешевлением технологий генераторов

возобновляемой энергетики (причем за счет применения модифицирующих инноваций), например, в производстве солнечной энергии, что простимулировало рост установленных мощностей с 31 ГВт до 39 ГВт в 2013 году.

Интересно отметить, что в течение 2009 года после существенного снижения нефтяных цен, интегральная выручка от продажи солнечной, ветровой и биоэнергии увеличилась на 11,4% и достигла 139,1 миллиардов долларов США при постоянном снижении себестоимости возобновляемой энергии[40].

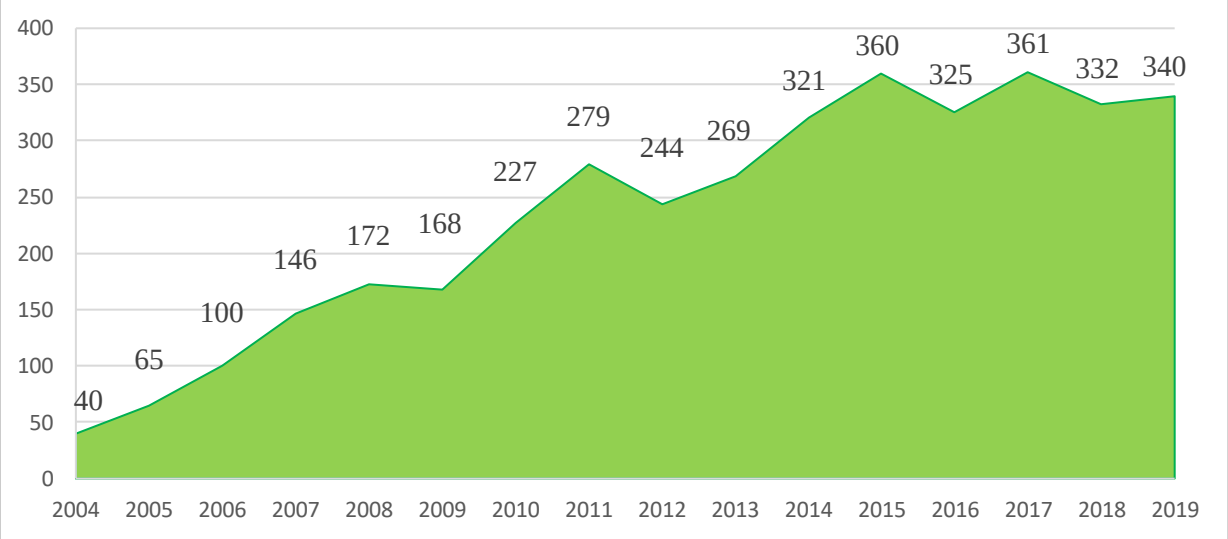


Рис. 2 Инвестиции в развитие ВИЭ, (млрд. дол. США). Адаптировано автором.

Также 2014 год, несмотря на очередной кризис нефтяных цен, довел годовые мировые инвестиции в секторе ВИЭ до 290 миллиардов евро[41], а последующий год, при продолжающих падение нефтяных ценах до уровня 2004 года, довел интегральный показатель до 329 миллиардов долларов США (357 млрд. евро)[42].

Как видим (рис. 3) существенные колебания нефтяных цен не сказались на активности инвесторов.

[40] Clean Energy Trends 2010. Portland: Clean Edge, Inc. April 2010. P.15.
[41] United Nations Environment Programmed. URL: http://www.ecolife.ru/infos (дата обращения: 22.11.2015).
[42] Инвестиции в возобновляемые источники энергии достигли рекорда. URL: https://lenta.ru/news/2016/01/14/investment (дата обращения 14.01.2016).

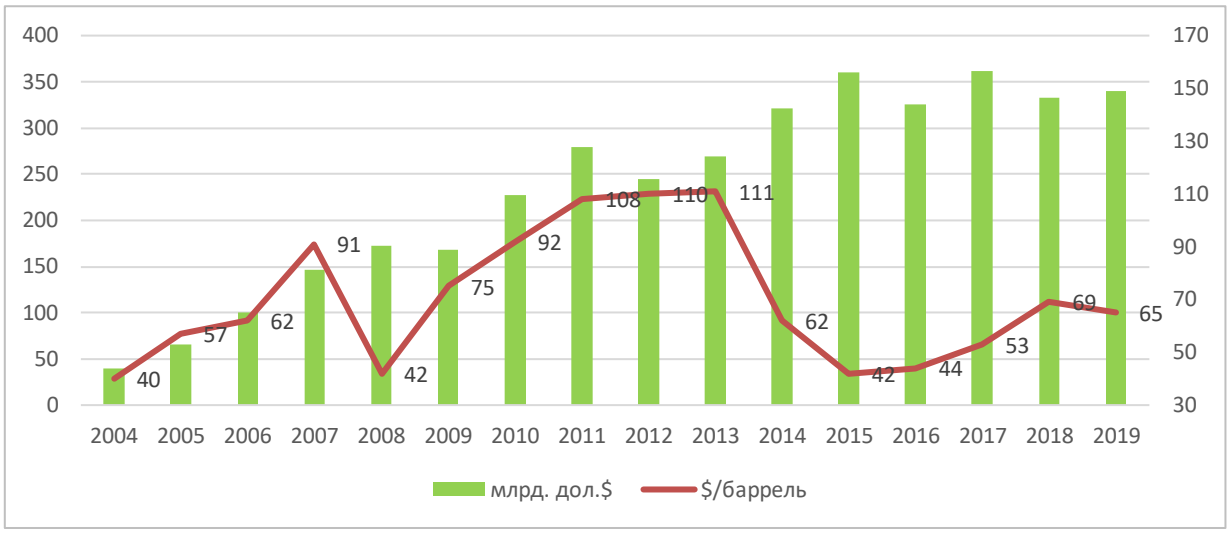


Рис. 3 Сравнение инвестиционной активности в возобновляемой энергетике и динамики нефтяных цен сорта Brent (млрд. долл., долл.). Адаптировано автором.

Здесь несколько причин.

Если на первом этапе интенсивность применения возобновляемой энергии зависело от мер институциональной поддержки, в том числе и мер экономического характера, то в дальнейшем постоянное снижение себестоимости выработки ВИЭ (более подробно в 3 главе настоящей диссертации) по отношению к традиционным невозобновляемым источникам привело к минимизации сроков окупаемости инвестиций, росту нормы доходности, и, самое существенное, росту автономности домашних хозяйств, которые перестали зависеть от ценовой конъюнктуры первичной энергии.

Кроме этого, рост рынка систем накопления и распределения энергии (более подробно в 3 главе настоящей диссертации) привел к возможности использования возобновляемой энергии крупными промышленными потребителями. Не менее важная и экологическая составляющая активного применения возобновляемой энергии, которая, например в 2013 году минимизировала углеродные выбросы на 1,2 млрд. т[43].

В этот период ряд стратегических планов по активному увеличению доли возобновляемых ресурсов по отношению к традиционной энергетике

[43] Frankfurt School-UNEP Centre / BNEF. 2014. Global Trends in Renewable Energy Investment. 2014. URL: http://www.fs-unep-centre.org (дата обращения: 18.05.2015).

существенно перевыполнялся: временной период достижения 12,5 процентов ВИЭ в производстве электроэнергии планировался на 2010 год, но был достигнут к 2007 году[44]. Отметим, что применение технологических модифицирующих в ветровой энергетике и прорывных инноваций в солнечной энергетике способствовало снижению себестоимости генераторов возобновляемой энергии с существенным повышением удельной производительности и улучшением потребительских качеств.

Обладая существенным потенциалом различных видов возобновляемой энергии, в условиях сложно прогнозируемых нефтяных цен (рис. 4), постоянно дорожающей (из-за ввода в строй трудноизвлекаемых запасов невозобновляемых источников энергии) инфраструктуры для полного цикла от разведки, добычи, транспортировки и экологически грязного применения, ВИЭ стали заметным конкурентом для традиционной энергетики.

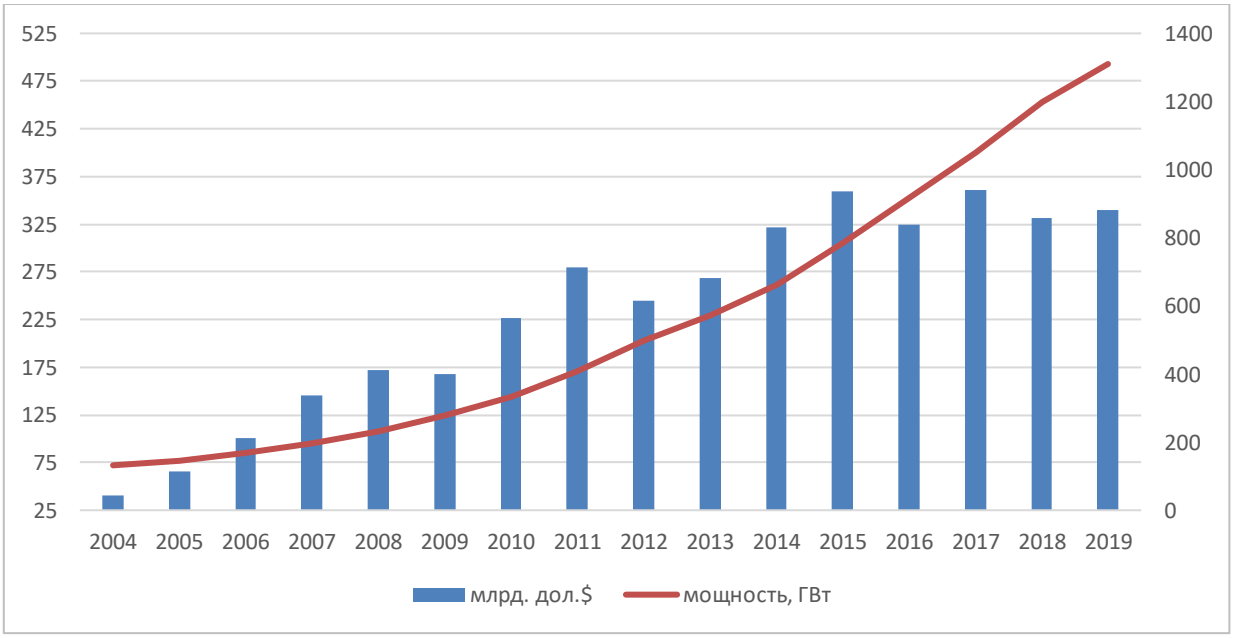


Рис. 4 Сравнение ежегодных инвестиций в возобновляемую энергетику и их установленной мощности (млрд.долл., ГВт.). Адаптировано автором.

Таким образом, выдвинутая ранее гипотеза о том, что период высоких нефтяных цен на первом этапе становления ВИЭ оказал существенное

[44] Renewable energy sources in figures, status 2009. - Berlin, Germany: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 2009. P.59.

стимулирующие воздействие на их развитие, потеряв последующее влияние на возобновляемую энергетику, подтверждена.

Существенные и стабильные ежегодные инвестиционные вложения в возобновляемую энергетику подтверждают её конкурентные преимущества перед традиционной энергетикой: автономность, быстровозводимость, экологичность, снижение срока окупаемости. А непрерывное внедрение модифицирующих инноваций усилили проявление данной тенденции, особенно в секторе солнечной и ветровой генерации.

Отметим, что при относительной стабильности ежегодных финансовых мировых инвестиций в возобновляемую энергетику, суммарная установленная мощность ВИЭ неуклонно возрастает, что говорит, прежде всего о оптимизации издержек при производстве их генерирующих устройств, и, соответственно, снижении себестоимости производимой энергии, а также появлении инновационных возможностей увеличения удельной мощности на единицу оборудования. Эта тенденция будет более подробно рассмотрена в третьей главе настоящей работе.

Таким образом, человеческое сообщество, обратив свой взор на раннем этапе своего развития на уникальные возможности возобновляемой энергии, но не имея возможности увеличения их мощности и эффективного хранения выработанной энергии, в ущерб окружающей среде и в угоду требованиям промышленной революции, активно использовало невозобновляемые ископаемые источники энергии. Приведенные негативные примеры использования ВИЭ дополнительно подчеркивают отсутствие базовых экологических и этических принципов современности в подходах к использованию энергии, в то время как инновационные процессы в области ВИЭ относились к сугубо экспериментальной области и нашли свое развитие только с кризисом на рынке традиционных энергоносителей, который также оказал сдерживающее развитие для только зародившейся атомной энергетики. С появлением новых решений и технологий производства возобновляемой энергии сектор ВИЭ обрел черты самостоятельной отрасли

энергетики и современное общество получило инструмент для сокращения ущерба, нанесенного планете.

В данном контексте уместно упомянуть работы «научного отца» культурологии Л. Уайта, который попытался сформировать целостный взгляд на взаимосвязь развития человеческой культуры с видами использования нового вида энергии, где каждый этап был связан с определяющим источником энергии и способом его получения, вокруг которого формировалась новая культура. «Культурная эволюция в целом представляет собой функцию технологической эволюции в частности. Эволюция технологии – проблема освоения энергии и использования её в работе»[45], отмечал Л. Уайт.

По мнению автора, поскольку ключевая идея активизации использования ВИЭ была сопряжена с необходимостью экстренных мер по снижению экономических и экологических рисков массового использования ископаемых углеводородных ресурсов, их культура основана на принципах глобальной (в том числе неэнергетической) значимости и неизбежности продолжительных государственных затрат, поскольку только при их соблюдении стало возможным развитие ВИЭ в современном виде. Сочетание этих двух факторов можно рассматривать как базовый институциональный принцип.[46] Стоит заметить, что несмотря на снижение степени государственной поддержки в настоящее время сочетание данных принципов сохраняется, что будет более подробно раскрыто в параграфе 1.4.

Рассмотрим далее ряд трансформирующих институциональную среду условий, способствующих активному применению возобновляемой энергии, включая и те факторы политического, экономического, технического и философского характера, которые противодействовали ей в период возрастающего потребления невозобновляемой энергии.

---

[45] Уайт Л. Теория эволюции в культурной антропологии / Уайт Л. Избранное: Эволюция культуры. — Москва : РОССПЭН, 2004. С. 596.

[46] Бучнев А.О. Аспекты развития возобновляемой и невозобновляемой энергетики в контексте построения углеродно-нейтральной экономики. Москва : Грифон, 2022. С.97.

1.2. Политические, информационные, экономические и институциональные предпосылки активизации применения ВИЭ.

Как известно, философия за всю сознательную историю человечества не раз оказывала существенное воздействие на экономическое восприятие окружающей действительности. Философские школы пытались использовать ряд инженерных и экономических открытий для подтверждения своих теорий.

Определенные истоки теоретического противодействия восприятия возобновляемой энергетики, а также некоторое недопонимание отрицательных воздействий на окружающую среду невозобновляемой энергетики сформулированы в работах известных экономистов.

Французский физик Н.С.Карно в основополагающей работе по термодинамике определил условия достижения максимума коэффициента полезного действия в цикле преобразования теплоты в механическую работу, где изучил взаимное влияние объёма и давления при дифференцированных температурах, не принимая во внимание потери на трение, камеру сгорания, источник топлива и отходы источника сгорания, описав идеальный процесс, носящего теперь имя Карно, связав математическим уравнением основные параметры цикла[47]. Н.С.Карно ввел понимание, что в идеальном цикле нельзя произвести полезную работу без топлива как источника первичной энергии, установив предел эффективности для тепловых двигателей.[48] Этот методологический принцип идеального цикла использовал в своих работах экономист и философ К.Маркс[49]. В его абстрактном идеальном цикле воспроизводства формируется эквивалентный обмен за период полного

[47] Новиков А.С. Философия научного поиска / А.С. Новиков. – Москва : «URSS», 2009 г. С. 217.
[48] Хакинг Я. Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. Пер. с англ. / Перевод С. Кузнецова, Науч. ред. Маичур Е.А. - Москва : «Логос», 1998 г. С. 175.
[49] Кара-Мурза С.Г. Идеология и мать её наука / С. Кара-Мурза. – Москва : «Алгоритм», 2002 г. С. 97.

цикла, отсутствует прибыль, поскольку в рассматриваемом цикле отсутствует рабочая сила, обеспечивающей появление прибавочной стоимости[50]. Одним из первых физиков, оценивших значение открытия Н.С.Карно был его соотечественник Б.Клапейрон, который создал соответствующий математический аппарат и индикаторные диаграммы для цикла Карно[51], позже в модель включили в терминах того времени «топку», учтя первичный источник процесса.

К данному моменту времени относится одно из основополагающих открытий в области теоретического обоснования применимости ВИЭ русского ученого С.А.Подолинского, интегрировавшего экономические понятия в физико-химические процессы использования энергии солнца в сельскохозяйственной деятельности, рассчитавшего балансовую степень вовлеченности возобновляемого источника энергии в экономический оборот[52]. Выявив соотношение результатов сельскохозяйственной деятельности с интенсивностью получаемой энергии Солнца, наш соотечественник, объединивший в стройную систему категории труда и категории физики, получил на свою работу положительный отзыв основоположника марксизма. Тем не менее, Ф.Энгельс, несмотря на положительный отзыв К.Маркса, не счёл заслуживающей внимания идею С.А.Подолинского[53], как и доработанную модель Б.Клапейрона, но все же разграничил в своих поздних комментариях категории применявшихся в экономической деятельности возобновляемых ресурсов и ископаемого топлива. В ряде работ по философии, абстрагированных от влияния идеологии, высказывается мнение, что нежелание Ф.Энгельса осознать

---

[50] Маркс К. Капитал. Том II. Книга II: Процесс обращения капитала // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 24. 2-е изд. Москва : Государственное издательство политической литературы, 1961., С. 75.

[51]Храмов Ю.А. Физики: Биографический справочник / Под ред. А. И. Ахиезера: 2-е изд., испр. и доп.—Москва: Наука, 1983., С. 287.

[52]Подолинский С.А. Труд человека и его отношение к распределению энергии**.** Предисловие П.Г. Кузнецова. — Москва : Ноосфера, 1991 г., С.49.

[53]Письмо Энгельса Марксу 19.12.1882 г., // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 35. 2-е изд. Москва : Издательство политической литературы., 1964 г., С.109 -111.

термодинамическую основу окружающего мира, создающих целостность сферы хозяйствования человека и окружающей его биосферы, стало одной из ключевых причин противоречий видения развития по прицепам марксизма и экологии и последующему столкновению индустриального общества с ограничениями естественного характера[54]. Кстати, здесь же и источник спорных целей: «мы не можем ждать милости от природы, взять их от неё - наша задача»[55].

Тем не менее, согласно исследованию С.А. Подолинского соотношение 1 единицы физического труда и 22 единиц солнечной энергии (в калориях) является достаточным для устойчивого развития, что и в настоящее время используется экономистами в своих работах, отдавая дань уважения памяти ученого[56,57]. В последствии ученый из Австрии Э.Захер впервые провел сравнительный анализ соотношения использования ВИЭ и ТИЭ (традиционные источники энергии) для различных регионов Пруссии и Австрии, в котором сделал обобщенный вывод, что потребление в качестве энергетического первичного ресурса на человеческую единицу культурных растений и деревьев в сравнении с использованием угля превышает в 2,1 раза и составляет девятнадцать и девять миллионов килокалорий соответственно[58].

Не ставя своей целью глубокий экскурс в исторические трансформации изменения отношения к ответственности человечества перед будущими поколениями, и появление понимания какой им достанется среда обитания,

---

[54]Российская промышленная политика и проблемы индустриализма / ред. И.О. Шурчков И.О., Пискунов Д.И.; сост. Кара-Мурза С.Г. Гос. ком. РФ по промышленной политике, Аналитич. центр по науч. и промышленной политике Миннауки РФ, Госкомпрома РФ и РАН. – Москва : АО "ИКК РИА", 1994 г., С. 75.

[55]Мичурин И.В. Итоги шестидесятилетних работ 1855 - 1935, изд. 5 - е, ОГИЗ СЕЛЬХОЗГИЗ, 1949 г., С.74.

[56]Martinez Alier J., Schlupmann K. La ecologia y la economia. Fondo de Cultura Economica C. Textos de economia, Ciudad de Mexico (Mexico). 1991. P.89.

[57]Teruel M. G. Apuntes de Economía Ecológica // Boletin economic deice № 2767 del 28 de abril al 4 de mayo de 2003. P.73.

[58] Кара-Мурза С.Г. Научная картина мира, экономика и экология. URL: http:// www.hrono.ru/libris/lib_k/ecec7.html (дата обращения: 03.02.2015).

отметим определенную постепенность формирования экологических и социальных потребностей использования возобновляемой энергии.

Если повторный первоначальный интерес к ВИЭ был связан так или иначе с энергетическими кризисами и желанием уйти от высоких и часто непредсказуемых цен на нефть и других ископаемых носителей, то вторая волна осознанного интереса основывалась на сначала предварительных, а позже и основательных оценок значительных затрат, направляемых на компенсацию ущерба от экологических последствий применения ТИЭ, распространяющихся на всю национальную экономику, необходимость в которых отсутствует или исчезающе мала при использовании ВИЭ.

В рамках достижения Целей по устойчивому развитию программ ООН посредством использования возобновляемой энергии была озвучена проблема отсутствия доступа порядка 2 миллиардов населения к централизованному обеспечению электрической энергии, которая не решалась из-за высокой стоимости подающей и генерирующей инфраструктуры, причем в регионах, обладающих существенным потенциалом использования возобновляемой энергии. Решение данной проблемы инициировало глобальный и не проходящий даже у скептиков ВИЭ интерес к активному развитию возобновляемой энергии.

Одним из первых ученых поставившим важную этическую проблему о необходимости распределения стоимости электрической энергии современных тепловых генераций на поколения будущего, которые будут лишены невозобновляемых ресурсов в силу их исчерпанности был академик Ж. И. Алферов[59].

Таким образом, наличие своевременно поставленных вопросов теоретического, философского, экономического и экологического характера определило дальнейшее развитие возобновляемой энергетики.

[59]Долгий путь к IRENA. От идеи до учреждения Международного агентства по возобновляемой энергии. Сборник документов 1990-2009 гг. / Под ред. WCRE, EUROSOLAR. Перевод с англ. – Москва : Издательство «Журнал «Экология и жизнь», 2010 г. С.7.

Но этого оказалось недостаточно. Отсутствие запаздывающих мер институциональной поддержки, в том числе и информационной, не позволяло в течении длительного периода ВИЭ приобрести характер массового применения.

При всех положительных аспектах ВИЭ, их успешному развитию оказывали сопротивление авторитетные отечественные и зарубежные ученые. Приведем ряд исторических примеров, объясняющих данное противодействие. Чуть менее полувека назад академик П.Л. Капица ввел два универсальных параметра для любого источника энергии: скорость распространения энергии и её плотность. По сути, это мощность, получаемая с единицы поверхности энергоисточника[60]. Если плотность солнечной энергии не столь впечатляет, то скорость её распространения равна скорости света и генерируемая мощность составляет в среднем киловатт на квадратный метр без учета конкретного географического расположения генератора и потерь в атмосфере. Полвека назад КПД солнечных батарей был порядка 10 %[61], и при полном удовлетворении энергообеспечения одного среднего домохозяйства понадобилась бы площадь в семь раз превышающая площадь, необходимую для размещения современных солнечных генерирующих элементов.

В третьей главе экономическая эффективность солнечной генерации будет рассмотрена более подробно, здесь же отметим, что кроме фотоэлементов академик П.Л.Капица оценил генерацию электрической энергии посредством химической энергии окисления водорода, получив обратное соотношение: большая плотность энергии и малая скорость её передачи (определяется скоростью диффузии ионов в электролитах).

[60]Капица П.Л. Энергия и физика. Доклад на научной сессии, посвященной 250-летию Академии наук СССР // Вестник АН СССР. 1976. № 1. С. 35.
[61]Драбкин Л.М. Солнечные электростанции // СОЖ. 1999. №4. С.107.

Такой же нежизнеспособный вывод о недостаточной эффективности был сделан и о плотности ветровой энергии, и о ВИЭ в целом, показав невозможность полноценной конкуренции с невозобновляемой энергетикой.

Аналогичное мнение формировалось и у зарубежных ученых.

В работе, посвященной оценке перспективных энергетических сценариев Р.Хейнберг доказывал, что и сектор биоэнергии не является конкурентоспособным по отношению к энергетике, основанной на ископаемых ресурсах[62].

Однако академик Н.Н.Семёнов, понимая экологические сопутствующие риски традиционной энергетики и недолговечность её ресурсов, настоял на создании в структуре АН СССР «Научного совета по изысканию новых путей использования солнечной энергии».[63]

Несмотря на узкопрофильное название научного совета академиком Н.Н.Семеновым был начат полный комплекс исследований по ключевым видам извлечения энергии возобновляемых источников: солнца, ветра, биотоплива[64]. По заказу космической промышленности проведены и успешно завершены разработки эффективных солнечных элементов на основе фотоэлектрического преобразования[65], создана промышленная станция выработки биоэтанола из отходов сельского хозяйства и лесопереработки[66], были проведены отдельные НИОКРы по получению

[62]Heinberg R. Power Down: Options And Actions For A Post-Carbon World. CLAIRVIEW BOOKS, 2004. P.48.

[63]Преобразование солнечной энергии: [сб. ст.] / Академия наук СССР. Секция химико-технологических и биологических наук. Научный совет по комплексной проблеме "Изыскания новых путей использования солнечной энергии". отв. ред. Семенов Н.Н., Шилов А.Е. Москва : Наука, 1985. С.14.

[64]Варфоломеев С.Д., Шевалеевский О.И. Возобновляемая энергия: фотоэлектричество и биотоплива - реалии сегодняшнего дня // Наука и технологии в промышленности. 2010. №2. С.19.

[65]Грилихес В.А. Солнечная энергия и космические полеты / Грилихес В.А., Орлов П.П., Ионов Л.Б. Отв.ред. С.В.Тимашев Москва : Наука. 1984. С.77.

[66]Беловежец Л. А., Волчатова И. В., Медведева С.А. Перспективные способы переработки вторичного лигноцеллюлезного сырья // Химия растительного сырья. 2010. №2. С.11.

биогаза из сельскохозяйственных отходов[67]. Все работы того времени относились к инновациям с абсолютной новизной.

Прежде чем сформировались определенные институциональные условия развития возобновляемой энергии, мировое сообщество пришло к пониманию необходимости информационного обмена положительных практик в энергетической области, включая и источники возобновляемой энергии[68].

Существенным шагом в продвижении преимуществ ВИЭ стало активное использование энергетических конференций прошлого века, особенно в его последней четверти.

Рассмотрим наиболее важные для возобновляемой энергетики вехи.

На первой международной энергетической конференции, состоявшейся в 1924 году, был проявлен интерес только к потенциалу гидроресурсов, да и то применительно к гарантиям советской делегации, что электрификация страны пойдет без ущерба для нефтяного экспорта[69].

Тем не менее, конференция подчеркнула важность проведения подобных форумов и необходимость распространения информационных материалов по её результатам. Отметим существенную часть резолюции конференции «продвинуть индивидуальное благополучие… путем внедрения более экономичных способов для повсеместного энергоснабжения и использования энергоносителей».

Не перечисляя резолюции последующих восьми конференций, подчеркнём постепенное появление осознания конечного ограничения

---

[67]Боровков В.М., Зысин Л.В., Сергеев В.В. Итоги и научно-технические проблемы использования растительной биомассы и органосодержащих отходов в энергетике // Изв. РАН. Энергетика. 2002. № 6. С.14.

[68]Бучнев А.О. Институциональные условия становления инновационной возобновляемой энергетики // Международный технико-экономический журнал. 2017. №12. С.8.

[69]Первая международная энергетическая конференция в Лондоне. URL: http://neftianka.ru/1924-god-pervaya-mezhdunarodnaya-energeticheskaya-konferenciya-v-londone-kak-eto-bylo (дата обращения: 15.01.2019).

добычи ископаемых топлив при необходимости поиска альтернативы невозобновляемой энергетики, относя к ней и атомную энергетику.

Настоящим информационным событием 1978 года и определенным информационным прорывом стала 10-я мировая энергетическая конференция, которая рассмотрела доклад по имеющемуся опыту применения ВИЭ, с оценкой первых успехов Германии в данном направлении[70].

Резолюция № 33/148 Генеральной Ассамблеи ООН от 20 декабря 1978 года зафиксировала в своем решении необходимость международного сотрудничества в этой сфере и проведение экономической оценки возобновляемой энергетики и её применения «в свете имеющихся в настоящее время и разрабатываемых технологий»[71]. Далее, спустя пять лет, появилось понимание, оформленное отдельной резолюцией Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций о необходимости создания и распространения программы по применению возобновляемой энергии[72].

Продвижение в мировом сообществе понимания важности создания институциональных условий необходимых для развития чистой энергетики постепенно преодолевало определенный скепсис недоверия к непостоянству её выработки. Определенным информационным прорывом стал 1981 год. Сто двадцать пять стран приняли участие в конференции, посвященной прогрессивным источникам энергии в Найроби, где были задокументированы межгосударственные меры рекомендательного характера по стимулированию ВИЭ[73], которые были одобрены отдельной резолюцией ООН A/36/PV.84 в том же году. С этого момента времени ВИЭ

---

[70]Энергетика мира. Переводы докладов X Мировой энергетической конференции / общ. ред. К. Д. Лаврененко. Москва : Энергоатомиздат. 1979. С.46.

[71]Резолюция № 33/148 Генеральной Ассамблеи ООН от 20 декабря 1978 г. URL: http://daccess-dds-ny.un.org/doc/RESOLUTION/ GEN/NR0/365/80/IMG/NR036580.pdf (дата обращения: 03.03.2015).

[72] Резолюция A/RES/38/151 Генеральной Ассамблеи ООН от 19 декабря 1983 года. URL: http://www.un.org/ru/ga/38/docs/38res.shtml (дата обращения: 15.01.2015).

[73]Report of the United Nations Conference on New and Renewable Sources of Energy: (Nairobi, 10 to 21 August 1981). NewYork: United Nations, 1981. P.7.

классифицируются по видам извлекаемой энергии на солнечную, ветровую, гидро-, био-, волновую (энергия приливов/отливов/волн и температурного градиента мирового океана), низкопотенциальную и геотермальную энергии.

Важнейшим из этапов международного сотрудничества стала конференция ООН в 1992 году, известная как «саммит Земли». Помимо вовлечения 180 государств в переговорный процесс, одним из основных её результатов стала Декларация по окружающей среде и развитию, ставшая важной составляющей экологического права и программным документом для политики устойчивого развития и защиты экологии. Была сформирована Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК), ставшая инструментом сдерживания выбросов углекислых газов в целях снижения глобальных климатических рисков усилиями стран-участников, «следуя их общей, но дифференцированной ответственности и соответствующими возможностям, а также их социальным и экономическим условиям»[74].

С 1995 года на базе Конференции сторон РКИК ООН происходит регулярное обсуждение общей экологической политики, мониторинг национальных показателей стран-участников, а также принимаются отдельные международные соглашения, в числе которых Киотский протокол и Парижские соглашения по климату.

Несмотря на положительные рекомендации и поставленный целевой ориентир достижения к 2020 году шестипроцентной доли ВИЭ в выработке электроэнергии, сформированный на 12-ой энергетической конференции (1983 год)[75], массового применения возобновляемой энергии не произошло, более того, показатель был уменьшен до трех процентов[76].

---

[74] United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations, 1992. P.2.

[75]Энергетика мира: переводы докладов XII конгресса МИРЭК [Дели, 1983] / под ред. П.С. Непорожнего, В.И. Попкова. – Москва : Энергоатомиздат, 1985. С. 38.

[76]Энергетика мира: Переводы докладов XIII конгресса МИРЭК [Канны, 18 сент. -10 окт.1986] / под ред.: Б. П. Лебедева, П. М. Матко, Москва : Энергоатомиздат, 1989. С.59.

Информационной поддержки несмотря на постепенное осознание всех экологических и экономических выгод от применения ВИЭ оказалось недостаточно.

К сожалению, отсутствие надежного способа хранения выработанной энергии, учитывая её неравномерность суточной и сезонной выработки оставалось на тот момент явно нерешенным технологическим недостатком возобновляемой энергетики. Одновременно нараставшие процессы глобализации оказывали влияние на повышение эффективности взаимодействия страновых и региональных энергетических систем.

Осознание пагубных последствий парникового эффекта при использовании традиционных источников энергии и рисков эксплуатации атомных станций, включая способствующую им проблему хранения ядерных отходов, постепенно формировали страновую институциональную поддержку ВИЭ, которая опиралась на политическую, экономическую, технологическую и уже опробованную мировым сообществом информационную поддержку. Стремление избежать роста цен на энергоносители как инфляционного фактора[77] привело к пониманию, что возобновляемая энергетика при её массовом применении позволит отказаться от импорта энергоносителей, что повысило их значимость в политической повестке ряда стран в качестве требования обеспечить независимость национальных экономик. Обладатель двух индивидуальных Нобелевских премий Л. Полинг поднял вопрос об использовании солнечной и геотермальной энергий как потенциальных заменителей ядерной энергии[78]. Активизировался интерес и к такому виду альтернативной энергии как водородная энергетика[79]. Фактически период 1980 – 2000 годов обеспечил

[77]Гринспен А. Эпоха потрясений. Проблемы и перспективы мировой финансовой системы / Алан Гринспен; пер. с англ. [Т.Гутман, В. Ионов, С. Сурин]. - 3-е изд. – Москва : Юнайтед Пресс, 2010. С.501.
[78]Полинг Л. Вся жизнь в борьбе за мир: диалог / Лайнус Полинг, Дайсаку Икеда; [пер. с англ. Ю.М. Кацура]. Москва : Изд-во Моск. ун-та, 2004. С.118.
[79]Каторгина Е. Новый манхэттенский проект // Эксперт.2002. №39. С.55.

прохождение начального этапа смены энергетической парадигмы развития, которая, как известно, всегда соответствовала типу промышленной цивилизации[80]. Понятно, что в отсутствие массового спроса стоимость возобновляемых технологий была высока, сроки окупаемости проектов располагались в неприемлемых границах для инвесторов, понимание экологических выгод для человечества в целом для конкретных экономических агентов было недостаточным.

Понадобились новые решения.

Перечислим ключевые события данного периода, внесшие вклад в укрепление политической и информационной поддержки возобновляемой энергии: сформированная рабочая группа ООН по экологии и развитию ВИЭ по решению Генерального секретаря ООН П. де Куэльяра, обращение экс-канцлера ФРГ В.Брандта о необходимости учреждения международного агентства по солнечной энергии (озвучено на Делийской конференции по ВИЭ в 1990 году[81]), программа EVROSOLAR (мировой лидер в области ВИЭ) стратегической энергетической инициативы по созданию о специализированного агентства ВИЭ в Германии (1994)[82], учреждение Всемирного совета по возобновляемой энергии (2001, в рамках инициативы EVROSOLAR на Берлинской конференции по ВИЭ)[83].

Канцлер ФРГ Г.Шредер в 2002 году приложил существенные усилия по организации и проведению специализированной конференции RENEWABLE-2004, пригласив более трехсот представителей из шестидесяти семи стран, заинтересованных в активизации применения возобновляемой энергии, в рамках которого были озвучены следующие инициативы: «трансформировать макроэкономические и социальные выгоды

[80]Макаров А.А. Мировая энергетика и Евразийское энергетическое пространство / А.А.Макаров; Ин-т энерг. исслед.РАН. – Москва : Энергоатомиздат, 1998. С.15.
[81]The long road to IRENA. From the idea to the Foundation of the International Renewable Energy Agency. Ponte Press Verlags-GmbH, 2009. P.57.
[82]Scheer H. A Solar Manifesto. Second Edition. Earthscan/James & James, 2005, p.151.
[83] In 2001 EUROSOLAR and the WCRE hosted the International Impulse Conference. URL: http://www.eurosolar.de/en/index.php/irena-mainmenu-103 (дата обращения 05.03.2015).

в целом в микроэкономические стимулы для инвесторов и потребителей. Возобновляемая энергия позволяет по-новому подойти к экономическим расчетам и сэкономить на стоимости топлива, инфраструктуры, сократить расходы иностранной валюты путем замены импортируемой энергии энергией местного производства <…> использование биомассы вместо закупки топлива способно восстановить экономику аграрного сектора <…> Возобновляемые источники энергии нуждаются <…> в низких или нулевых ссудных процентах, гарантированных платежах, <…> беспошлинной торговле, переносе дотаций из топливной и атомной энергетики в энергетику возобновляемых источников» [84].

Фактически, только через пять лет после проведения RENEWABLE-2004 было создано межгосударственное агентство International Renewable Energy Agency[85], которое сконцентрировало свою деятельность на популяризации возобновляемой энергии и распространение опыта его активно применения, авторитет агентства в течении шести лет со дня создания позволил к 2015 году привлечь к членству в нем представителей более 140 стран[86], постепенно внедривших в национальных экономиках рекомендованные меры институциональной поддержки ВИЭ (рис.5).

К энергетическим и экологическим плюсам ВИЭ добавились уникальные возможности дополнительного экономического стимулирования, в том числе и от формирования экспортного рынка генераторов ВИЭ. Набирающий силу мировой сектор энергетики, кроме создания и загрузки сопряженных с ним секторов промышленности, стал отвечать всем понятиям и требованиям инновационной экономики.

---

[84] International Conference for Renewable Energies. Bonn. 2004. URL: http://www.ren21.net/ REN21Activities / IRECs/ Renewables 2004.aspx (дата обращения 10.03.2015).
[85] IRENA was established on 26 January 2009 in Bonn/Germany. URL: http://www.eurosolar.de (дата обращения: 10.02.2015).
[86] IRENA has 140 Members and 32 States have started the formal process of becoming Members. URL: http: //www.irena.org /Menu/Index.aspx (дата обращения: 10.02.2015).

Рынку предлагались как модифицирующие инновации (повышающие удельную мощность генераторов), так и комбинаторные инновации (конструкционные и технологические доработки). Появились и классические закрывающие инновации используемых ранее технологий (в производстве солнечных фотоэлементов).

Рассматривая экономические особенности применения ВИЭ в третьей главе настоящего исследования, детально остановимся на периодах снижения себестоимости ВИЭ по сравнению с невозобновляемыми источниками энергии.

Здесь же отметим абсолютную оправданность применяемых видов прямого и косвенного субсидирования в период становления и отработки элементов институциональной поддержки масштабного применения ВИЭ, которые повышая свою рентабельность, постепенно преодолевали энергетическую бедность в ряде стран, имели быстровозводимую конструкцию электрифицировав удаленные регионы, не используя капиталоёмкую инфраструктуру для транспорта электроэнергии на большие расстояния.

Вернемся к динамике «признания» ВИЭ[87] возрастающим количеством государств, имеющих национальные стандарты и регуляторы стимулирования развития возобновляемой энергии (рис. 5).

Как видим, лидером данного процесса идет выработка возобновляемой электроэнергии, но и вопросы перехода национальных экономик на экологические виды транспорта также остаются в центре внимания национальных правительств.

Менее динамично поддерживаются процессы выработки экологически чистого теплоснабжения и охлаждения зданий.

[87] Renewables 2018 Global Status Report. URL: https://www.ren21.net/gsr-2018/ (дата обращения: 09.10.2019).

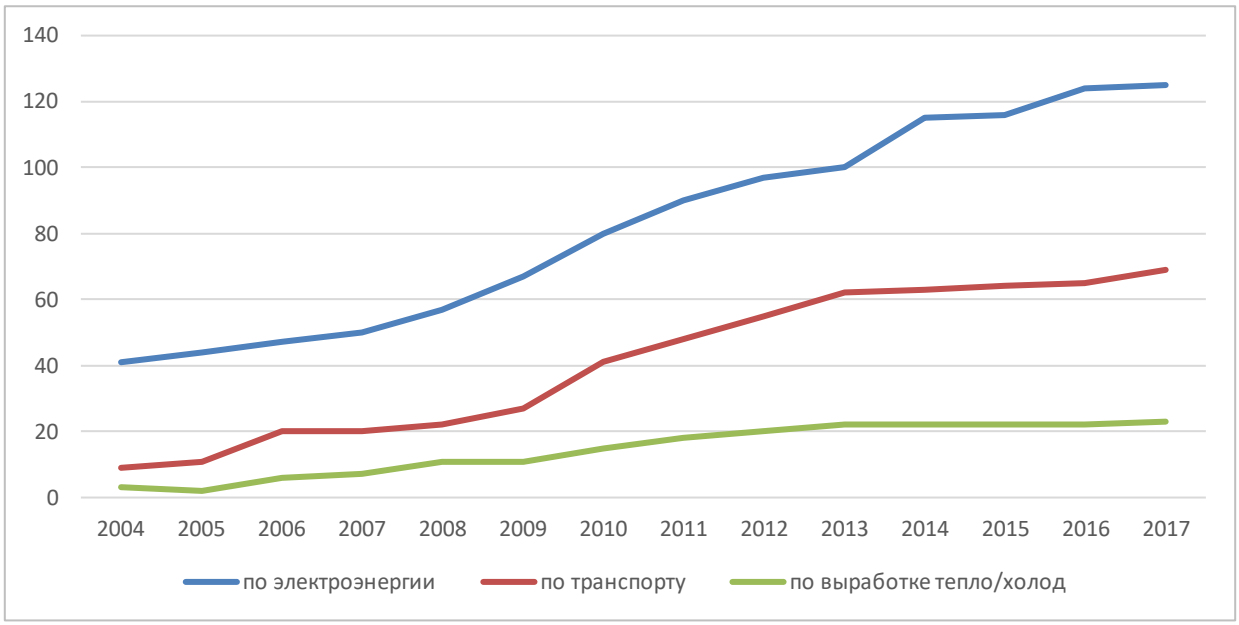


Рис. 5 Динамика роста количества стран, имеющих стимулирующую государственную регулирующую политику по получению энергии посредством ВИЭ. Источник: Renewables 2018 Global Status Report.

Не менее показательно сравнение динамики роста национальных регулятивных органов, стимулирующих развитие разных видов возобновляемой энергетики в сравнении с динамикой глобальных мировых инвестиций в возобновляемую энергетику (рис. 6).

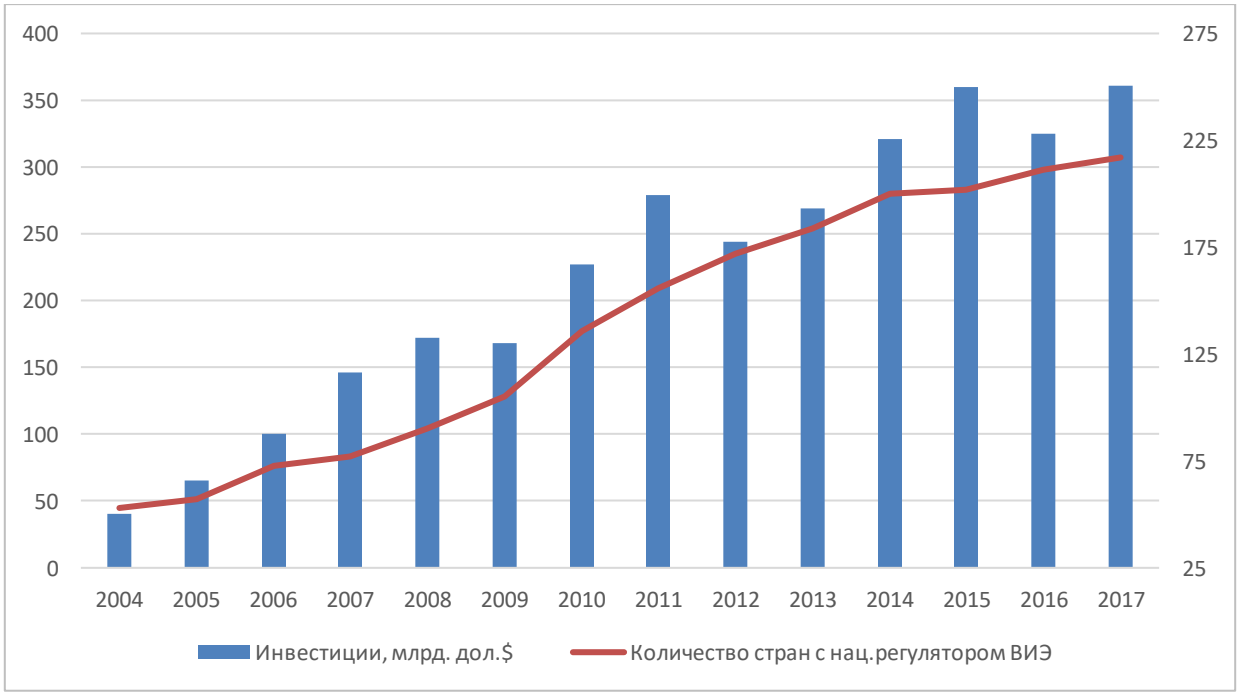


Рис. 6 Общемировые инвестиции в ВИЭ и количество стран, стимулирующих ВИЭ на государственном уровне. Адаптировано автором.

Отметим, что ряд стран имеют несколько непересекающихся друг с другом регулирующих органов, отвечающих за разные виды возобновляемой энергии. Как видим интенсивный рост числа государственных политик институционального обеспечения возобновляемой энергетики, разработавших и активно применяющих управляющие и стимулирующие нормативные акты активного использования ВИЭ, не отстаёт от динамики роста глобальных мировых инвестиций. Отчасти и потому, что в период торможения темпов глобализации на первое место выходят вопросы национальной безопасности.[88]

Таким образом, подводя определенную черту о необходимости мер институциональной поддержки возобновляемой энергетики можно отметить практически полувековой переход через различного рода энергетические кризисы от полного неприятия технологической эффективности и экономической полезности ВИЭ к разработке национальных долговременных государственных программ по их активному внедрению.

Отметим, что ряд авторов отмечают необходимость дальнейшего структурирования, систематизации и унификации научного знания для формирования подхода к пониманию сущности «зеленой экономики»[89].

Рассмотрим далее влияние выявленных особенностей развития возобновляемой энергетики, с учётом свойственного ей природного финансового потенциала экономии финансовых средств за счёт отсутствия затрат на приобретение первичного источника энергии и существенно меньшими затратами на восстановление экологической ситуации (присущих ископаемой энергетике) на продолжительность и профиль больших волн Н.Кондратьева на фоне инновационных циклов Й.Шумпетера.

---

[88] Мау В.А. Экономика и политика 2019-2020 гг.: глобальные вызовы и национальные ответы // Вопросы экономики. 2020. №3. с.7.

[89] Вукович Н.А., Мингалева Ж.А. Перспективы развития зеленой экономики в России // BENEFICIUM. 2020. № 1 (34). С.44.

1.3. Особенности влияния ВИЭ на профиль циклов Н.Кондратьева на фоне инновационных волн Й.Шумпетера.

Автор не ставит перед собой задачу рассказать о полутора тысячах вариаций экономических циклов, обнаруженных исследователями, начиная с середины 19 века, и позже классиками экономической литературы, вполне сводимых к 4 категориям: сверхкороткие трехлетние циклы Д. Китчина, определяемые в рамках конъюнктуры товарных запасов; короткие в интервале 7-11 лет, связанные со снижением срока работы оборудования 5-8 лет; циклы К.Жюгляра, формируемые инвестициями в основные фонды, циклы строительства и перепроизводства (в ряде источников называемые средними, сроком до 10-25 лет); и конечно, циклы Н.Кондратьева, названные по имени нашего великого соотечественника, продолжительностью 50-60 лет, связанные с появлением новых отраслей и технологий.

Необходимо отметить, что теорию циклов экономической конъюнктуры Н.Кондратьева как определенной закономерности развития экономики не разделял такой именитый экономист как П.Самуэльсон который критиковал закономерность и истоки причин длинных циклов[90].

Безусловно, достаточно сложно выявить влияние и других отдельных составляющих, таких как энергопередающая и транспортная инфраструктура, обновление промышленных и жилых зданий, в формирование и продолжительность долговременных циклов.

До Н.Кондратьева внимание на определенную цикличность развития экономики обратил Уильям Стенли Джевонс, опиравшийся в своих исследованиях на динамику колебания цен на долговременном периоде и пытавшегося найти внеэкономическое обоснование их причин[91], а

[90] Самуэльсон П. Экономика: Перевод / П. Самуэльсон. – Москва : МГП «Алгон», 1992. С.242.

[91] Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения: Избранные труды / Н.Д.Кондратьев; Международный фонд Н.Д.Кондратьева и др.; Ред. колл.: Абалкин Л.И. (пред.) и др.; сост. Яковец Ю.В. – Москва : ЗАО «Издательство «Экономика», 2002, С.555.

упоминавшийся выше К.Маркс ввел составные понятия циклов, соотнося их с кризисами перепроизводства. Влияние технического прогресса на скорость повторяемости циклов и степень обновления инфраструктуры оценивалось также в исследованиях Я. ван Гельдерена и С. Вольфа[92].

В работе «Экономические циклы» У.Митчел классифицировал теории циклического развития экономики на сводящие их возникновение к природным причинам, к социо-психологическим процессам (влияющих на потребительскую мотивацию и деловую активность), к институциональным процессам, кардинально меняющих принципы деловой среды, и к кризисам перепроизводства, периодически вызывающие избыток предложения над спросом. Как известно из современной экономической теории, Н.Д.Кондратьев предложил оптимальную трактовку больших циклов конъюнктуры (под которой он понимал направление и степень измерения совокупности элементов народнохозяйственной жизни по сравнению с предшествующим моментом[93]), определяемых сложносоставными параметрами, среди которых закономерности накопления капитала, динамика роста цен и производства, появления инноваций, структурные изменения экономики[94]. Не повторяя описание составляющих фаз циклов Н.Д.Кондратьева, отметим ряд ключевых моментов влияния активного использования возобновляемой энергии на форму их кривой. Понятно, что инфраструктурным объектам необходимо своевременное технологическое обслуживание для сохранения их в надлежащем состоянии, плановая замена при соответствующем сроке амортизации, что особенно важно для линий

---

[92] Коротаев А.В. Законы истории. Вековые циклы и тысячелетние тренды. Демография, экономика, войны / А.В. Коротаев, Н.Л. Комарова, Д.А. Халтурина; Российский гос. гуманитарный ун-т, Ин-т востоковедения. - 2 -е изд. испр. и доп.- Москва: URSS, 2007. С.47.

[93] Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения: Избранные труды / Н.Д. Кондратьев; Международный фонд Н.Д. Кондратьева и др.; Ред. колл.: Абалкин Л.И. (пред.) и др.; сост. Яковец Ю.В. – Москва : ЗАО «Издательство «Экономика». 2002. С.33.

[94] Кондратьев Н.Д. Проблемы экономической динамики / Н.Д. Кондратьев; [Редкол.: Л.И. Абалкин (отв.ред. и др.; Ин-т экономики АН СССР, Отд-ние экономики АН СССР] Москва, 1989. С.226.

электропередач различного назначения, и это несложное правило влияет на состояние любой национальной экономики. Своевременное и надежное обеспечение электроэнергией - залог непрерывного развития современной экономики, её производственной сферы, сферы услуг и личного потребления. Невыполнение данных требований останавливает всю экономическую и производственную деятельность, снижая её производительность, замедляя рост ВВП, и, как следствие – понижение уровня жизни населения. Несвоевременность плановой или аварийной замены инфраструктуры повышает издержки производства, себестоимость продукции возрастает, конкурентоспособность продукции снижается, эффективность локальной экономики, вынужденной нести дополнительные затраты, уменьшает плановую прибыль предприятий.

Соответственно оптимальное содержание инфраструктуры обеспечивает рост ключевых факторов необходимых для эффективного производства, описываемых понятием совокупной многофакторной производительности[95], увеличивая потенциал инвестиционной привлекательности региональной экономики. Фактически, существование условного энергетического ресурса, не требующего при использовании значительных расходов на содержание инфраструктуры или её отсутствие как таковой, можно рассматривать как фактор необратимости развития данного ресурса в силу очевидных сравнительно меньших издержек для заданной экономической системы. Безусловно, в данном отношении возникает вопрос экономической эффективности самого энергетического ресурса, но в данных условиях предположим, что стоимость производства энергии на базе различных энергетических ресурсов эквивалентна.

По мнению автора, особенности ВИЭ, определенные ранее в виде естественной восполняемости условно неисчерпаемого и повсеместного

[95] Бучнев А.О. Предпосылки формирования и характеристика совокупной многофакторной производительности как инструмента оценки эффективности ресурсоограниченных экономических систем / Бучнев А.О., Сериков П.Ю. // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2018. № 7. С. 339.

первичного ресурса, в данном отношении недооценены с точки зрения потенциала позитивного воздействия на экономику. Возобновляемая энергетика, особенно основанная на выработке энергии за счет солнца, ветра и биоэнергии, может располагаться вблизи потребителя, не требуя дополнительного строительства линии высоковольтных передач и высоковольтного повышающего (понижающего) оборудования для уменьшения потерь при передаче энергии на дальние дистанции. Офшорные ветровые парки требуют передающей инфраструктуры до берега несоизмеримо меньшего расстояния по сравнению с инфраструктурой традиционной энергетики. По этой причине активное и широкомасштабное использование возобновляемой энергетики минимизирует влияние на профиль длинного цикла Н.Д.Кондратьева такого основополагающего фактора как своевременность поддержания/обновление инфраструктуры энергопередающих линий, не отменяя значение других факторов: обновление зданий, федеральных трасс, железнодорожной инфраструктуры и т.д.

Рис. 7 Влияние ВИЭ на профиль фаз цикла Н.Д.Кондратьева. Разработано автором.

Отметим также, что на фазе рецессии цикла Кондратьева (рис. 7) при снижении объемов производства обычно понижающийся уровень заработной платы сокращает возможности энергопотребления населением, однако учитывая постепенную минимизацию стоимости возобновляемой энергии и расширения числа собственников, одновременно являющимися пользователями вырабатываемой энергии, существенно снижается влияние данной фазы на жизненный уровень населения.

Таким образом, профиль падающей фазы Н.Д.Кондратьева будет менее резким, а последующей фазе роста, когда бизнесу особенно необходимы дополнительные энергетические мощности, инновационная модернизация, обеспечивающая повышение производительности возобновляемой энергетики (особенно в ветроэнергетике, не меняя несущих конструкций и не требуя дополнительных согласований) минимизирует временной период для эффективного решения данной задачи, ускоряя продвижение рассматриваемого этапа к точке вершины.

Ряд исследователей, в работах посвященных как инновационным циклам, так и длинным волнам (циклам) Кондратьева подчеркивают, что на падающей стадии (депрессии) именно инновации формируют подачу энергии в прямом и переносном смысле в истощенную экономику, запускают инвестиционный процесс.[96] Н. Д. Кондратьев отмечал, что следом за инвестициями идет совершенствование технологий, генерирующих формирование дополнительных рабочих мест и притока дополнительной энергии. Достаточно быстро разворачиваемые мощности возобновляемой энергетики по отношению к инерционным инвестициям в традиционной энергетике и на данной фазе роста существенно ускорят подъём к вершине цикла достижения экономического равновесия.

Более того, оптимизация затрат (при отказе от привозного топлива в удаленных регионах, при отказе муниципальными образованиями от

[96] Mensch G. Basisinnovationen und Verbesserungsinnovationen. Zeitschrift für Betriebswirtschaft 42. 1972. S. 293.

объектов традиционной энергетики, при постоянной модернизации объектов генерации ВИЭ) путем применения локальных генераторов возобновляемой энергетики позволяет минимизировать малоциклические экономические колебания в среднесрочном периоде, используя модифицирующие инновации ВИЭ.

Так, например, замена 7 МВт ветроэлектогенераторов на 9 МВт[97] не только не потребовала усиления несущих конструкций, но и снизила себестоимость вырабатываемой энергии на 26 % (предыдущая замена генераторов ВЭС с 5 МВт на 7 МВт снизила себестоимость энергии на 32 % в период с 2014 – 16 годов[98]).

Данная модернизация оборудования не требует замены высотной колоны, на которой расположен ветрогенератор, как и не требует повторного согласования установки ветрогенератора, и понятно, что стоимость такой модернизации несоизмеримо меньше по сравнению со стоимостью обновления традиционных энергопередающих на большие расстояния инфраструктурных высоковольтных сетей.

Рассмотрим следующую фазу цикла Н.Д.Кондратьева: вершину, которая располагается после фазы роста. Этот период обычно характерен ростом цен на энергетические ресурсы, которые совпадают с ростом деловой активности и тормозят её. Применение на данной фазе цикла генерации за счет ВИЭ, стоимость которой не подвержена конъюнктурным всплескам, снижает влияние высоких цен на энергоресурсы, формирует новые рабочие места, что будет способствовать увеличению совокупного спроса и продлит продолжительность динамичного развития экономики на фазе её рассвета, повышая её временной период.

---

[97] Gargantuan offshore wind turbine crushes record for most energy produced in 24 hours MHI. URL: https://www.digitaltrends.com/cool-tech/denmark-wind-turbine-breaks-records/? utm _source= feedly&utm_medium=webfeeds (дата обращения: 12.01.2018).

[98] В Великобритании цена на энергию ветра упала на 32%. URL: http://agrostory.com/energy/in-the-uk-the-price-of-wind-energy-fell-by-32/ (дата обращения: 14.02.2018).

Таким образом, интерпретация теории формирования фаз цикла с учетом авторского взгляда на последствия массового внедрения ВИЭ в энергетику позволяет говорить об общей эффективности ВИЭ как инструмента смягчения негативных последствий спада экономической активности и ускоренного восстановления экономики после депрессии.

Отсутствие обязательной необходимости в энергопередающей инфраструктуре на большие дистанции, выделяемое в данном отношении как одно из главных преимуществ ВИЭ, оказывается тем более значимым, чем менее мощным является отдельный преобразователь (генератор) возобновляемой энергии. Так, на микроуровне использование энергии осуществляется непосредственно на месте установки соответствующего оборудования, мезоуровень подразумевает близость установки более мощного генератора или их группы, в то время как макроуровень не представляется возможным без сетевого подключения электрической станции на базе ВИЭ наибольшей мощности.

Безусловно, для достижения рассматриваемого благоприятного экономического эффекта количество объектов микрогенерации возобновляемой энергии подразумевается наибольшим и уменьшается по мере приближения к макроуровню.

Н.Д. Кондратьев подчеркивал важность технологических новшеств, стимулирующих рост экономики, поскольку именно новизна технико-технологических решений вызывает приток инвестиций, что, собственно, и показала возобновляемая энергетика, ставшая заметным сектором энергетики и экономики, простимулирующая создание новых инновационных отраслей промышленности, сформировавшая новые направления исследований и разработок.

В этом плане сектор возобновляемой энергетики вполне сравним с динамичным развитием мобильной телефонной связи, обеспечившей надежное проникновение в удаленные регионы, при этом не потребовав существенных инвестиций в установку дорогостоящего кабельного

обеспечения и необходимой коммутирующей инфраструктуры, обеспечив 2/3 населения стран Африки устойчивой связью. Подобные примеры можно привести и для отечественной практики обеспечения доступной связью малолюдных и отдаленных районов.

Для оценки эволюции новшеств возобновляемой энергетики рассмотрим её этапы на фоне инновационных волн Й. Шумпетера, в основе которых лежит идея о получении предпринимательской сверхприбыли (определенная премиальная составляющая за инновационный риск) в инновационных технологиях и сегментах промышленности инноваторами, формирующих активных последователей (имитаторы), обеспечивающих вторичную фазу инвестиционно-инновационного роста, значительно влияющей на экономику в целом.

Эволюция возобновляемой энергетики началась существенно раньше формирования первой инновационной волны посредством применения энергии проточной и падающей волны и силы ветра.

Но можно отметить, что именно в окончании первой волны (основоположник теории инновационных циклов относил её начало с 1780-х до 1840-х годов, охарактеризовав волну активным применением энергии воды при динамичном развитии текстильной промышленности и металлургии) завершились исследования француза Э.Беккереля (отец нобелевского лауреата А.Беккереля, одного из первооткрывателей радиоактивности), создавшего с использованием хлорида серебра и раствора кислоты первую ячейку, которая вырабатывала электроэнергию при солнечном освещении.

Отметим, что Й. Шумпетер относил к инновациям не только новизну технологий, новшества в управленческих связях, но и все новое в применении ресурсов[99]. Повторим еще раз, что экологически чистое и надежное будущее энергетики видится с известными ранее видами возобновляемых источников

[99]Schumpeter J. A. Businesscycles. A theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process. Vol. 1. N. Y.— L., 1939. P. 132.

(ресурсов) энергии на новом продвинутом инновационном уровне их использования.

Исторический экскурс демонстрирует периодическую смену доминирующего энергетического ресурса. Замещение новым инновационным энергетическим ресурсом предшествующих до него источников происходило за в среднем полувековой период. Иногда этот промежуток времени сокращался до 30 лет. Доля нового ресурса достигала 60 – 70 % в энергетическом балансе и позже замещалась следующим более оптимальным для использования источником.

В пример приведём активное использование угля на смене девятнадцатого и двадцатого веков, в период завершения второй инновационной волны, длившейся в период с 1840 по 1900 годы, отметившейся созданием парового двигателя, активного строительства железнодорожной инфраструктуры, сталелитейных заводов.

Угольный ресурс в дальнейшем, как известно, был замещён нефтегазовыми источниками, что потребовало существенной трансформации обеспечивающей инфраструктуры, впрочем, свойственной любому энергетическому переходу.

Отметим немаловажную деталь, именно во вторую инновационную волну англичанин У.Адамс описал фотогальваническое воздействие солнечной энергии на селен (1878г.), доказав практическую возможность создания фотогальванической ячейки, а всего через пять лет американец Ч.Фриттс, покрыв тончайшим слоем золота селеновую поверхность, создал первый в мире солнечный генератор с КПД, равным одному проценту. В 1884 году первая солнечная электростанция была установлена на здании Нью-Йорка. В этот же период времени наш соотечественник А.Г.Столетов сформулировал первый закон внешнего фотоэффекта.

Период третьей инновационной волны, происходившей в период 1900-50 годов, ознаменовался Нобелевской премией А.Эйнштейна, полученной в том числе за теоретическое обоснование фотоэлектрического эффекта, а также

осознанием благодаря Д. Менделееву, что сменившая уголь нефть, не просто вид топлива, но и уникальное сырьё для продуктов глубокой переработки с высокой добавленной стоимостью.

В начале четвертой волны, период которой Й.Шумпетер определил с 1950 года по 1980 год, произошло событие, существенно повлиявшее на создание солнечной энергетики – Д.Чепином, Дж. Пирсоном и К.Фуллером была создана кремневая фотоэлектрическая ячейка с КПД в 6 процентов, и первый блок солнечных батарей обеспечил американскому спутнику Vanguard 1 электрическую мощность в 1 Вт в 1958 году. Также в рамках данной волны начались активные разработки по получению энергии на основе биомассы, появились первые промышленные установки.

Как известно, на конечном этапе четвертой волны произошел нефтяной кризис 1973 года, проинспирировавший предпосылки создания возобновляемой энергетики как нового вида уклада современной экономики, поскольку до него возобновляемая энергетика формулировалась как прикладная задача для отдаленной перспективы по каким-то причинам станет недоступной[100]. Отметим, что формальное завершение четвертой волны совпало с выходом американской компании ARCO Solar на годовую производственную мощность солнечных батарей 1МВт.

В рамках пятой инновационной волны все виды возобновляемой энергии получили активное развитие, а промышленное применение ВИЭ в этот период простимулировало развитие новых секторов энергетики, промышленности и управления для удовлетворения спроса на системы хранения, накопления и распределения энергии (более подробно в третьей главе).

В целом, как и определено теорией Й.Шумпетера, ВИЭ в своём развитии и распространении по странам имели две составляющие: инновационную и имитационную.

[100]Grundlagen der Energiepolitik / Ред. D. Reiche. – Frankfurt am Main: Peter Lang, 2005. s.21.

Особенно это явление проявилось на начальных этапах становления ветровой и солнечной энергетики. Примеры стран – лидеров освоения ВИЭ, которые способствовали распространению технологий возобновляемой энергетики как на этапе инновационной фазы, так и на этапе имитационной фазы, будут приведены ниже.

Корректно отметить о двух сопутствующих использованию возобновляемой энергетики позитивных экономических тенденциях: сопутствующем ВИЭ потенциале сбережения финансовых ресурсов конкретного собственника генератора возобновляемой энергетики и отсутствием затрат (либо существенно меньшими экологическими затратами по сравнению с традиционной энергетикой) на восстановление экологической ситуации на государственном уровне при отказе от использования традиционных невозобновляемых углеродных источников.

Сопутствующий потенциал сбережения финансовых средств, присущий ВИЭ проявляется как у индивидуального собственника, так и при их применении на государственном масштабном уровне.

После вычета затрат на приобретение, установку и ввод эксплуатацию соответствующего генерирующего оборудования (что, собственно, свойственно и традиционной энергетике), а также текущих эксплуатационных затрат, себестоимость возобновляемой генерации становится существенно ниже традиционной (подробные экономические расчеты будут представлены автором в третьей главе), поскольку не требует существенных денежных средств на импорт или приобретение исходного невозобновляемого ископаемого сырья.

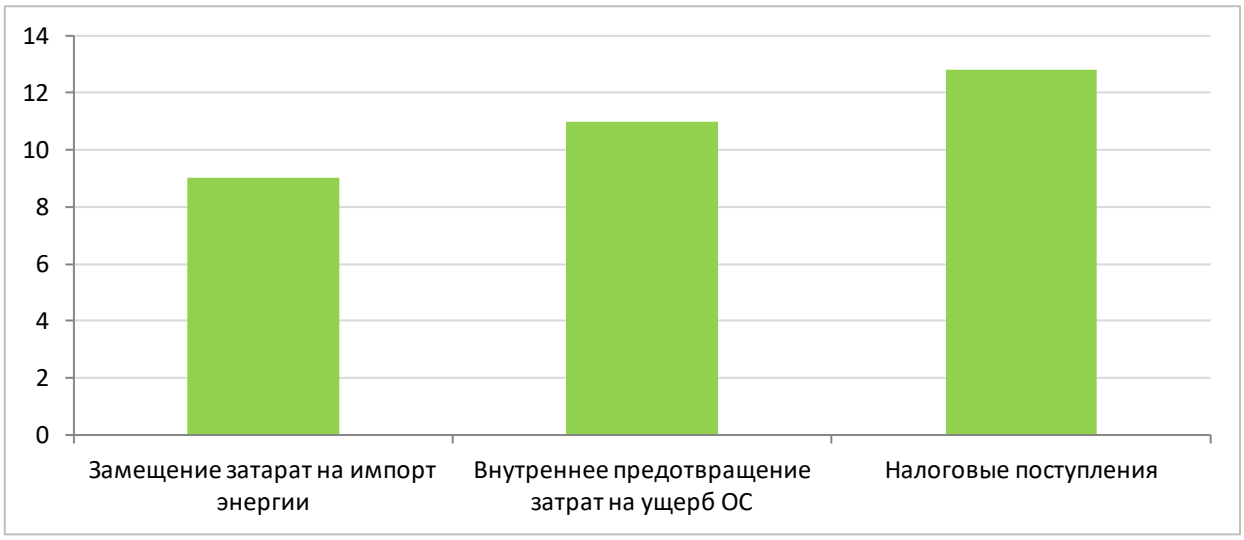


Рис. 8 Распределение финансового потенциала ВИЭ в ФРГ в сравнении с налоговыми поступлениями от деятельности возобновляемой энергетики в 2010 году (млрд. евро). Источник: Energy Bulletin, адаптировано автором.

Приведём в пример расчеты подобного финансового эффекта, проведенные в Федеративной Республике Германии, которые показали, что прежде всего, элемент экономии финансовых средств возникает на замещении ВИЭ импорта ископаемых ресурсов[101], далее формируются налоговые отчисления от деятельности ВИЭ (рис. 8). При сравнении сэкономленных затрат на импорт ископаемых ресурсов в ФРГ и их налоговых отчислений в различные уровни бюджета увидим, что одну треть от использования возобновляемой энергии предотвращает экологические потери, примерно треть экономит финансовые средства на импорт ископаемых ресурсов, оставляя возможность направить их рост уровня населения и чуть больше трети составляет налоговые отчисления.

Расчеты показали, что в 2015 году за счёт минимизации импорта невозобновляемых ресурсов ЕС сэкономил 23,7 миллиарда евро, к концу 2020 года объём финансовой экономии составил порядка 87 млрд. евро[102]. Данный показатель может быть скорректирован в сторону уменьшения при сохранении тенденций утилизации выработавшего свой срок оборудования в

[101] Energy Bulletin. 2012. № 4. P.12.
[102] Nicholls M. Wind energy to avoid €24bn of fuel costs in 2015, industry says. URL: www.environmental-finance.com/news/view/1772 (дата обращения: 25.01.2016).

третьи страны, а также пока еще недостаточно совершенным технологиям утилизации в собственных странах, оценке которого посвящен отдельный параграф в третьей главе.

Таким образом, развитие идей использования ВИЭ на фоне инновационных волн Й.Шумпетера не прекращалось даже с учетом отрыва от непосредственного применения в энергетической отрасли, что во многом предопределило высокую инновационную ёмкость сектора ВИЭ и необратимость его развития при практическом внедрении.

Наравне с этим, активное применение возобновляемой энергетики, лишенной зависимости от краткосрочной и долгосрочной ценовой конъюнктуры, сопутствующей традиционной ископаемой энергетике, обладает существенным потенциалом благоприятного изменения профиля длинных циклов Н.Д.Кондратьева с точки зрения экономики, в том числе подкрепленное финансовым потенциалом сбережения различного вида ресурсов, что также активизирует инновационное развитие экономики и формирует новые виды бизнеса и отраслей промышленности.

Перейдём к рассмотрению на базе изученных теоретических и сформированных институциональных условий развития ВИЭ принципов государственного регулирования баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии и их соответствия Целям устойчивого развития.

1.4. Государственное регулирование баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии как необходимое условие достижения целей устойчивого развития.

Исследуем основные принципы государственного регулирования баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии и их соответствия целям устойчивого развития в контексте создания соответствующей институционально-инвестиционной среды для активизации использования ВИЭ (в соответствии с базовыми принципами неизбежности продолжительных государственных затрат и их общей, в том числе, неэнергетической значимости), что влечет необходимость государственной поддержки как для создания первичной инфраструктуры и производств в области ВИЭ, так и в период их активного массового применения и инновационного развития, зависящего от формирования налоговых льгот и таможенных пошлин для локализации ввозимого оборудования. Рассматривая национальные особенности энергетической политики стран-лидеров активного применения возобновляемой энергии, выделим и оценим не только положительные эффекты регулирования, но и отрицательные, для учета их последствий и не повторения подобного в отечественной практике.

Необходимость управления соотношением возобновляемой и невозобновляемой энергетики именно со стороны государства обусловлена возможностью снижения глобальных энергетических рисков, более рационального использования ограниченных экономических ресурсов и оптимального соотношения общего ожидаемого социально-экономического эффекта применения ВИЭ и фактических затрат по их стимулированию.[103]

Как было доказано выше, возобновляемая энергетика не подвержена влиянию различного рода экономических кризисов, её вырабатываемая

[103] Бучнев А.О. Аспекты государственного и локального стимулирования развития рынка хранения и эффективного использования возобновляемой энергии в условиях ресурсных ограничений // Государственная служба. 2019. № 4. С.35.

энергия не зависит от ценовой конъюнктуры и постоянно способствует улучшению экологической обстановки и росту занятости.

Отметим достаточно важное синергетическое свойство регулирования баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии на государственном уровне. В тоже время, оценка текущего состояния традиционной энергетики, его основных фондов должна проводиться при наличии долговременного плана развития энергетики, предусматривающего постепенный вывод отработавших мощностей или их замещения генераторами ВИЭ при соответствующей целесообразности и наличии регионального потенциала возобновляемых источников энергии.

Постоянно проводимый государственный мониторинг удовлетворения потребности в энергии в пиковом периоде физическими и юридическими лицами должен ответить на вопрос уменьшения или роста энергодефицитных регионов и по данной информации должно приниматься решение о необходимости ввода новых видов возобновляемых энергетических ресурсов в соответствии с принятыми национальными обязательствами уменьшения углеродных выбросов и минимизации рисков от использования доминирующего регионального источника энергии. Это позволяет, не нарушая интересов бизнеса и государства, проводить постепенное замещение традиционной энергетики ВИЭ с одновременной политикой профессиональной переподготовки работников.

Как показывает мировой опыт не менее важно своевременно развивать наличие у домашних хозяйств частных мощностей микрогенерации и экономически стимулировать данный процесс. Одной из мер государственной политики стимулирования создания частных мощностей микрогенерации и соответствующей их мощности систем хранения, накопления и распространения энергии становится не только политика приобретения излишков вырабатываемой энергии, но и постоянные

финансовые выплаты владельцам резервных мощностей при их использовании государственными инфраструктурными объектами[104].

В Федеративной Республике Германии существующая практика поощрительных финансовых выплат обеспечивает владельцу частных резервных мощностей прибыль как за произведенную энергию в момент пиковой нагрузки, так и соответствующую прибыль при невостребованности в определенный период времени резервной мощности. Понятно, что подобная стимулирующая политика постепенно обеспечит рост резерва мощностей в частной собственности и сформирует дополнительные доходы среднего класса.

Важно отметить и ситуации, связанные с несвоевременностью процедуры ОРВ (оценка регулирующего воздействия) при корректировке нормирующих документов, определяющих правила применения ВИЭ на примере Чехии. Отказавшись от специализированного наблюдения за снижением отпускной ценой генераторов СЭС определенной установленной мощности имеющих право на институциональную поддержку, национальный регулятор не внёс в соответствующий список стимулирующих мер поддержки более современных генераторов пониженной мощности, и специализированные фирмы продолжили реализовывать СЭС, не отвечающие изменившимся запросам потребителей.

Промедление национального регулятора совпало во времени с дополнениями к изменению расчета налоговой базы в секторе солнечной генерации, компенсационным механизмом которых могло стать разрешение к применению солнечной генерации новой конструкции и мощности. В результате нежелательных совпадений произошло снижение инновационной активности в данном секторе ВИЭ, которое продлилось в течении 5 лет и потребовавшее стимулирующих действий для внедрения новой облегченной конструкции СЭС к использованию в небольших домохозяйствах, что

[104] Бучнев А.О. Перспективы возобновляемой энергии в ключевых страновых стратегиях // Труды Вольного экономического общества. 2019. № 1 (215). С. 333.

существенно оживило рынок солнечной генерации. Системность ошибки национального регулятора привела к необходимости анализа административных барьеров, которые в принципе противодействовали распространению маломощностных ВИЭ для небольших домашних хозяйств несмотря на существенное удешевление их производства, объемной минимизации их параметров и затрат при эксплуатации, и как следствие снижению срока возврата инвестиций. После проведения соответствующих моменту процедур ОРВ и введения поправок в соответствующие нормативно-правовые документы, что ВИЭ до 10 кВт не потребуют лицензирования, что довело их реализацию до 15 тысяч единиц (в основном СЭС) в год.

В Испании для ускорения применения ВЭС на региональном уровне национальным правительством корректируются «зелёные» тарифы, обеспечивающие нормативную прибыль инвестору при реализации возобновляемой энергии местным сообществам, что сформирует в стране 20 тысяч новых рабочих мест[105]. Однако, отсутствие процедуры ОРВ при введении налога на личное потребление собственником генератора возобновляемой энергии ограничило ряду частных производителей доступ к инфраструктуре[106], что привело к росту цен на электроэнергию и изменило уровень энергетической бедности не в лучшую сторону.

Рассмотрим и положительные стороны своевременных процедур ОРВ на примере Австрии в сегменте регулирования, тесно сопряжённом с сектором ВИЭ направлением повышения эффективности энергосбережения вновь возводимых и действующих зданий и сооружений. Разработанная политика мер институциональной поддержки данного направления в конце 2008 года включала субсидии, целевым назначением которых стало техническое переоснащение зданий энергоэффективными технологиями,

[105] Hnutí DUHA. URL: https: //hnutiduha.cz (дата обращения: 18.08. 2019).
[106] Правительство отменяет налог «на солнце» и принимает срочные меры по снижению цен на электричество. URL: https://espanarusa.com/ru/news/article/642544 (дата обращения: 18.08. 2019).

направленными на снижение их энергопотребления (в Австрии здания потребляли на тот момент 1/3 произведенной в стране энергии), для стимулирования количества зданий, относящихся к классу «энергия плюс» (объект регулирования в определенный нормативом годовой период генерирует энергии больше, чем использует на собственное потребление).

Данные программа включала меры популяризации среди населения, которые привели к тому, что восемьдесят процентов австрийцев выступили за ускоренный отказ от применения ископаемых ресурсов, что практически совпадает с мнением англичан, где семьдесят пять процентов высказались аналогичным образом[107]. Очевидно, что политика планомерного развития ВИЭ нашла свое отражение в конечных потребителях разного объёма потребляемой и производимой энергии, и была воспринята без противодействия со стороны традиционной энергетики на всех уровнях управления энергетических и экономических систем.

Инструменты поощрения частной генерации ВИЭ на государственном уровне включают в себя недискриминационный доступ к передающей инфраструктуре, приоритет реализации энергии местным сообществам, расширения количества собственников генераторов ВИЭ, оптимизация налоговых вычетов на приобретаемое оборудование[108], поощрение личного вклада граждан в улучшение экологической обстановки на основе нового знания и новых возможностей, в качестве надежных инвестиций не только в экономику собственного домохозяйства, но и в собственное саморазвитие[109].

Скорость распространения класса просьюмеров в данном контексте напрямую зависит от условий выкупа производимой ими электроэнергии и

---

[107] DECC Public Attitudes Tracker – Wave 10. Department of Energy & Climate Change. Summary of key findings. London. 2014. August. P.3.

[108] Бучнев А.О. Мировые тенденции управления соотношением возобновляемой и невозобновляемой энергии // Проблемы теории и практики управления. 2019. № 1. С.57.

[109] Бучнев А.О. Непрерывное образование – инвестиции в успех завтрашнего дня // Нефть, газ и бизнес. 2006. № 9. С.67.

пределов объёма генерации для частных лиц. Социально-экономический смысл поощрения просьюмеров содержится в возможности не только полной самоокупаемости конкретного частного объекта с точки зрения стоимости его обслуживания, но и росту финансового благосостояния его владельца или владельцев в целом, что при условии массовости данного явления обеспечивает как социальное выравнивание уровня жизни, так и массовый спрос на соответствующее оборудование, что влечёт за собой общий благоприятный экологический эффект.

Одна из ключевых целей государственного поощрения активного применения ВИЭ должна заключаться не только в постепенном замещении невозобновляемых ресурсов для перехода к низкоуглеродной и в дальнейшем улеродно-нейтральной экономике, но и для расширенного использования невозобновляемых ресурсов для дальнейшей глубокой переработки и создания продукции с высокой добавленной стоимостью.

Рассмотрим возможность достижения Целей устойчивого развития (ЦУР), на авторский взгляд, решаемые государственным регулированием баланса возобновляемой и традиционной энергетики как на наднациональном (межгосударственном), государственном (федеральном), так и на региональном и индивидуальном уровнях. Важно отметить, что в силу значительного развития мощностей традиционной энергетики, а также раскрытой проблематики использования ВИЭ для глобальных энергетических задач, именно возможность достижения ЦУР предопределяет необходимость целевого стимулирования ВИЭ, и как следствие смещения баланса энергетики их пользу. Подходы к исполнению соответствующих задач, равно как и систематизированные предполагаемые результаты от ускорения применения ВИЭ в энергетике и экономике представлены в таблицах 1, 2, 3, 4. Как известно ЦУР направлены на постоянное улучшение благосостояния населения, экологическую защиту окружающей среды, стабильный экономический рост, непрерывное повышение уровня образования населения, совершенствование систем национального

здравоохранения, своевременного решения вопросов социальной политики, планомерного роста рабочих мест, включая высокотехнологические рабочие места и ряда других не менее благородных гуманистических, экономических и общечеловеческих задач.

Авторская интерпретация сопутствующих активному применению ВИЭ возможностей по отношению к Целям устойчивого развития позволяет ожидать результаты, которые не имеют аналогов по масштабу позитивного комплексного воздействия на энергетическую, социально-экономическую и экологическую сферы общества в случае использования других существующих сегодня доступных энергетических ресурсов.

Механизмы достижения ключевых ЦУР таблицы 1 сводятся к универсальной рекомендации создания международных институциональных условий применения, распространения и стимулирования возобновляемой энергии, к механизму достижения цели по борьбе с изменением климата (№13) необходимо добавить инициализацию и выполнение межгосударственных экологических программ, программ ООН.

Таблица 1 ВИЭ в решении наднациональных задач (Удовлетворение экологических и гуманитарно-социальных потребностей на базе построении углеродно-нейтральной экономики будущего) в рамках ЦУР.

Наднациональные цели устойчивого развития	**Ожидаемые результаты**
ЦУР 1: ликвидация нищеты.	▪ доступ к базовым ресурсам за счет внедрения ВИЭ. ▪ обеспечение локальной занятости и повышение уровня жизни населения.
ЦУР 2: ликвидация голода	▪ рост энергообеспеченности малых и средних фермерских хозяйств с целью увеличения производства продовольствия. ▪ минимизация энергетической бедности для сокращения масштабов голода. ▪ рост инвестирования в сельскохозяйственные автономные энергосистемы.
ЦУР 3: хорошее здоровье и благополучие.	▪ повышение средней продолжительности жизни за счет снижения глобального риска плохой экологии. ▪ рост дополнительных доходов населения. ▪ рост индекса счастья от осознания личного участия в деле распространения «зеленой» экономики. ▪ распространение практики поощрения просьюмеров.

ЦУР 6: чистая вода и санитария.	▪ повышение качества воды посредством уменьшения загрязнения. ▪ сокращение доли неочищенных сточных вод за счет автономных ВИЭ и увеличение масштабов рециркуляции.
ЦУР 7: недорогостоящая и чистая энергия.	▪ снижение национальных долговых обязательств межгосударственным экономическим объединениям. ▪ решение проблемы отсутствия доступа двух миллиардов человек к снабжению электрической энергией.
ЦУР 8: достойная работа и экономический рост.	▪ создание сопряженных с ВИЭ новых подотраслей экономики. ▪ формирование высокооплачиваемых рабочих мест. ▪ активизация банковской сферы посредством создания дополнительного вида продукта: рост доступа к кредитным механизмам новых пользователей. ▪ повышение эффективности использования ресурсов всех видов.
ЦУР 9: индустриализация, инновации и инфраструктура.	▪ создание новых производственных мощностей. ▪ интенсификация внедрения инноваций. ▪ обновление и совершенствование инфраструктуры. ▪ цифровизация процесса производства и распределения энергии. ▪ создание сопряженных с ВИЭ новых сегментов экономики. ▪ создание высокооплачиваемых рабочих мест.
ЦУР 10: уменьшение неравенства.	▪ повышение заработанной платы и социальной защиты населения. ▪ рост дополнительных доходов населения через популяризацию и создание условий для распространения практики просьюмеров.
ЦУР 11: устойчивые города и населенные пункты.	▪ повышение надежности обеспечения энергией, в том числе и вновь возводимого жилья. ▪ смягчение последствий изменения климата. ▪ улучшение городской экологической среды, в том числе за счет экологичного транспорта.
ЦУР 12: ответственное потребление и производство.	▪ комплексное взаиморазвитие ВИЭ и программ энергосбережения. ▪ сохранение невозобновляемых ресурсов для дальнейшей глубокой переработки. ▪ минимизация субсидирования ископаемого топлива. ▪ оптимизация энергопотребления домашних хозяйств на базе ВИЭ.
ЦУР 13: борьба с изменением климата.	▪ улучшение экологической ситуации в мире. ▪ формирование углеродно-нейтральной экономики будущего. ▪ снижение климатических рисков.
ЦУР 17: партнерство в интересах устойчивого развития.	▪ распространение политики доверия между странами, снижение напряженности международной обстановки, связанной с конкуренцией за первичной энергией. ▪ повышение глобальной макроэкономической стабильности.

Таблица 2 ВИЭ в решении общегосударственных (федеральных) задач устойчивого развития на макроуровне регулирования.

Решение задач устойчивого развития	**Механизмы решения**	**Ожидаемые результаты**
Появление инновационных секторов экономики.	▪ создание плановых ориентиров для бизнеса в среднесрочный и долговременный период. ▪ стимулирующие инвестиционные контракты для бизнеса в сфере производства и потребления ВИЭ. ▪ налоговые льготные вычеты на устанавливаемое оборудование ВИЭ, нормативы ускоренной амортизации. ▪ нормативы локализации в отечественном производстве и заключение соответствующих офсетных контрактов.	▪ формирование и стимулирование сопредельных с ВИЭ отраслей энергетики и экономики. ▪ формирование рабочих мест. ▪ высвобождение невозобновляемых ресурсов, применяемых в виде топлива, для дальнейшей глубокой переработки. ▪ качественное улучшение структуры национальных бюджетов. ▪ интенсификация внедрения инноваций.
Инфраструктурное и технологическое стимулирование применения ВИЭ.	▪ своевременные нормативные акты и технические стандарты. ▪ инфраструктурное обеспечение. ▪ предоставление допуска владельцев генераторов ВИЭ вне зависимости от объёма производства электрической энергии.	▪ модернизация в секторе ВИЭ. ▪ совершенствование и расширение инфраструктурных возможностей на федеральном уровне. ▪ увеличение налоговых отчислений в бюджет от новых видов деятельности.
Рост надежности энергоснабжения с/х на базе возобновляемой энергетики.	▪ субсидиарная политика для с/х по категориям используемых ВИЭ. ▪ налоговые вычеты на приобретаемое оборудование. ▪ ужесточение штрафных санкций за нитратные загрязнения почвы животноводческими хозяйствами.	▪ замещение импортируемой энергии за счет биоэнергии локального производства. ▪ рост надежного снабжения электрической энергией сельскохозяйственных отдаленных регионов. ▪ минимизация нитратного загрязнения в грунтовых водах за счет применения биоэнергии.
Уменьшение углеродных выбросов.	▪ стимулирующие ВИЭ налоговая политика ▪ налог на углеродные производства. ▪ создание и расширение инфраструктура для	▪ снижение негативного воздействия на экологию от применения ископаемых источников. ▪ снижение выбросов CO_2 от автомобилей с двигателями внутреннего сгорания.

	использования наиболее экологичных автомобилей.	▪ создание углеродно-нейтральной экономики.
Снижение социальной напряженности.	▪ Поощрение деятельности просьюмеров.	▪ улучшение качества жизни и её продолжительности. ▪ снижение энергетической бедности. ▪ появление дополнительных доходов у населения.
Рост национальной энергетической независимости.	▪ принятие стимулирующих законов, стимулирующих применения ВИЭ, включая системы хранения, накопления и распределения энергии.	▪ сокращение влияния импортируемых ресурсов на национальную экономику. ▪ стабилизация экономической ситуации.
Создание института гражданского взаимодействия государства, общества и бизнеса	▪ принятие стимулирующих инициатив, поддерживающих локальные сообщества, активно использующих возобновляемую энергию, развитие института просьюмеров.	▪ развитие института гражданского общества, направленного на достижение целей согласия в единстве: государства, общества и бизнеса. ▪ рост дополнительных доходов государства, общества и бизнеса.
Создание углеродно-нейтральной экономики.	▪ совершенствование национального плана действий по достижению нулевых выбросов в атмосферу.	▪ формирование чистой экономики и энергетики, удобной для проживания последующих поколений.

Источник: адаптировано автором.

Отметим, что ряд выявленных особенностей ВИЭ в решении наднациональных задач удовлетворения экологических и гуманитарно-социальных потребностей согласуется с действующими целями развития Российской Федерации на период до 2030 года[110], утвержденными Указом Президента Российской Федерации 21 июля 2020 года, а в части механизмов решения общегосударственных задач будут способствовать достижению целей Стратегии национальной безопасности[111] (далее – Стратегия).

Активное развитие ВИЭ в отечественных условиях внесут свой вклад (в соответствии с таблицами 1, 2) в достижение целей Стратегии в части

[110] Указ Президента Российской федерации от 21.07.2020 года № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».
[111] Указ Президента Российской федерации от 02.07.2021 года № 400 «О Стратегии национальной безопасности».

глобальной цели улучшения благосостояния населения, выраженного развитием человеческого потенциала и качества жизни (раздел III, п.25, ч. 1), обеспечения роста реальных доходов, особенно для группы малообеспеченных граждан (раздел IV, п.33, ч.1) и развития институтов гражданского общества (п.47, ч.5).

Аспекты устойчивого развития и бережного отношения к окружающей среде в условиях изменяющегося климата также отражены в разделе IV Стратегии.

Процесс структурной трансформации российской экономики представляется невозможным без преодоления структурных ограничений, стратегического государственного регулирования и обеспечения роста конкурентоспособности.

Вовлеченность крупного бизнеса, стимулирование частного предпринимательства, новые высокотехнологичные производства и низкоуглеродные технологии должны стать ключевым фактором создания новых рынков и перехода от экспорта сырья к его глубокой переработке.

Отдельное внимание уделяется энергетической безопасности и эффективности, совершенствованию механизмам управления ТЭК как на государственном, так и на региональных уровнях и значимости ВИЭ в процессе создания низкоуглеродной энергетики (п.67)

Необходимость развития транспортной и энергетической инфраструктуры обозначена в контексте требований обеспечения комфортной среды для проживания и улучшения качества атмосферы, в том числе путем создания государственной системы регулирования выбросов парниковых газов и увеличения объемов их поглощения (п.83).

Стоит заметить, что ВИЭ в данном отношении указаны только в контексте энергетических и некоторых экологических целей, что наравне с принятой Стратегией социально-экономического развития Российской

Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года[112], также позиционирует данный сектор энергетики как инструмент достижения преимущественно экологических целей. В связи с этим, на взгляд автора, требуется коренная трансформация позиционирования ВИЭ в России в соответствии с общемировой практикой, в том числе выявленным ранее принципом глобальной, в том числе неэнергетической значимости, но с учетом национальных, а также региональных, особенностей развития энергетики. Это поспособствует разработке совокупности институциональных и экономических механизмов, обеспечивающих реализацию сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергетики в Российской Федерации что является целью настоящего диссертационного исследования.

На региональном уровне решаемые ВИЭ задачи (таблица 3), масштабируют ключевые стимулирующие подходы активного внедрения возобновляемой энергии на федеральном уровне с учётом специфики локальных особенностей конкретного региона.

Следует отметить, что поощрение деятельности просьюмеров, отнесенное к механизмам решения общегосударственных задач, отсутствует в задачах региональной экономики поскольку предполагает одну из наиболее важных форм улучшения социально-экономических показателей, которая не будет возможной без повсеместного распространения соответствующей практики.

Вышеизложенные меры по стимулированию применения ВИЭ нацелены на достижение ключевых целей Стратегии, ориентированные на совершенствование государственного управления в рамках стимулирования крупного, среднего и малого бизнеса и активного включение гражданского общества в решение энергетических и экономических задач.

[112] Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р.

Таблица 3 ВИЭ в решении задач развития региональной экономики на мезоровне регулирования.

Задачи на региональном уровне	**Механизмы решения**	**Ожидаемые результаты**
Устойчивое развитие региональной экономики.	▪ стимулирование использования ВИЭ на региональном уровне. ▪ применение норматива ускоренной амортизации на оборудование ВИЭ. ▪ налоговая оптимизация при приобретении оборудования ВИЭ. ▪ формирование кредитной политики для активизации применения ВИЭ.	▪ формирование новых видов региональной промышленности, энергетики и экономики. ▪ формирование дополнительных квалифицированных рабочих мест. ▪ рост регионального платёжного спроса. ▪ развитие инновационного регионального бизнеса. ▪ улучшение кредитного портфеля банковской сферы. ▪ рост предложения финансовых продуктов. ▪ рост надежности обеспечения различного рода энергией удаленных регионов. ▪ Нормализация тарифообразования тарифов на энергию для населения и промышленности

Источник: адаптировано автором.

В то же время, меры государственного стимулирования активного применения возобновляемой энергии на индивидуальном уровне (таблица 4) должны включать более широкий спектр механизмов поощрения для вовлечения населения в данный процесс, поскольку общий ожидаемый результат в виде позитивного изменения благосостояния и экологии представляется возможным исключительно вследствие наиболее масштабного использования ВИЭ на данном уровне. Также стоит отметить, что с точки зрения глобальных энергетических факторов эффект стимулирования ВИЭ на микроуровне наименее значителен.

Таблица 4 Решение различного рода задач использование ВИЭ на микроуровне уровне регулирования.

Виды стимулов	Механизмы решения	Ожидаемые результаты
Стимулы индивидуального уровня.	▪ проведение политики непрерывного образования для формирования компетенций в области разработки и применения ВИЭ с учетом их инновационного потенциала. ▪ субсидируемый пониженный банковский процент на оборудование для использования ВИЭ. ▪ расширение инфраструктуры для использования частных хранилищ энергии. ▪ расширение инфраструктуры для использования наиболее экологичных автомобилей. ▪ снижение административных барьеров при подключении к инфраструктуре. ▪ налоговый вычет при расчете имущественного налога на приобретаемое оборудование генерирующей возобновляемую энергию. ▪ бесплатная парковка в общественных местах и пользование выделенными полосами при эксплуатации наиболее экологичных автомобилей. ▪ приоритетное обслуживание владельцев наиболее экологичных автомобилей.	▪ повышение уровня жизни. ▪ личный вклад в дело защиты окружающей среды. ▪ рост самосознания от получения новых знаний. ▪ независимость и дополнительная надежность индивидуального энергоснабжения. ▪ вовлечение в единый процесс частных собственников генераторов возобновляемой энергии для решения социально-экономических задач муниципального уровня. ▪ использование ВИЭ, средств хранения энергии и наиболее экологичных автомобилей как личных инноваций. ▪ прямая экономия личных финансов по завершению окупаемости проекта. ▪ формирование новых источников денежных поступлений от продажи избытков генерируемой электрической энергии. ▪ формирование новых источников денежных поступлений от хранения и накопления энергии, включая возможности аккумулятора электромобиля. ▪ меньшая себестоимость при высоко инновационном сервисе электромобиля. ▪ экономия личных средств от бесплатного использования городскими стоянками. ▪ ускорение передвижения и прочие привилегии относительно владельцев обычных автомобилей с двигателем внутреннего сгорания.

Источник: адаптировано автором.

Стоит дополнительно отметить, что в перечне как предполагаемых автором подходов, так и ожидаемых результатов активизации использования ВИЭ на глобальном, макро-; мезо- и микроуровнях была учтена необходимость позитивного воздействия на энергетическую, социально-экономическую и экологическую сферы общества, что в комплексе является одной из главных отличительных возможностей развития энергетики на базе ВИЭ. В тоже время, раскрытые ранее неэнергетические экстерналии использования ВИЭ, подкрепленные необратимостью инновационного развития данного сектора энергетики позволяют говорить о возможности смещения акцента его значимости в пользу преимущественно социально-экономических факторов с точки зрения институциональных и экономических механизмов, что, в свою очередь, является предметом настоящего диссертационного исследования.

Также необходимо подчеркнуть, что под активизацией использования ВИЭ (в идеальных условиях) подразумевается масштабная реализация проектов широкого спектра назначения, включающих генерацию электроэнергии, производство тепла и биотоплива, а также развитие рынка электромобилей, имеющего косвенную, но устойчивую связь с возобновляемой энергетикой.

Последнее объясняется тем, что нет технических причин ограничивающих использование традиционных энергетических ресурсов для питания электромобиля, но в силу экологических тенденций современности данная возможность представляется как минимум неэтичной. Дополнительным подтверждением наличия данной связи служит фактический роста спроса на электрический транспорт прежде всего в тех странах, где проводится политика активного развития возобновляемой энергетики (более подробно во 2 главе настоящего диссертационного исследования).

Из числа всех возможностей использования первичных возобновляемых ресурсов с точки зрения целевого государственного

стимулирования именно генерация электроэнергии получила наибольшее распространение. Сочетание оптимальных институциональных условий с более ранним государственным осознанием неотвратимости перемен в энергетической и экологической сфере, а значит и своевременным формированием условий для эффективного опережающего перехода на возобновляемую энергию выявило стран-лидеров производства электроэнергии посредством ВИЭ[113], представленных на рисунке 9. При составлении рейтинга был учтена доля всех видов возобновляемой энергетики в общем объёме произведенной энергии за 2019 год странами мира.

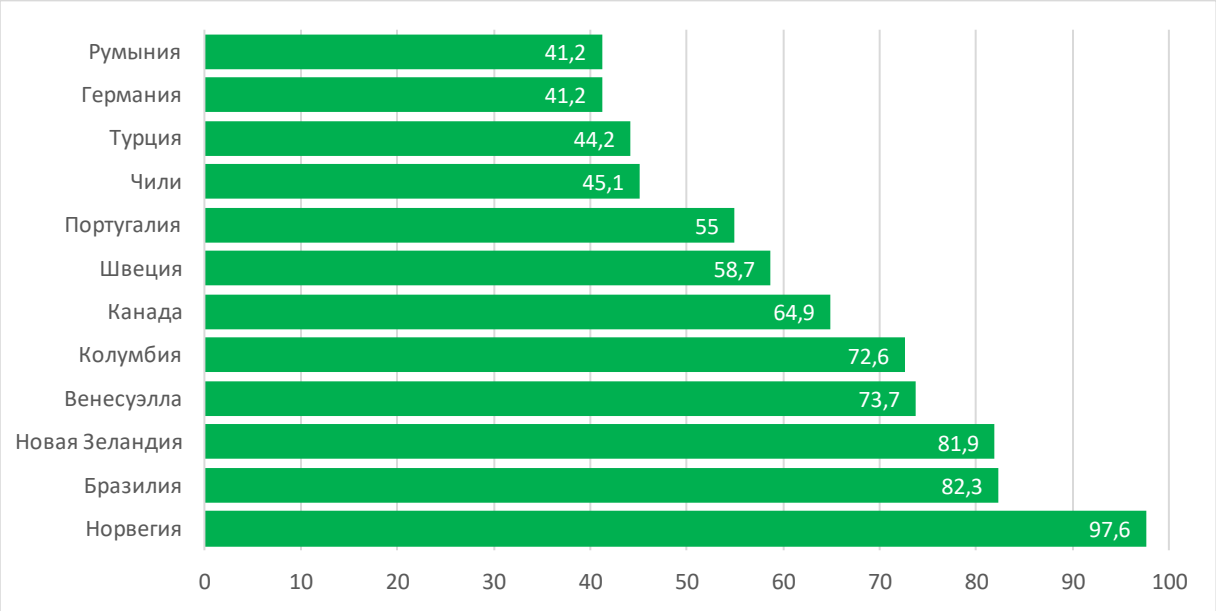


Рис. 9 Страны с максимальной долей производства электроэнергии посредством ВИЭ в 2019 году. Источник: Enerdata.

Несмотря на ключевую роль в деле формирования европейской энергетической политики Германии, её результат в 41,2% находится на 11 строчке рейтинга, который превосходит Швеция (на 17,5 п.п.) и Норвегия, которая является абсолютным лидером с 97,6% производства электрической энергии посредством возобновляемых источников.

[113] Global yearbook. URL: https://yearbook.enerdata.ru/renewables/renewable-in-electricity-production (дата обращения: 20.10.2020).

Так же заслуживает внимания Канада, находящаяся на 6 строчке с долей ВИЭ равной 64,5%. Тем не менее, Германия обладает одним из наиболее диверсифицированных ТЭБ, в то время как большинство стран данного рейтинга обеспечивают высокие показатели благодаря использованию гидроэнергии. В случае, если учитывать наиболее ярких представителей сектора прочих ВИЭ в виде солнечной и ветровой генерации, то с долей не меньше ¼ валового производства электрической энергии лидируют Германия, Испания и Португалия.

Данные результаты показывают практическую возможность успешного применение возобновляемых источников энергии в странах с холодным климатом и высокой энергоемкостью вопреки распространенному суждению, что только в южных широтах от ВИЭ можно добиться значимого результата, но не отменяют его, показатели Бразилии (82,3%, 2 место) и Португалии (55%, 8 место), что так же заслуживает определённого внимания. Для сравнения в России по состоянию на 2019 год этот показатель составил лишь 17,9%

По имеющимся оценкам использование перечисленных выше принципов государственного регулирования баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии существенно изменит структуру мировых установленных мощностей производства электроэнергии и увеличит долю ВИЭ практически вдвое – с 1/3 в 2020 году (рис. 10) до 2/3 в 2050 году (рис. 11) или даже до 77%, если взять позитивный сценарий ООН развития доли возобновляемой энергетики, речь о котором пойдет далее.

Можно отметить, что потенциал большой гидрогенерации находится на уровне технического максимума, в то время как ветровая, солнечная и геотермальная генерация энергии (отнесенные к прочим ВИЭ) все еще находится в точке существенного запаса развития, и ожидаемое изменение их соотношений за ближайшие тридцать лет позволит достигнуть практически половины генерирующих мощностей по миру.

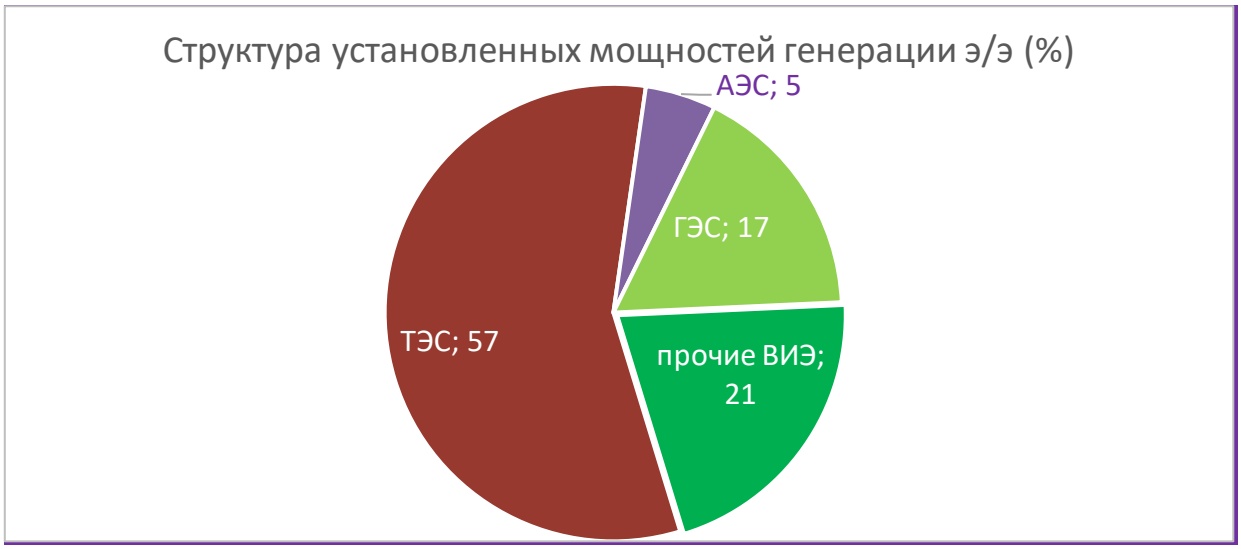


Рис. 10 Структура мировых установленных мощностей электростанций в 2020 году. Источник: МЭА, адаптировано автором.

Рассмотрим соотношение установленных мощностей в 2020 и 2050 году в абсолютных значениях.

Конечно, 38 процентов тепловой традиционной генерации в ГВт установленных мощностей в 2050 году по объему вырабатываемой электрической энергии по сравнению с текущими объёмами 57 процентов в 2020 году будут больше (рисунок 13), но прирост установленных мощностей ВИЭ (рисунок 12) будет на порядок динамичнее.

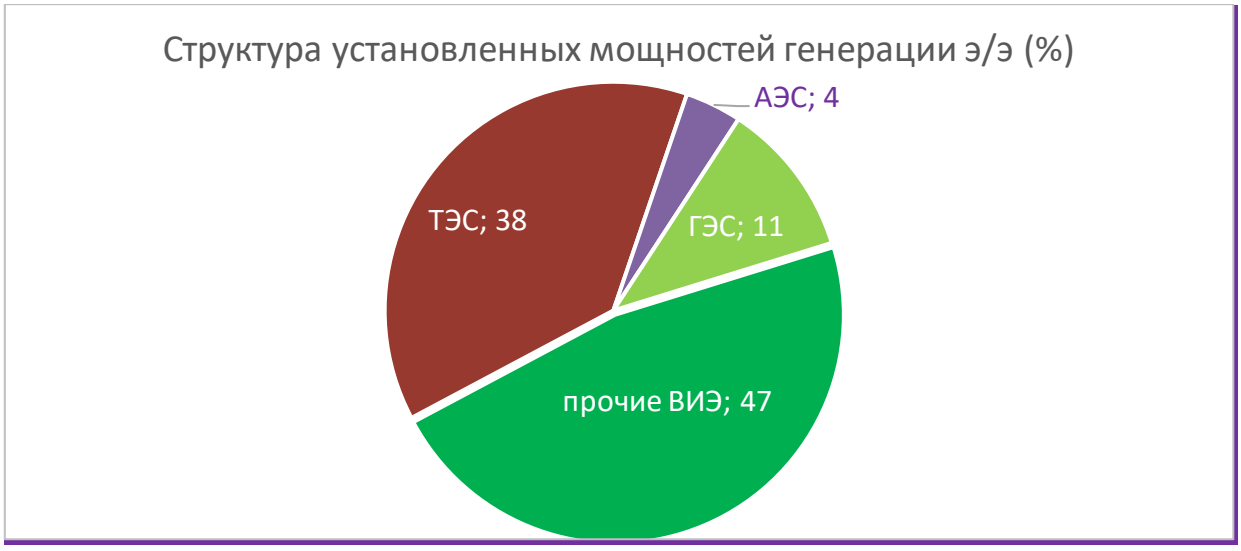


Рис. 11 Структура установленных мощностей электростанций в 2050 году. Источник: Enerdata, адаптировано автором.

Потенциал большой гидрогенерации, как мы отмечали ранее, в мире практически подошел к техническому максимуму, и её доля в общем балансе будет постепенно снижаться, а применение атомной генерации будет долгое время находиться под страхом общественного давления повторения аварий Три-Майл-Айленда (США), Чернобыля (СССР) и Фукусимы (Япония).

Тем не менее, несмотря на значительное общемировое снижение ожиданий относительно будущего атомной энергетики с конца 70-х и особенно с середины 80-х годов прошлого столетия, приобретенные компетенции ключевых стран, развивавших использование этого вида энергии, обеспечили региональную концентрацию и локальное развитие генерирующих мощностей на его базе. Так, наряду с Россией, в число крупнейших производителей атомной энергии входят США, Франция и Китай.

Вполне закономерно, что в структуре прочих ВИЭ больший прирост ожидают мощности солнечной и ветровой генерации (64% и 35% от общего роста, соответственно), но и удельный прирост такого вида мощностей, как геотермальная генерация произойдет более чем 2,5 раза (рис. 12).

Отметим и изменение структуры невозобновляемой генерации за тот же период времени с 2020 года по 2050 год (рис. 13).

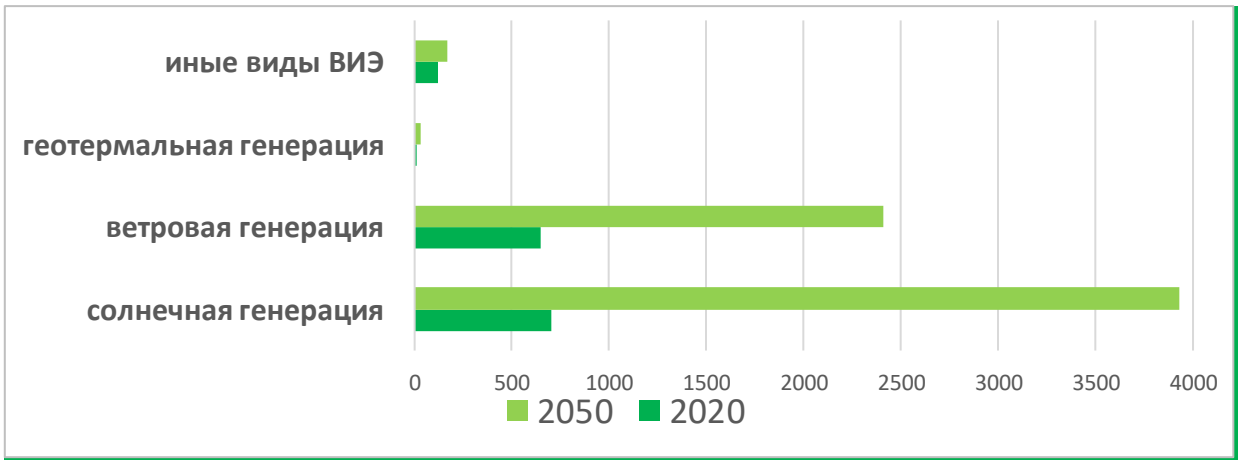


Рис. 12 Прогнозное развития ВИЭ до 2050 по видам, ГВт. Источник: Enerdata, адаптировано автором.

Как отмечалось выше, за отсутствием значимых инвестиций в угольную генерацию изменение генерирующих мощностей произойдет в пределах 2%, генерация на жидком топливе вовсе сократится в двукратном размере и только газ ожидаемо покажет прирост на уровне 82% от состояния базового периода.

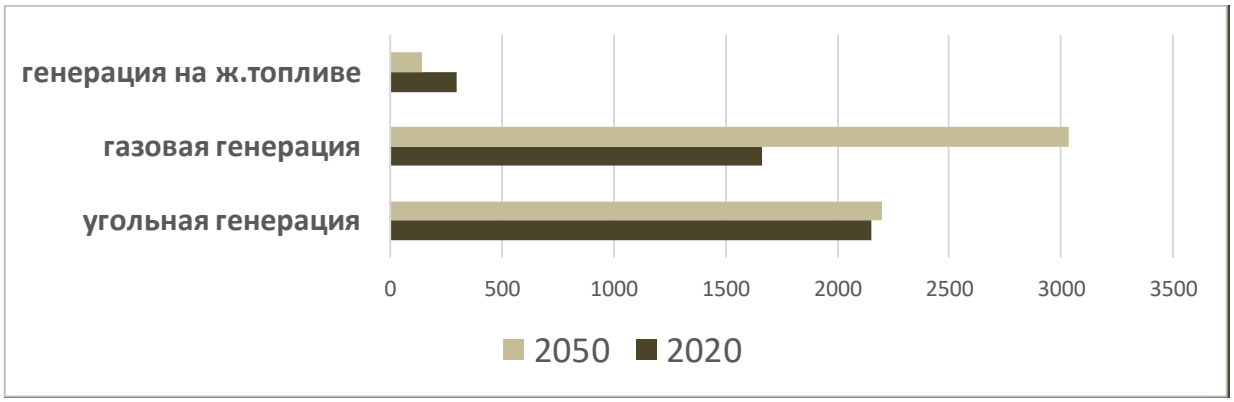


Рис. 13 Прогноз развития электрогенерации на базе невозобновляемой энергии по видам, ГВт. Источник: Enerdata, адаптировано автором.

Подчеркнем, что в 2019 году, при снижении динамики экономического роста произошло незначительное снижение общего энергопотребления в мире по отношению к средневзвешенной динамике (2 % в год) на временном периоде с 2000 - 18 годов, составив 0,6 % за год[114].

Тем не менее в 2019 году доля всех возобновляемых источников энергии в общем первичном потреблении электроэнергии достигла 27 %, в основном за счет ветровой и солнечной генерации в Китае, Индии, Европейском Союзе, США, Японии и ряде других стран, стратегии развития которых мы рассмотрим далее.

Посмотрим на ключевые выводы (одобренные представителями 194 стран) доклада 2015 года Межправительственной группы экспертов по изменению климата ООН, сообщающие нам, что доля ВИЭ по оценке

[114] Статистический ежегодник мировой энергетики. URL: https://yearbook.enerdata.ru /total-energy/world-consumption-statistics.html (дата обращения: 10.10.2020).

позитивного сценария достигнет 77% в мировом балансе производства электроэнергии, в негативном варианте – 15%[115].

Как видим негативный вариант сценария уже не реализуется, но и позитивный сценарий автор считает избыточным, останавливаясь на оптимальном сценарии с 58 % (рисунок 11).

По совокупности факторов налицо следствие приоритетного использования возобновляемой энергии, которое, наравне с определенным ранее сочетанием принципов глобальной, в том числе неэнергетической значимости и продолжительных государственных затрат, может быть интерпретировано как фактор интенсификации внедрения ВИЭ в энергетику в целом большинства из стран. Более подробный анализ отдельных государственных стратегий и значимых для настоящего вывода результатов будет произведен в главе 2.

Оригинальное сравнение конкуренции между ВИЭ и ТИЭ дает Дж. Рифкин, подчеркивая, что «ископаемое топливо – уголь, нефть и природный газ – является элитным источником энергии по той простой причине, что они встречается только в определенных местах»[116], а «стоимость генерирования и распространения энергии из возобновляемых источников тоже будет стремиться к нулю. Солнце и ветер доступны каждому и никогда не иссякнут»[117].

В продолжение идеи Кл. Шваба об актуальных сценариях возвращения «значительной части глобального производства в развитые экономики в рамках четвертой промышленной революции … если доступность дешевой рабочей силы более не является определяющим фактором

---

[115]ООН: возобновляемые источники могут давать до 80% энергии к 2050 году. URL:http://www.dfacto.ru/presscenter/news/novosti_it_tehnologij/oon_vozobnovlyaemye_istochniki_mogut_davat_do_80_energii/ (дата обращения: 10.11.2015).

[116] Рифкин Дж. Третья промышленная революция: как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом / Джерими Рифкин: Пер. с англ. – Москва : Альпина. 2014. С.154.

[117] Рифкин Дж. Третья промышленная революция: как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом. / Джерими Рифкин: Пер. с англ. – Москва : Альпина. 2014. С.311.

конкурентоспособности компаний[118]» добавим постулат о доступности дешевой первичной возобновляемой энергии.

Рассмотрим сложный и политизированный вопрос государственного регулирования возобновляемой и невозобновляемой энергии как субсидирование различных видов энергии через использование разного рода инструментов и возможностей, определяемых национальной государственной политикой, например, льготным налогообложением и бюджетными трансфертами.

Расчеты Международного валютного фонда сообщают о продолжающейся положительной динамике уровня субсидий на ископаемое топливо, которые за 2015 год составили 4,7 триллиона долларов США, или 6,3% мирового ВВП, проанализировав данные о субсидиях 191 страны, среди которых максимум субсидий предоставил Китай - 1,4 триллиона долларов США - 649 миллиард долларов США, Российская Федерация находится на 3 месте с объемом субсидий 551 миллиард долларов США[119].

В 2017 году МВФ спрогнозировал рост мировых субсидий до 5,2 триллиона долларов США и призвал к минимизации энергетических субсидий, став третьей наднациональной организацией, после ООН и G20 (в 2009 и 2012 годах призвавшей на поэтапное сокращение субсидий на ископаемое первичное топливо), последовательно выступающих против субсидирования невозобновляемой энергии, считая, что подобное сводит на нет политику национальных правительств по сокращению бюджетного дефицита, ускоряет истощение невозобновляемых полезных ископаемых, существенно минимизирует стимулы для инвестиций экологически чистой возобновляемой энергетики.

---

[118] Шваб Кл. Четвертая промышленная революция / К.Шваб: Пер. с англ. – Москва : Изд-во «Эксмо». 2016. С.61.

[119] Global Fossil Fuel Subsidies Remain Large: An Update Based on Country-Level Estimates. URL:https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2019/05/02/Global-Fossil-Fuel-Subsidies-Remain-Large-An-Update-Based-on-Country-Level-Estimates-46509 (дата обращения: 21.02.2020).

Уместно отметить, что если пересчитать размер субсидий на ископаемое топливо на душу населения в стране, Российская Федерация субсидирует невозобновляемую энергетику в размере 3832 долларов США на человека, на второе место выходит Саудовская Аравия с объемом субсидирования в 3709 долларов, а Соединенные Штаты Америки располагаются на четвертом месте, финансируя ископаемую энергетику в объёме 2028 долларов на человека, пропустив вперед Объединенные Арабские Эмираты с объемом субсидий 2452 долларов США, на пятом месте – Казахстан с объёмом субсидий 1 631 долларов США на душу населения.

Рассмотрим структуру субсидий на ископаемое топливо в Российской Федерации: прямое финансирование отраслей топливно-экономического комплекса по линии бюджетных ассигнований, в данную статью расходов бюджета включаются и профильные НИОКРы; бюджетные ассигнования добывающим, транспортируемым и сбытовым структурам газовой отрасли в качестве возмещение расходов на ввод новой инфраструктуры; бюджетные ассигнования на воспроизводство минерально-сырьевой базы, включая ГРР (геологоразведочные работы).

Кроме этого, применяется снижение налогового бремени на отрасли ТЭК через снижение общеэкономических налогов, включая налог на имущество; налог на прибыль; снижение НДПИ или предоставление льгот по налогу (в основном для новых проектов по добыче в сложных климатических, инфраструктурных и горногеологических условиях), снижение вывозных таможенных пошлин (для стратегически важных экспортных проектов)[120].

В ряде работ[121] приводится до тридцати схем субсидирования

[120] Энергетические субсидии в современном мире. Страны «Группы двадцати»/ Под ред. Л. М. Григорьева, А. А. Курдина. — Москва : ООО «Асмин Принт». 2014. С.88.

[121] Герасимчук И. В. Государственная поддержка добычи нефти и газа в России: какой ценой? Исследование Всемирного фонда дикой природы (WWF) и Глобальной инициативы по субсидиям Международного института устойчивого развития (IISD). Москва — Женева: WWF России и IISD, 2012. С.21.

производителей нефти и газа в России на федеральном уровне, 68% составляют льготы по НДПИ и вывозной пошлине.

Понятно, что практика субсидирования в любой стране или отрасли искажает реальные экономические показатели, приводит к определенным дисбалансам в доминировании того или иного субсидируемого продукта, увеличивает нагрузку на бюджет, в тоже время отказ от практики субсидирования в ископаемой энергетики позволил бы направить высвобождаемые как на финансирование программ энергоэффективности потребителей, что минимизировало бы энергоемкость национального ВВП, так и на совершенствование глубокой переработки невозобновляемых источников энергии с целью создания продуктов с высокой добавленной стоимостью.

Выводы по Главе 1.

Как показал авторский анализ основных исторических событий становления и развития энергетики, наравне с примерами теоретического обоснования использования энергии, противопоставление возобновляемых и невозобновляемых источников энергии имело место еще в доиндустриальную эпоху как в явной, так и не явной форме при прямом сравнении отдельных технологий и естественном вытеснении одних способов использования энергии другими соответственно. Наиболее существенными свойствами ВИЭ являются сочетание естественной восполняемости условно неисчерпаемого первичного ресурса и его практически повсеместного распространения, что определяет основные конкурентные преимущества группы ВИЭ по сравнению с традиционными ископаемыми источниками энергии и атомной энергетикой в настоящее время.

Также, на основании проведенного исследования исторических аспектов соотношения возобновляемой и невозобновляемой энергетики можно утверждать, что институциональные механизмы обеспечения данного процесса претерпевают вторую кардинальную трансформацию со времен промышленной революции. Так, по мере массового освоения энергоёмких ископаемых ресурсов происходило вытеснение доминировавших прежде методов использования ВИЭ, которые, в свою очередь, достигли технико-технологического максимума в контексте условий первой четверти XIX века. Кроме этого, естественность активного наращивания объемов потребления энергии индустриального общества в сочетании с отсутствием большинства экологических и этических принципов современности, обеспечила безальтернативный выбор в пользу группы традиционных источников энергии, расширенный атомной энергетикой с середины прошлого века.

Стоит заметить, что отдельные примеры освоения ископаемых энергетических ресурсов, повлекшие хоть и временный, но благоприятный экологический эффект, который не являлся фактором активизации их

применения, дополнительно иллюстрируют исключительно энергетические факторы в вопросах использования топливных ресурсов.

Тем не менее, неравномерная концентрация ископаемых ресурсов предопределила главную проблему традиционной энергетики, а именно необходимость их перераспределения между регионами добычи и потребления, которая наиболее явно обострилась с нефтяным кризисом 1973 года. Вместе с шоком глобальной экономики возникла необходимость экстренного решения глобальных энергетических и экологических проблем, осложнённых первой в истории аварией на АЭС и чередой социально-экономических факторов ограничения роста атомной энергетики.

Именно эти события послужили импульсом к возрождению ВИЭ, развитие которых в последние полтора века носило сугубо экспериментальный характер и, по сути, происходило в отрыве от развития энергетической отрасли. За исключением крупной гидроэнергетики, использование большинства ВИЭ имело очевидные технические ограничения и, как следствие, доказательную базу невозможности эффективного использования в энергетике наравне с существующими решениями. С другой стороны, именно из-за значительного развития объектов традиционной энергетики происходило основное неприятие ВИЭ, чей потенциал только начинал обретать должное научное обоснование.

Помимо этого, активное международное сотрудничество в области экологии обеспечило позиционирование ВИЭ как одного из основных инструментов борьбы с негативными климатическими изменениями, что также стало важнейшим фактором их популяризации, но не практического внедрения.

По мнению автора, сочетание глобальных, в том числе неэнергетических факторов, а также неизбежных государственных затрат предопределило развитие современных ВИЭ сохраняющиеся и в настоящее время. К числу неэнергетических факторов относится прежде всего позитивное воздействие на экологию, дополненное впоследствии

возможностями социально-экономического характера и нашедшие свое отражение в целях устойчивого развития и механизмах их достижения.

Целевое государственное стимулирование развития сектора ВИЭ со стороны планомерно возрастающего числа стран обеспечили его конкурентоспособность относительно сектора ТИЭ. Возобновляемые источники энергии стали центром притяжения инноваций и сформировали перспективный энергетический рынок, в то время как использование ископаемых энергетических ресурсов и атомной энергии для стран-лидеров в области возобновляемой энергетики приобрело форму вынужденной меры и подверглось ограничению в долгосрочной перспективе.

Исследование, проведённое на историческом фоне трансформации институциональной поддержки ВИЭ от резолюции Генеральной Ассамблеи ООН от 20 декабря 1978 г., впервые зафиксировавшей задачу их активного применения, до её современного состояния, показало прохождение точки невозврата развития возобновляемой энергетики в силу абсолютной заинтересованности большинства современных государств, которые не только имплементировали элементы поддержки ВИЭ в национальные энергетические стратегии, но и в большинстве случаев (137 государств) поставили целью построение углеродно-нейтральной экономики.

Автором подтверждена гипотеза, что фактор высоких нефтяных цен на этапе становления ВИЭ оказал на их развитие существенное стимулирующие воздействие, кратно увеличив ежегодный объем инвестиций, но в дальнейшем утратил влияние на возобновляемую энергетику при дальнейших ценовых колебаниях.

В то же время, при относительной стабильности ежегодных финансовых мировых инвестиций в возобновляемую энергетику последнего десятилетия на уровне не менее четверти триллионов долл. США, суммарная установленная мощность ВИЭ неуклонно возрастает, что служит иллюстрацией как роста общей эффективности отрасли, так и непрекращающегося инновационного развития технологий, позволяющих

создавать больше установленной мощности на единицу стоимости генерирующего оборудования.

Таким образом, выявлена устойчивая общемировая тенденция инновационного развития ВИЭ, сформированная на основе развития системы мер государственной поддержки, направленных как на замещение выбывающих мощностей невозобновляемой энергии, так и на их опережающий ввод для покрытия возрастающего спроса на энергию со стороны потребителей вне зависимости от цен на ископаемые носители на основании базового институционального принципа, сочетающего глобальную, в том числе неэнергетическую значимость ВИЭ, и неизбежность продолжительных государственных затрат, связанных с ними.

Также, по мнению автора, естественные особенности использования ВИЭ недооценены с точки зрения потенциала позитивного воздействия на экономику, что дополнительно подкреплено высокой инновационной ёмкостью данного сектора, предопределенной развитием идей использования ВИЭ, не прекращавшимся даже с учетом отрыва от непосредственного применения в энергетической отрасли на фоне безусловного доминирования традиционных энергетических ресурсов.

Доказано, что динамичное развитие ВИЭ на фоне инновационных волн Й.Шумпетера приобрело необратимый характер, подкрепленный уникальным потенциалом изменения профиля отдельных фаз циклов Н.Д.Кондратьева, основанным на раскрытии новых возможностей сбережения финансовых ресурсов для производителей возобновляемой энергии на микро-, мезо и макроуровнях, лишенных зависимости от краткосрочной и долгосрочной ценовой конъюнктуры и связанных с преимуществами их локального применения и одновременной интеграции в общую энергетическую инфраструктуру.

Исходя из недооцененных возможностей социально-экономического развития ВИЭ, а также значимости процедур оценки регулирующего воздействия и связанных с ними рисков, автором классифицированы

подходы к стимулированию возобновляемой энергетики на макро-, мезо- и микроуровнях, что в конечном счете имеет значительный потенциал содействия достижению Целей устойчивого развития. Важно отметить, что в силу значительной степени развития мощностей традиционной энергетики, а также раскрытой проблематики использования ВИЭ для глобальных энергетических задач, именно возможность достижения ЦУР предопределяет необходимость целевого стимулирования ВИЭ как способа регулирования баланса возобновляемой и невозобновлемой энергетики.

Помимо этого, отмечено снижение энергетической значимости ВИЭ по мере приближения к микроуровню регулирования, наравне с неубывающей социально-экономической значимостью, в особенности по отношению к развитию класса энергетических просьюмеров, отдельно выделенного в способах достижения ЦУР и, соответственно, задачах федерального уровня.

Таким образом, разработаны подходы к государственному регулированию баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии на глобальном, макро-; мезо- и микроуровнях, учитывающие современные тенденции инновационного развития возобновляемой энергетики и изменения структуры потребления энергетических ресурсов для стимулирования роста экономической активности и энергоэффективности хозяйственной деятельности, и создания объективных предпосылок для достижения целей устойчивого развития, в особенности таких как:

a. недорогостоящая и чистая энергия;
b. достойная работа и экономический рост;
c. уменьшение неравенства;
d. ответственное потребление и производство;
e. борьба с изменением климата;
f. партнерство в интересах устойчивого развития.

Именно благодаря данным государственным стратегическим концепциям интенсивного применения возобновляемой энергетики, сформировавшим институциональные и экономические механизмы

активного применения ВИЭ, контуры углеродно-нейтральной экономики будущего становятся все более ощутимы.

Структурированные меры развития возобновляемой энергетики нацелены на достижение ключевых целей Стратегии национальной безопасности Российской Федерации, ориентированных на совершенствование государственного управления в рамках стимулирования крупного, среднего и малого бизнеса и активного включения гражданского общества в решение энергетических и экономических задач.

Чтобы применить лучшие практики стимулирования применения возобновляемой энергетики для построения низкоуглеродной и в дальнейшем улеродно-нейтральной экономики далее рассмотрим различные этапы формирования долговременных стратегий стран-лидеров активного применения ВИЭ в данном сегменте энергетики и экономики, начиная от постановки вопроса о целесообразности подобного энергетического перехода до его практического воплощения.

Почему это вопрос приобретает первостепенное значение?

В конце 2019 года ЕС разработал плановые показатели создание углеродно-нейтральной экономики к 2050 году, известную как Green Deal, которая закрепляет ключевые понятия минимизации выбросов CO_2 на основе активного применения ВИЭ, которые к 2030 году должны составить 55 процентов по отношению к 1999 года, что на 15 процентов выше рассматриваемых ранее показателей. Причем для этого достаточно достигнуть доли двух третей ВИЭ в мировом балансе мощностей электроэнергии, что вполне возможно, как мы выяснили по результатам исследования (параграф 1.4.).

Кроме этого, планируется применение углеродного налога на импорт в ЕС товаров, который может составить до 7 миллиардов долларов в год от оборота ввозимых товаров, в том числе и сырьевого характера из Российской Федерации, что потребует применения отечественными компаниями

перехода на «зеленые» технологии для соответствия требованиям ЕС в краткосрочной перспективе.

Переходя к изучению мирового опыта стран лидеров использования возобновляемых источников энергии остановимся как на общих положениях государственных стратегий регулирования баланса возобновляемой и невозобновляемой энергетики, так и на их национальных особенностях (в том числе, в построении элементов планового замещения зеленой энергетикой ископаемой традиционной даже для исконно нефте- и угледобывающих стран) для дальнейшего его использования в отечественных условиях как для сохранения естественных конкурентных преимуществ Российской Федерации, так и для совершенствования развития национальной энергетики и формирования новых инновационных отраслей низкоуглеродной экономики.

ГЛАВА 2. Оценка мирового опыта стран-лидеров по инновационному стимулированию применения возобновляемой энергии.

2.1. Предпосылки развития ВИЭ как инструмента балансировки энергетических рынков.

Баланс ключевых источников энергии мира за период с 1990 по 2018 год по данным международного энергетического агентства не претерпел значительных изменений, несмотря на стабильный рост общего первичного предложения энергии (ОППЭ) почти на 63%.

Нефть является крупнейшим из ископаемых природных ресурсов, используемых в настоящее время, и составляет 31,5% ОППЭ (рис. 14). В тоже время, рост данного показателя только для нефти и атомной энергии оказался недостаточно интенсивным относительно прочих источников энергии, что сместило соотношение баланса в пользу последних на 6,4 процентных пункта к концу периода (Приложение 1, таблица 24). Несмотря на итоговое увеличение доли угля в структуре ОППЭ мира, этот источник энергии характеризуется неоднозначной динамикой рассматриваемого показателя, демонстрируя как снижение в начале и конце периода, так и взрывной рост периода нулевых.

Только газ и ВИЭ показали стабильный и положительный рост фактического предложения энергии в общемировом масштабе, который, стоит напомнить, включает как государства не придерживающиеся политики приоритетного развития ВИЭ, так и массово использующие ископаемые ресурсы в силу прочих причин.

Безусловно, ОППЭ ВИЭ составляет 13,8% относительно остальных источников энергии и, как следствие, имеет сравнительно большую чувствительность к изменению большинства из них. Так, сверхнормативный рост предложения угля негативно сказался на удельной доле ВИЭ в прошлом десятилетии.

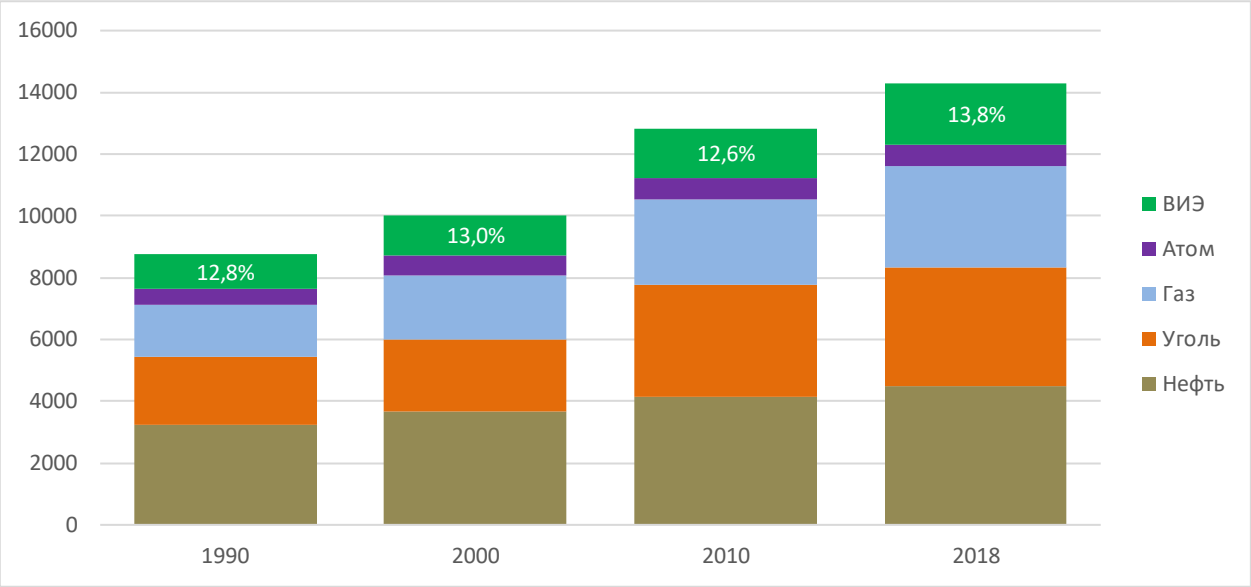


Рис. 14 Общее предложение первичной энергии в мире, Мт.н.э. Источник: МЭА, адаптировано автором.

Также стоит отметить, что нефтяная и газовая отрасли энергетики, особенно благодаря развитой трубопроводной инфраструктуре, позволяют более гибко реагировать на изменения рыночных и политических тенденций конкретного временного периода, как наращивая, так и снижая объёмы поставок в достаточно широком диапазоне. Данная особенность служит как сдерживающим фактором активизации применении ВИЭ в контексте сбалансированного развития энергетики, так и конкурентным преимуществом большинства из современных видов ВИЭ, поскольку отсутствие внешнего топлива в сочетании с локальным размещение производственных мощностей фиксируют границы объёма предложения энергии конкретного объекта ВИЭ, не изменяющиеся в силу конъюнктурных факторов.

В связи с этим, а также на фоне значительного снижения себестоимости возобновляемой энергии в целом, развитие сектора ВИЭ создает некую величину генерации, относительно которой происходит балансирование углеводородных ресурсов в моменте их реализации. Разумеется, сектор ВИЭ по-прежнему характеризуется значительной степенью государственной поддержки, однако её планомерное снижение, равно как макроэкономическая целесообразность развития возобновляемой

энергетики, выходящая далеко за пределы сугубо энергетических задач, делает ВИЭ ядром углеродно-нейтральной энергетики будущего исходя из текущих технологических возможностей и глобальных задач современности.

Тем не менее, на время энергетического перехода, продолжительность которого даже для самых выдающихся стран-лидеров по инновационному стимулированию ВИЭ исчисляется десятками лет, требуется ресурс наиболее приближенный к критериям экономической целесообразности и наименьшего экологического вреда. В общем виде, без учета отдельных технологий высокоэффективной переработки, таким источником является природный газ.

Как было отмечено выше, только сектора газа и ВИЭ по общемировому показателю ОППЭ показали стабильный положительный рост. Рассмотрим соотношение источников энергии предыдущего десятилетия более подробно, когда удельная значимость угля по показателю показала снижение, так же как это произошло с секторами нефти и атомной энергии. Так, в 2009 году доля ВИЭ и газа составляла 12% и 21% в ОППЭ соответственно (рис. 15).

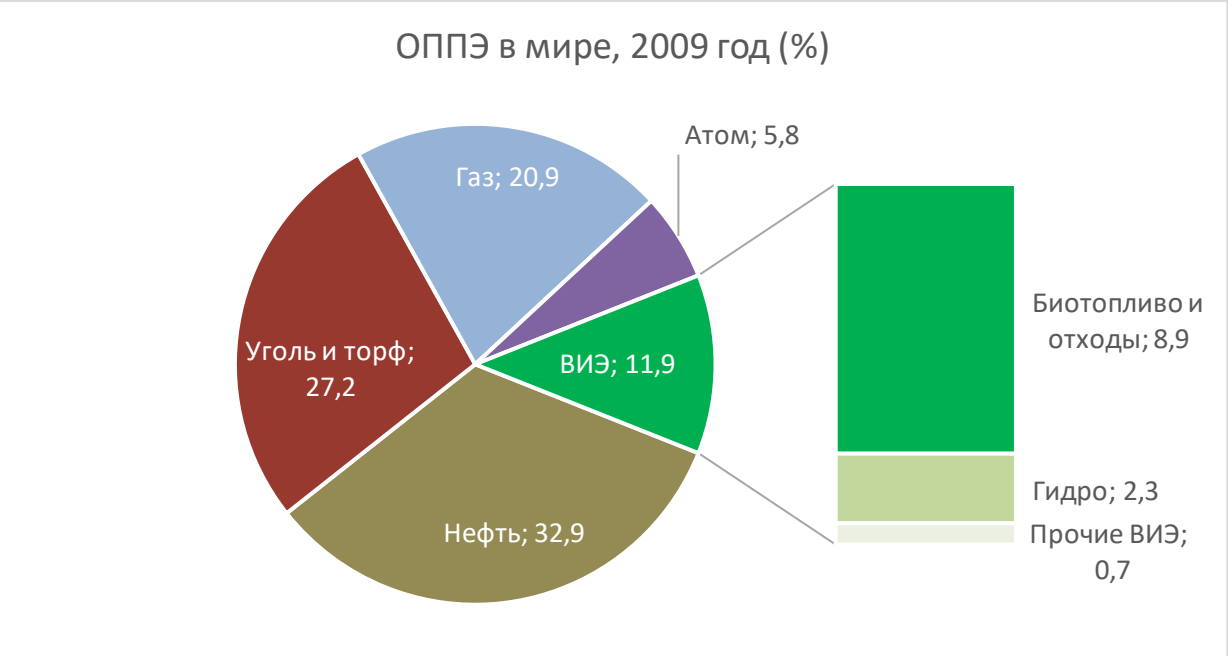


Рис. 15 Общее первичное предложение энергии в 2009 году (по видам источников энергии). Источник: МЭА, адаптировано автором.

Солнечная, ветровая, геотермальная и другие виды возобновляемой энергии (категория прочих ВИЭ) в составе ОППЭ мира увеличили свою долю

почти в три раза. Сравнительно большим объёмом и вторым лучшим темпом за период обладала гидроэнергия, в то время как сектор биотоплива и отходов показал сравнимый с традиционными источниками темп, во многом обусловленный существенной долей твердых биоэнергоресурсов (92,5%)[122].

Разумеется, рост предложения традиционных источников в целом по группе не прекращался. Так, за период с 2009 по 2018 год общее увеличение ОППЭ составило 2108 млн. т.н.э., большую часть которого обеспечили традиционные источники – 1678 млн. т.н.э, однако, удельные приросты этого показателя для групп ТИЭ и ВИЭ относительно 2009 года составили 17% и 28% соответственно. Существенный удельный рост за рассматриваемый период показали и прочие ВИЭ. В структуре ОППЭ мира[123] только секторы ВИЭ и газа увеличили свою долю на 1,9 п.п. каждый, обеспечив 13,8% и 22,8% показателя соответственно (рис. 16).

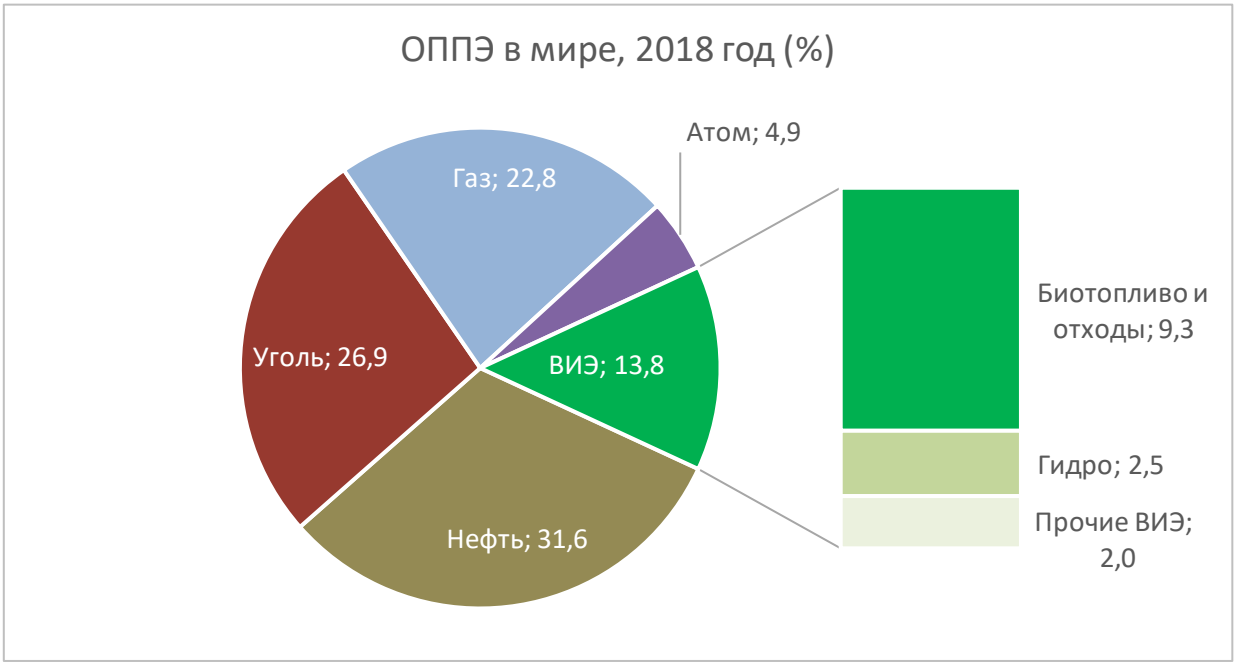


Рис. 16 Общее первичное предложение энергии в 2018 году (по видам источников энергии). Источник: МЭА, адаптировано автором.

[122]Key World Energy Statistics. Publication of International Energy Agency, 2011. URL: http://www. iea.org / publications / freepublications / publication / name, 31287, en.html (дата обращения: 18.04.2014).
[123] Key World Energy Statistics 2020, International Energy Agency. 2020. P.6.

В то же время, если учитывать производство электричества как целевое предназначение использования источников энергии, то уже в 2011 году доля ВИЭ в генерации электроэнергии составляла 20%[124], к середине десятилетия достигла 21,6 %[125] и закрепилась на уровне 26% в 2018 году (рис. 17, приложение 2).

Вполне естественно, что для этого вида деятельности нефть в качестве источника энергии почти не используется, а атомная энергия, применяемая исключительно для него (генерация электрической энергии), обладает большей долей, относительно ОППЭ мира. Так же заслуживает внимания проблема угольной генерации развивающихся сран, поскольку она наносит один из серьезнейших ущербов окружающей среде и малоэффективна в экономическом плане. Для развитых стран данная проблема стоит менее остро, поскольку жесткие меры по контролю за выбросами вынуждают производителей использовать либо самое современное оборудование, либо отказываться от данного вида топлива.

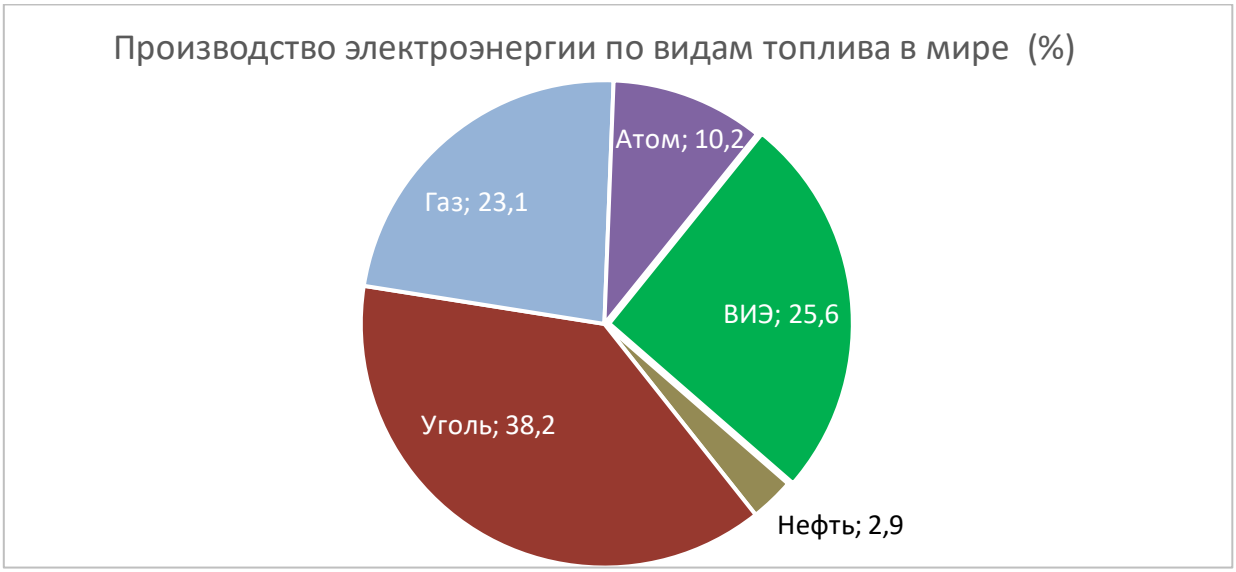


Рис. 17 Составляющие генерации электроэнергии 2018 году. Источник: МЭА, адаптировано автором.

[124]Erneur bare Energien. Bundes ministerium fur Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. 2014. s.37.

[125]Отчет по возобновляемым источникам энергии 2015. URL: http://www.iea.org /newsroomandevents/pressreleases/2015/october/renewables-to-lead-world-power-market-growth-to-2020.html (дата обращения: 18.01.2016).

Если же рассмотреть долю ВИЭ в структуре установленных мощностей генерации электроэнергии по миру[126], то она составит 35 % (рис. 18) и именно по этому показателю представляется более целесообразным предварительно оценить перспективы развития всего сегмента возобновляемой энергетики, поскольку данный показатель не имеет прогнозной непредсказуемости в части перераспределения фактического потребления и, по крайней мере, законтрактован на среднесрочной перспективе в большинстве стран. Так, согласно одному из оптимальных сценариев ожидаемого распределения установленных мощностей возобновляемой энергетики к 2050 году, доля ВИЭ в общем балансе возрастет до 58 процентов.

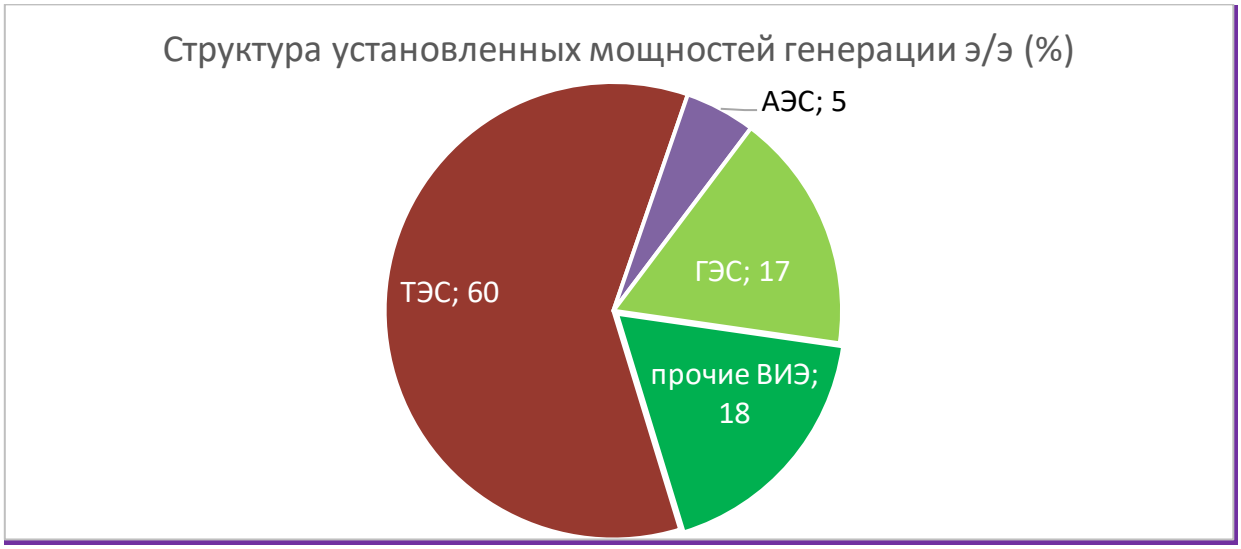


Рис. 18 Структура мировых установленных мощностей электростанций в 2018 году. Источник: EIA, адаптировано автором.

Вспомним, что установленная мощность ВИЭ в 2013 году составила 500 ГВт, что 1,5 раза превысило мощности мировых АЭС[127], оптимистический прогноз пятилетней давности предполагал совокупную мощность ВИЭ 700 ГВт[128]. Результат, как было отмечено выше, существенно

[126] International Energy Outlook 2019. URL: https://www.eia.gov/outlooks/ieo /pdf /ieo 2019.pdf (дата обращения: 25.10.2020).
[127] Фортов В. Е., Попель О. С. Состояние развития возобновляемых источников энергии в мире и в России. URL: http://www.reenfor.org/upload/files/77f24b05ec0fe4d2d44 dbb6e666f1c7f (дата обращения: 14.11.2015).
[128]IEA. URL: http://www.iea.org/newsroomandevents/pressreleases/2015/october/renewables-to-lead-world-power-market-growth-to-2020.html/ (дата обращения: 15.01.2016).

превысил ожидания, поэтому ещё раз подчеркнуть выбор мировой экономикой тренда активного применения ВИЭ, который постепенно меняет соотношения в топливно-энергетических балансах возобновляемой и невозобновляемой энергетики. Как было указано выше, по прогнозам ожидалось[129], что совокупность генерирующих мощностей (без учета систем хранения энергии) на базе ВИЭ к концу 2020 года достигнет 2625 ГВт, практически половину которых обеспечат ГЭС (рис. 19). Результат оправдал ожидания, несмотря на внесшую определённые экономические коррективы эпидемиологическую ситуацию 2020 года. Отметим, что генераторы на базе энергии ветра более чем на 95% расположены на суше. Офшорная ветроэлектроэнергетика постепенно получает дополнительное развитие, как и гелиоконцентрические СЭС, доля которых в солнечной генерации составит порядка 3%.

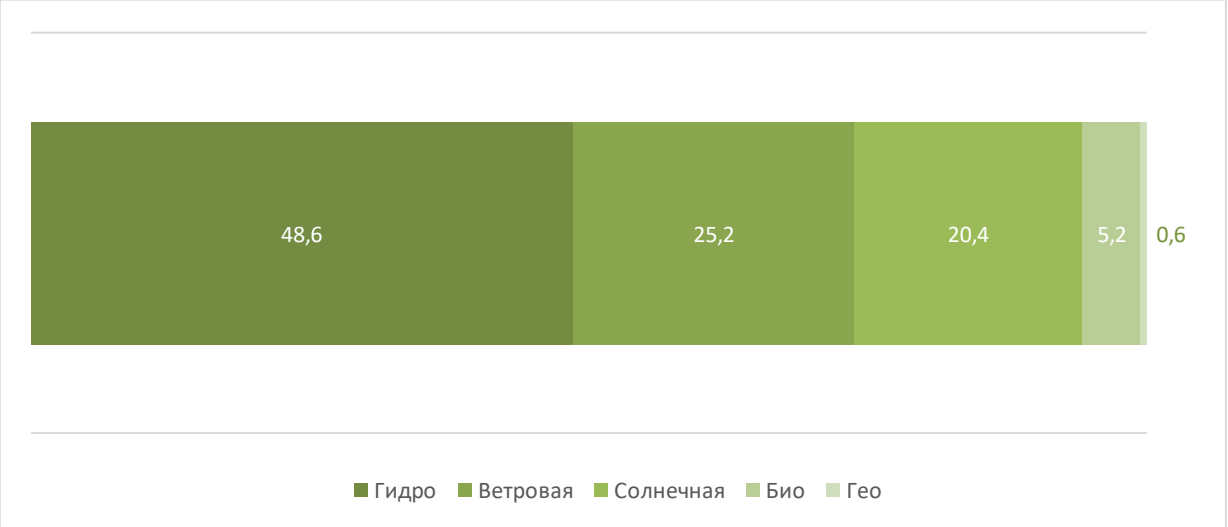


Рис. 19 Соотношение возобновляемых источников в производстве электроэнергии. 2020. Источник: МЭА, адаптировано автором.

Необходимо обратить внимание, что взаимосвязь сектора возобновляемой энергетики, используемой для генерации электроэнергии и сектора производства тепло- и хладоснабжения, менее эффективная, чем с

[129] Общемировая установленная мощность генерирующих объектов на основе ВИЭ в 2020 году достигнет 2625 ГВт. URL: https://in-power.ru/news/alternativnayaenergetika/obshchemirovaya-ustanovlennaya-moshchnost-generir.html (дата обращения: 15.07.19).

сектором электротранспортного сектора с точки зрения передачи инновационных технологий для достижения более высокого процента возобновляемых источников энергии.

Данное замечание существенно с точки зрения достижения целей глобальной энергетической трансформации и построения углеродно-нейтральной экономики. Пока данная интеграция идет в основном путем электрификации теплоснабжения и транспорта, за исключением ряда примеров в сегментах охлаждения и подогрева зданий.

Отметим, что на сегмент отопления и охлаждения в период 2015-2020 годов в среднем использовалось порядка 46% общего конечного потребления мировой энергии, на транспорт около 31%, а на потребление электроэнергии 23%. Рассмотрим долю возобновляемой энергии в секторе отопления и охлаждения подробнее, где практически ¾ составляют традиционные энергоресурсы.

Как видно из диаграммы (рис. 20) на долю биотоплива приходится более половины этого вида деятельности в части ВИЭ, а технологии, основанные на прямом использовании климатических условий для терморегуляции менее популярны, чем преобразующие для этого электрическую энергию.

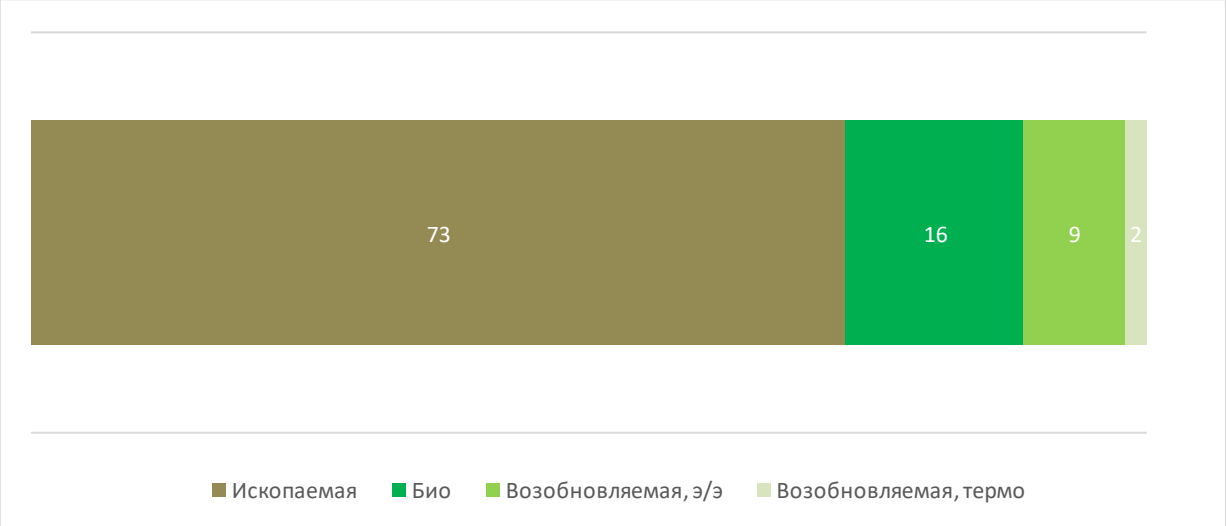


Рис. 20 Виды энергии для производства тепла/охлаждения, %.

Упомянутые ранее примеры Дании и Исландии в свою очередь представляются особым случаем демонстрации преимуществ ВИЭ в специфичной для этого отрасли, поскольку модель использования энергии для этих стран прошла проверку временем и, в результате, изменилась исключительно в сторону еще большего использования ВИЭ.

Отметим, с 1970-ых гг, только плановые экономики СССР и Китая, по сути перенявшего советский опыт, окончательно упрочили когенерацию как основной способ производства основных вторичных источников энергии и их централизованное снабжение потребителям.

В целом следует признать, что ВИЭ в настоящее время малопригодны для массового производства тепловой энергии.

Для наглядной иллюстрации можно привести в пример, что установленная мощность одних только ТЭС Санкт-Петербурга превышает соответствующий показатель системы централизованного теплоснабжения Дании в целом, а Москва, в свою очередь, имеет почти вдвое большую установленную мощность ТЭС по отношению к Санкт-Петербургу.

Ниже, при рассмотрении национальных особенностей управления соотношения возобновляемой и невозобновляемой энергии оценим китайский и индийский опыт построения гибридных систем ВИЭ, здесь же отметим, что объединение инновационных технологий и их трансфер между указанными секторами станут универсальным инструментом, повышающим общую эффективность применения возобновляемой энергии, максимально использующей избыток переменчивой генерации посредством солнца и ветра.

Подчеркнём, что внедрение интегральных государственных программ электрификации отопления, производства и транспорта в регионах с высоким уровнем производства возобновляемой энергии в Китае уже доказало эффективность.

Также можно отметить, что в индивидуальной энергетике, особенно на современном этапе сокращения дотаций и субсидий, возобновляемая энергия

все больше используется в общем теплоснабжении (охлаждении) зданий, а не только в производстве электроэнергии, добавляя ощутимый вклад в инновационную модернизацию сектора теплоснабжения и терморегуляции в целом.

Проблема активизации применения возобновляемой энергетики в теплоснабжении зданий выносится на международный уровень обсуждения не только в целях совершенствования её институциональной поддержки, но и для фиксирования недостаточности динамики её развития по сравнению с генерацией электрической энергии.

Стоит отметить, что существует весьма самостоятельный рынок тепловых солнечных нагревателей (ТСН) для воды.

Из-за сравнительной простоты технологии (прямой нагрев либо воды, либо теплоносителя) и использования преимущественно на уровнях, близких к индивидуальному ТСН, он исторически развивался без значимой государственной поддержки. По этой же причине данный рынок имеет наибольший потенциал[130] в регионах с жарким климатом (Ближний восток и Африка).

В то же время фактическая возможность экономии финансовых ресурсов на замещении традиционных способов нагрева воды для бытовых нужд сказывается на распространении технологии по миру, но по причине отсутствия значимых изменений в сферах её применения данный рынок остается частным и самостоятельным примером использования возобновляемой энергии.

Рассмотрим на конкретных практических примерах общие тенденции развития возобновляемой энергетики на долгосрочном периоде.

---

[130] Solar water heater market - growth, trends, covid-19 impact, and forecasts (2022 - 2027). URL: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/solar-water-heater-market (дата обращения: 25.03.2022).

Один из позитивных сценариев предполагал достижение установленной мощности мировых ВИЭ 2,9 ТВт к концу 2021 года[131], промежуточные параметры (2017 год - 2 ТВт, 2020 год - 2,6 ТВт) были успешно выполнены, в основном из-за опережающих темпов роста возобновляемой энергетики КНР, США, Европейского Союза и, отчасти, успехов Индии.

Инвестиционные вложения в ВИЭ достаточно стабильны (наибольший уровень показал 2017 год - 333 миллиардов долларов США), поскольку, как было отмечено выше, порядка 190 государств сформировали институциональные условия активного использования возобновляемой энергетики, что способствует росту рентабельности её генерации.

В 2016 году себестоимость генерации электроэнергии на базе ВИЭ снизилась до уровня газовой генерации.

Темпы удешевления, например в солнечной генерации вселяли в инвесторов сдержанный оптимизм (с 2012 по 2016 год себестоимость сократилась на 80%), проведенная оценка данной динамики предполагала её дальнейшее падение на 35-50%[132], итоги 2020 года показали минимальную стоимость солнечной энергии 1,1 цент за кВт·ч.

Отметим, что постепенно не только производители традиционных видов ископаемой энергии стали оценивать перспективы замещения их продукции возобновляемой энергией, но и представители других, сопряженных с ними отраслей промышленности.

Например, руководство Siemens в 2018 году официально отметило снижение продаж газовых турбин на 40% с одновременном снижением цен на соответствующее оборудование на 30%[133].

---

[131] 100% ВИЭ — новая модель глобальной энергосистемы. URL: http://renen.ru/100-res-a-new-model-of-the-global-energy-system (дата обращения: 07.02.2018).

[132] Бучнев А.О. Инновационное развитие возобновляемой энергетики как основного компонента экономики будущего. Москва : «Антарес», 2016. С.77.

[133] Ведомости. 06.02.2018 г. URL: https://www.vedomosti.ru/business/articles /2018 /02/06 /750039-siemens-besperspektivnoi-evrope (дата обращения: 07.02.2018).

Так что же заставило руководство концерна с мировым брендом и безупречным гудвиллом сделать столь революционное заявление?

Автор, исследуя динамику замещения ВИЭ невозобновляемой энергетики[134,135] считает, что увеличение спроса на генераторы ВИЭ, появление новых сопряженных производств и экологических требований для формирования низкоуглеродной и в перспективе углеродно-нейтральной экономики способствует волатильности в сегменте оборудования (и не только в производстве генераторов) для невозобновляемой энергетики, сдвигая спрос в сторону технико-технологического обеспечения более перспективных со всех точек зрения ВИЭ.

Глобальные и всем известные нефтянные корпорации, много дясятилетий добывающих традиционные источники (Chevron, Shell, Exxon, BP, Petrobras, Statoil, Eni) довели объём собственных инвестиционных вложений в ВИЭ до 10 млрд. долларов США не только для диверсификации собственных рисков от основной деятельности, но и для получения дополнительной прибыли от инновационных технологий.

Компания BP приобрела 2/5 доли производителя СЭС Lightsource (ЕС) и оформила на постоянную работу 8000 сотрудников для обслуживания ВЭС в США[136]. Отметим и такую тенденцию нефтегазовых компаний на примере Iron and Earth (Канада): переобучение специалистов по добыче газа новым компетенциям по обслуживанию СЭС[137].

Динамика создания рабочих мест в сегменте солнечной энергетики составляет 2,5 млн единиц, что в два раза превышает показатель рабочих мест

---

[134] Бучнев А.О. Нетрадиционные источники энергии как составляющая новой энергетики // Интеграл. 2008. № 6. С.31.

[135] Бучнев А.О. Конкуренция альтернативной и традиционной энергетики: объективная реальность // Проблемы теории и практики управления. 2010. № 5. С.19.

[136] BP инвестирует $200 млн в солнечную энергетику. URL: https://www.vedomosti.ru/business/articles/2017/12/15/745502-bp-investiruet- 200-mln (дата обращения: 25.02.2018).

[137]Компания Iron and Earth планирует открыть краткосрочные курсы для подготовки специалистов в области возобновляемых источников энергии. URL: https://arwe-expo.ru/news/the-company-is-iron-and-earth-is-planning-to-open-short-term-courses-for-training-specialists-in-the.html (дата обращения: 25.02.2018).

на единицу произведенной электрической энергии в угольной или газовой генерации[138].

Исследуем динамику создания рабочих мест в отрасли отраслях возобновляемой и традиционной энергии на примере Германии, как страны наиболее явно иллюстрирующей тенденции передовой европейской энергетической политики (рис. 21).

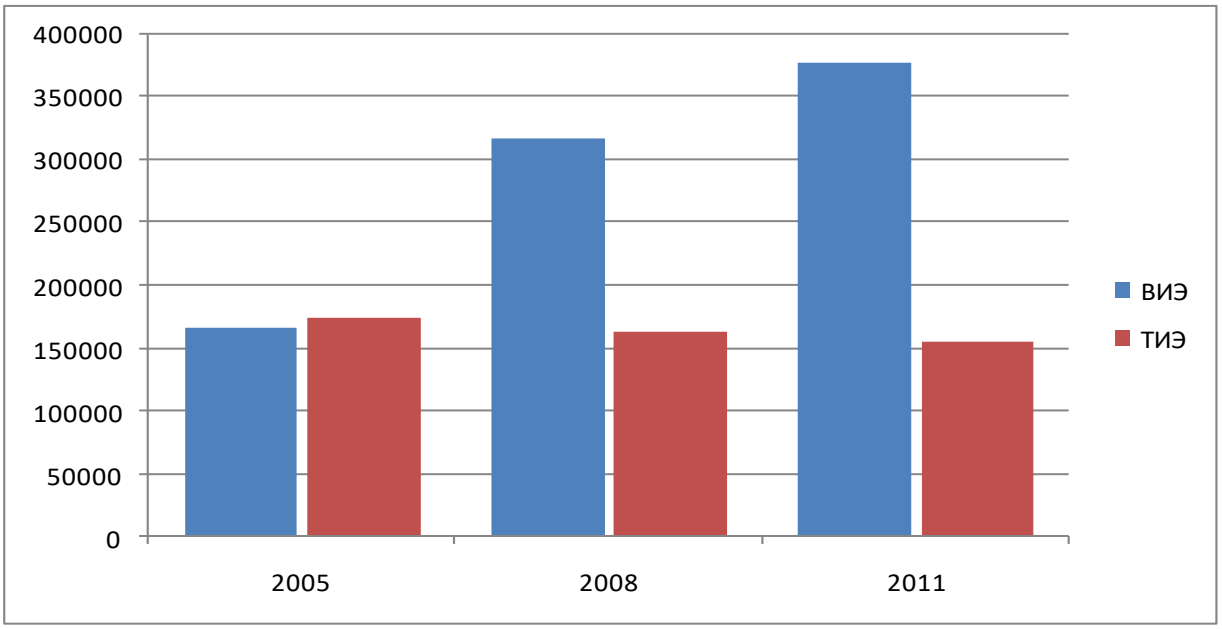


Рис. 21 Рабочие места в ФРГ в секторах ВИЭ и ТИЭ, чел. Источник: Foederal erneuerba, адаптировано автором.

В отрасли ВИЭ количество рабочих мест за 6 лет увеличилась более 2-х раз, при равномерно уменьшающемся количестве рабочих мест в отрасли традиционных источников энергии. Доля ВИЭ к этому периоду достигла 1/5 в общем производстве электроэнергии (Приложение 7, таблица 40).

Интересно подчеркнуть особенности развития ВИЭ в различных регионах одного государственного образования на примере Германии[139]: по изменению их относительной доли в общем первичном предложении энергии и фактическому количеству занятых, обеспечивающих их использование (таблица 5). Во всех землях ФРГ наблюдается рост ОППЭ ВИЭ, за исключением «Вольного ганзейского» города Гамбурга (снижение на уровне

[138] UKERC. URL: http://www.ukerc.ac.uk/publications/review-of-energy-policy-2017.html (дата обращения: 17.03.2017).
[139]Foederal erneuerba. URL: http://www.foederal-erneuerbar.de (дата обращения: 05.11.2020).

1,5%). В то же время, занятость в отрасли ВИЭ в Гамбурге и только 5 из 15 оставшихся федеральных регионов возросла за рассматриваемый период.

В целом по стране количество рабочих мест снизилось на 33 730 или 10%. Как видим, сформировались региональные лидеры по созданию дополнительных рабочих мест.

Таблица 5 Доля ОППЭ и занятость по сектору ВИЭ в структуре земель Германии.

Регион ФРГ	**2011**		**2016**	
	ОППЭ *%*	**Занятость** *раб.мест*	**ОППЭ** *%*	**Занятость** *раб.мест*
Земля Бавария	14,2	68 690	17,9	50 650
Земля Баден-Вюнтерберг	10,4	42 910	12,6	32 710
Земля Берлин	3,3	6 840	4,0	4 550
Земля Брандербург	17,7	21 220	18,4	18 640
Земля Вольный ганзейский город Бремен	5,0	3 840	6,1	5 690
Гамбург	4,6	7 110	4,1	10 270
Земля Гессен	7,8	21 520	9,4	17 630
Земля Мекленбург-Передняя Померания	27,0	11 860	37,0	14 870
Земля Нижняя Саксония	12,6	47 730	17,4	56 460
Земля Рейнланд-Пфальц	9,8	12 640	12,7	10 450
Земля Саар	3,2	2 290	4,6	2 310
Земля Саксония	7,8	19 530	9,1	15 140
Земля Саксония-Ангальт	16,4	24 710	18,7	24 850
Земля Северный Рейн-Вестфалия	3,8	52 740	4,8	45 590
Земля Тюрингия	21,5	14 150	24,5	9 680
Земля Шлезвиг-Гольштейн	14,5	14 450	24,4	19 010
Итого	**10,8**	**372 230**	**12,4**	**338 500**

Источник: Foederal erneuerba, расчёты автора.

Определенная неравномерность внедрения возобновляемой энергетики в ФРГ определяется различными региональными природными условиями, что определяет виды используемых ВИЭ, однако доля ВИЭ (таблица 6) в электроэнергетике стабильно растет по всем регионам ФРГ и для 7 из 16 доля ВИЭ подошла или превысила половину валовой генерации.

Абсолютные значение выработки электроэнергии на базе ВИЭ представлены в приложении 7, таблице 19.

Германия последовательно снимает ряд ограничений в области недостаточного наличия и разветвлённости региональных энергетических сетей, обеспечивающих переток избытка произведенной возобновляемой энергии с севера на юг страны.

Таблица 6 Генерация электроэнергии на базе ВИЭ в структуре земель Германии, %.

Регион ФРГ	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**
Земля Бавария	36,2	39,6	43,3	44,1
Земля Баден-Вюнтерберг	24,3	23,6	25,3	27,1
Земля Берлин	4,0	4,7	4,5	4,9
Земля Брандербург	26,5	29,1	28,5	32,4
Земля Вольный ганзейский город Бремен	11,5	11,7	11,6	9,2
Гамбург	12,0	6,3	4,6	4,8
Земля Гессен	40,3	38,6	37,3	43,3
Земля Мекленбург-Передняя Померания	63,3	69,9	66,8	71,9
Земля Нижняя Саксония	36,0	40,1	40,3	45,3
Земля Рейнланд-Пфальц	41,3	45,4	45,5	48,1
Земля Саар	10,0	11,1	14,8	19,2
Земля Саксония	11,8	13,5	12,8	13,5
Земля Саксония-Ангальт	48,3	53,9	50,8	53,0
Земля Северный Рейн-Вестфалия	9,2	11,1	10,3	10,8
Земля Тюрингия	54,9	58,6	56,9	59,0
Земля Шлезвиг-Гольштейн	43,3	53,2	54,8	69,3
Итого	**25,9**	**29,1**	**29,1**	**33,1**

Источник: Foederal erneuerba, расчёты автора.

Подчеркнём, что в перспективе постоянное и неуклонное снижение себестоимости возобновляемой энергии приводит к опережающему росту зарплат в данной отрасли по отношению к традиционной энергетике.

Например, Соединенные Штаты Америки планируют утроить количество рабочих мест к 2025 году по сравнению с сектором невозобновляемой энергетики, что приведет к росту ВВП при равных объёмах генерации порядка на 7,3 млрд. дол. США[140].

[140] The Union of Concerned Scientists (UCS). URL: http://concernedscientists.org/ (дата обращения: 15.02.2017).

Если пять лет назад мировой сектор ВИЭ формировал 9,8 миллионов рабочих мест (3,7 которых обеспечивал Китай, 1,3 – Европейский Союз[141]), то к 2030 году данный показатель возрастет до 25 миллионов мест.

Долговременные тенденции замещения и дополнения возобновляемой энергией традиционных видов топлив хорошо иллюстрирует Китай, экономическое развитие которого вполне закономерно связано с ростом потребления первичной энергии.

Так, в первом десятилетии (таблица 7) текущего века общее первичное предложение энергии беспрецедентно возросло более чем в двукратном размере[142], достигнув 1/5 общемирового показателя.

Стало очевидно, что энергетика нового времени требует не только новых объёмов потребления, но и новых подходов к такому понятию как энергоэффективность.

Таблица 7 Общее первичное предложение энергии мира и КНР.

Год	ОППЭ, млн т.н.э.		Коэффициент роста		Доля КНР, %
	Мир	КНР	Мир	КНР	
1990	8 767	882	-	-	10%
2000	10 034	1 143	1,14	1,30	11%
2010	12 845	2 550	1,28	2,23	20%
2018	14 282	2 550	1,11	1,26	22%

Источник: Key World Energy Statistics 2020, International Energy Agency, 2020.

Положительная оценка различных перспектив ВИЭ, изучение накопленного мирового опыта активизации возобновляемой энергетики позволила КНР занять лидирующие позиции в области возобновляемой энергетики. Достаточно отметить, что ¾ генераторов солнечной энергии в мире производятся в КНР, формируя 1,6 миллиона рабочих мест.

Тенденции развития возобновляемой энергетики в Китае следующие: в 2014 году уже впечатлившая мировое сообщество установленная мощность ВИЭ составляла 404 ГВт, в конце 2017 года установленная мощность

[141] IRENA. URL: http://www.irena.org/publications/2017/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2017. (дата обращения: 10.11.2017).
[142] Key World Energy Statistics 2020, International Energy Agency. 2020.

возобновляемой энергии превысила 630 ГВт (генерация на основе биоэнергии свыше 14 ГВт, ВЭС - 157 ГВт, СЭС - 120 ГВт[143]), к 2030 году КНР планирует удвоить мощности возобновляемой генерации, призывая к этому партеров по АТЭС[144].

По предварительным расчетам доведение плановых инвестиций в отрасль возобновляемой энергетики КНР до порядка 360 миллиардов долларов США уменьшит потребление угля на 730 миллионов тонн угля в год[145].

Следующий лидер по развитию ВИЭ, обеспечивший в короткие сроки создание соответствующей институциональной поддержки данному направлению, США, которые с 2016 года только в секторе солнечной генерации электроэнергии формируют прирост 9 ГВт [146], одновременно стимулируя инвестиции в развитие ВИЭ на базе энергии ветра.

Муниципальные службы наравне с коммерческими предприятиями Америки активно используют возможность получения собственной электроэнергии, особенно когда в штате действует система поддержки проектов по развитию возобновляемой энергетики.

Кроме того, постоянное освещение в обществе мер поддержки сохранения окружающей среды в виде наличия собственной генерации на базе ВИЭ у крупного и среднего бизнеса способствует экологическому престижу компаний, что, в числе прочего, повышает ее капитализацию и способствует её узнаваемости на рынке.

---

[143] Forbes. «Чистая» энергетика Китая стала мощнее всей российской электроэнергетики. URL: http://www.forbes.ru/biznes/352569-sila-vetra-i-solnca-chistaya-energetika-kitaya-stala-moshchnee-vsey-rossiyskoy (дата обращения: 21.03.2018).

[144] Страны АТЭС увеличат долю ВИЭ в два раза к 2030 году. URL:http://elektrovesti.net/34091_strany-ates-uvelichat-dolyu-vie-v-dva-raza-k-2030-godu/ (дата обращения: 12.10.2015).

[145] Китай готов к активному развитию возобновляемой энергетики к 2020 году. URL: http://russian.news.cn/2016-12/20/c_135919285.htm (дата обращения: 12.02.2018).

[146] Energy Information Administration (EIA). URL: https://www.eia.gov (дата обращения: 10.01.2019).

За период с 2008 по 2019 год фактическая стоимость ветроэлектроэнергии США снизилась на 69% процентов, в то время как установленная мощность ВИЭ была увеличена в 4 раза и достигла 100 ГВт[147]. Стоит отметить, что на достижение первых 25 ГВт установленной мощности потребовались 27 лет с момента запуска первой ВЭС в 1981 году.

В настоящее время более 1100 ветроэлектростанций обеспечивают энергией порядка 32 миллиона домохозяйств.

Только одна эта отрасль формирует занятость на уровне 114 тысяч рабочих мест, а накопленные инвестиции уже превысили 194 млрд долларов США.

Стимулирующее воздействие Gigawatt Club (Клуба гигаватт) началось с шести штатов. За 40 лет в Соединенных Штатах Америки было установлено 1000000 домашних СЭС, к концу 2022 года этот параметр возрастет в три раза. Рост рынка «крышных» СЭС достиг 2 ГВт в год, а их установленная мощность составила 20 ГВт.

Показательна инициатива Google (Project Sunroof), применяющая космическую съёмку для оптимизации и корректировки стратегии установки СЭС на крышах США.

Федеративная Республика Германии, безусловный мировой лидер разработки государственной стратегии активизации ВИЭ, планирует довести долю возобновляемой энергии до 80% в генерации электрической энергии и 2/3 от ОППЭ (общее потребление первичной энергии) в 2050 году[148], значительную долю которого должно составить биотопливо на базе анаэробного вываривания (в условиях отсутствия доступа кислорода органические отходы перерабатываются бактериями).

---

[147] Windy Beginnings: The first 100 GW and what it brought to America. URL: https://www.aweablog.org/windy-beginnings-first-100-gw-brought-america/ (дата обращения: 25.12.2019).

[148]Германия. 74% энергии из ВИЭ. URL: http://www.vestifinance.ru/articles/42870/ (дата обращения: 22.12.2015).

Так, если десять лет назад в ФРГ использовалось 4 тысячи биозаводов[149](в США тот же период 140 единиц[150], в Австралии – один биозавод), то к 2017 году их количество достигло почти 9 тысяч, а к концу 2020 года - свыше 12 тысяч единиц с долей в 1/3 от всех ВИЭ.

Подобная политика стимулирования биоэнергии позволила уже в 2015 году 92 немецким населенным пунктам реализовывать существенно больше электроэнергии, чем требовалось для их собственных нужд[151], в то время как свыше 350 населенных пунктов определили задачу полной автономности собственного энергообеспечения в своих муниципальных стратегиях, что является наиболее явной иллюстрацией создания института просьюмеров. В среднем, каждый из 58 граждан страны генерирует избыток энергии сверх личного потребления, направляемый на реализацию с соответствующим получением дополнительной прибыли[152].

Несмотря на единое понимание энергетической политики в странах ЕС, (отчасти это заслуга ФРГ и её лидеров), ряд стран – членов Союза имеют ряд собственных особенностей развития в национальных программах активизации возобновляемой энергетики.

Например, на территории Австрии, в Баумгартене находится крупнейший газовый распределительный хаб, что обуславливает равные доли возобновляемой энергетики и газовой генерации в стране. Среди стимулирующих программ активизации возобновляемой энергии предпочтение отдается развитию ВИЭ посредством биомассы и изготовлению экологически чистого биотоплива. Тем не менее плановые

---

149 Weiland P. Status of biogas upgrading in Germany, IEA Task 37 Workshop «Biogas Upgrading», Austria, 2009. URL:http://www.iea-biogas.net/files/ daten-edaktion /download / publications/Workshops/2/Weiland_vienna.pdf (дата обращения: 18.07.2018).

150 Maraseni T.N., Maroulis J. Piggery: from environmental pollution to a climate change solution, J Environ Sci Health, Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes 43. 2008. P. 359.

151 Bioenergy Efforts Empower German Villages. Households, Smaller Investors Band Together to Challenge Big Utilities // The Wall Street Journal. URL: http://www.wsj.com/articles/SB (дата обращения: 25.11.2015).

152 Бучнев А.О. Перспективы и преимущества инновационного развития возобновляемой энергетики как элемента парадигмы новой экономики. Москва : Антарес, 2020. С.87.

показатели данной страны в достижении доли ВИЭ до 85% - один из самых высоких в Европейском Союзе.

Отметим роль Швеции, достигнувшей 50 % доли ВИЭ в производстве электрической энергии в 2012 году с восьмилетним опережением собственных планов и поставивших новую задачу достижения выработки электроэнергии к 2040 году только за счет ВИЭ. Подобный успех объясняется отлаженной системой «зеленых сертификатов», которые Швеция разработала одна из первых в виде годовых квот гарантийного выкупа произведенной энергии посредством ВИЭ.

Индия, поставившая в приоритет развития собственной энергетики ВИЭ, интересна активным балансированием на государственном уровне доли возобновляемой и традиционной энергии.

Планируется, что ВИЭ достигнут доли в сорок процентов в энергобалансе страны к 2030 году. Перспективные инвестиции в сегменте СЭС будут доведены до 100 миллиардов долларов США.

Интересна инновация стимулирования общественных ветровых платформ, которая позволяет инвесторам размещать собственный ветрогенератор, исходя из эффективности его работы в конкретных условиях расположения платформы, а выработанную электроэнергию использовать на другой территории, удобной инвестору[153].

Для борьбы с энергетической бедностью (1/5 населения не обеспечена электрической энергией) государственная программа, оцениваемая в 2 миллиардов долларов США, предоставит генераторы СЭС (0,3 кВт с аккумулятором на восемь часов использования в ночное время), а также светодиодными лампами сорока миллионам домохозяйств.

Программа включает техническое обслуживание в течении 5 лет и планирует вывести из оборота несколько миллионов ламп, сжигающих

[153]Шкрадюк И.Э. Тенденции развития возобновляемых источников энергии в России и мире. 2010. Москва, WWF России. С.68.

керосин для освещения[154].

Понятно, что положительные экологические и социально-экономические результаты данной программы существенно превысят её стоимость. В течении 2012 – 2015 годов впервые рост установленных мощностей ВИЭ достиг 15%, обошел рост мощностей угольной генерации Индии (12,5%)[155].

Рассмотрим тенденции развития ВИЭ в такой классической нефтяной державе как Саудовская Аравия, существенно определяющей ценовую нефтяную политику, которая к 2023 году планирует довести долю возобновляемой энергетики до 30% (до 50% к середине двадцать первого века). Отметим объединение финансовых возможностей Saudi Electricity с техническими преимуществами японских холдингов (Softbank Group) которое приведет к созданию СЭС с установленной мощностью 200 ГВт к 2030 году.

Реализация такого глобального проекта в рамках программы «Видение-2030» сформирует сто тысяч новых рабочих мест и позволит отказаться от ископаемой энергии на 40 миллиардов долларов США[156], минимизируя влияние ценовой нефтяной конъюнктуры на экономику страны.

Саудовская Аравия одна из первых в мире получила минимальную стоимость электрической энергии произведенной посредством СЭС за 1,8 цента за кВт·ч в 2016 году.

Активное применение ВИЭ в Чили позволило минимизировать импорт энергии, улучшить социально-экономическую ситуацию и поставить задачу достижения 1/5 доли «зелёной» энергии к 2025 году.

Отметим и пример ЮАР, угледобывающей страны (5-е место в мире),

---

[154] Бучнев А.О. Целевое государственное регулирование соотношения возобновляемой и невозобновляемой энергии // Государственная служба. 2018. № 3. С. 37.
[155] BNEF. URL: http://www.bloomberg.com (дата обращения: 12.01.2018).
[156] SoftBank построит в Саудовской Аравии крупнейшую солнечную электростанцию. URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/28/03/2018/5abb74009a79472e8649a229 (дата обращения: 03.04.2018).

поставившей задачу доведения доли ВИЭ до 21% к 2030 году[157], применившей аукцион как инновационный инструмент институциональной поддержки возобновляемой энергетики и привлечения инвесторов, что впоследствии было активно повторено в Индии и Бразилии.

Подчеркнём, что основные установленные мощности возобновляемой энергетики концентрируются в солнечной и ветровой энергетики, но менее перспективным становится генерация электрической энергии посредством ПЭС (приливные и относящие к ним волновые генераторы, технологически применимы при перепаде воды в интервале 2 - 15 м).

По теоретическим расчетам энергия ПЭС у берегов такой страны как Великобритания может обеспечивать 14% необходимой ей электрической энергии[158].

К сожалению, выработка электрической энергии посредством ПЭС, как и ВЭС нестабильна, однако Европейский Союз принял решение в 2008 году об активном развитии данного вида ВИЭ (проект RWE Innogy, 4 МВт). Повысив КПД ПЭС до 40%, введя в них систему корректирования за изменением траектории волны, получив минимизацию себестоимости выработки электрической энергии в диапазоне 0,06-0,14 евро/кВт·ч в совместном ирландско-английском проекте с установленной мощностью 1 ГВт.

Не менее перспективны, в том числе и для ряда регионов нашей страны ГеоТЭС (геотермальные станции), работающие на базе тепловой энергии подземных источников Земли. Геотермический градиент в среднем увеличивается на один градус по Цельсию каждые 36 м, тепловой поток Земли от его ядра к поверхности составляет по разным оценкам от 45 ТВт до 49 ТВт и может использоваться как для выработки электрической, так тепловой энергии. КПД ГеоТЭС составляет 7 – 10 %, себестоимость вырабатываемой электроэнергии в среднем на 35% ниже по отношению к

[157] Подъём солнечной энергетики в ЮАР. URL: http://utmagazine.ru/posts/12669-podem-solnechnoy-energetiki-v-yuar (дата обращения: 11.01.2016).
[158]Бучнев А.О. Стратегия вывода на энергетические рынки альтернативных источников энергии. Москва : РАГС. 2010. с.21.

традиционным ТЭС.

В отличии от иных категорий возобновляемой энергетики ГеоТЭС обеспечивает непрерывную генерацию электрической энергии. Одна из крупнейших ГеоТЭС в мире эксплуатируется в Кении, недалеко от Найроби установленной мощностью 140 МВт.

К мировым лидерам применения данного вида энергии относятся США, Филиппины, Индонезия, Новая Зеландия. В Европейском Союзе данный вид ВИЭ активно применяет Италия с приростом мощностей порядка 5 - 7% в год. В целом, Европейский Союз планирует осуществить интеграцию для управления всеми видами возобновляемой генерации Северного моря в едином координационном проекте (ВЭС, СЭС. ПЭС)[159].

Тенденция перехода к ВИЭ может быть проиллюстрирована весьма символичными решениями прекращения угольной генерации, безболезненные для региональной экономики и конкретных работников, занятых в ней. В некотором смысле можно говорить о прямой трансформации устаревшего вида ископаемой энергии в способ аккумулирования или производства энергии возобновляемой на примере ФРГ и КНР.

ФРГ модернизирует бывшие угольные шахты для их использования в качестве гидроаккумулирующей станции, сохраняя при соответствующем переобучении рабочие места. TGNEC (КНР), создав на бывшем угольном карьере искусственный водоем, построила плавающую солнечною электростанцию и после переобучения также сохранила рабочие места. Индия также проводит похожую программу замещения угледобывающих шахт солнечными электростанциями мощностью в 1 ГВт с переобучением персонала.

Также показателен пример Алжира, одного из лидеров добычи газа на своём континенте, правительство которого поставило цель к 2024 году построить 4 ГВт мощностей СЭС (инвестиции 3,5 млрд долларов США) и

[159]Electricity information 2011 IEA statistics 2011, 75739 Paris Cedex 15, France, p.95.

сформировав импульс к росту занятости[160] (56 тысяч временных рабочих мест на этапе строительства и порядка двух тысяч - на этапе эксплуатации) с перспективном достижением 22 ГВт ВИЭ, включая 13,6 ГВт мощностей солнечной энергетики к 2030 году[161].

Аналогичен опыт чилийских нефтяников, где компания ENAP перенаправила часть инвестиций нефтяного бизнеса (22 млн дол. США) в создание ветропарка Vientos Patagonicos, расположенной в Чилийской Антарктиде[162].

Декарбонизация экономики посредством трансформации энергетики в сторону её низкоуглеродного и, в дальнейшем, углеродно-нейтрального, состояния стоит на повестке дня подавляющего числа современных государств, активно стимулирующих добывающую и энергетическую отрасли формировать стратегические программы достижения углеродной нейтральности национальных производств к 2050 году.

В этом контексте важно отметить, что на сегодняшний момент в Европейском Союзе более половины традиционных угольных электростанций работают без прибыли и применяются в момент пиковой нагрузки, что стимулирует рост сектора хранения и накопления энергии (более подробно в третьей главе), способствуя постепенному замещению данного ископаемого источника энергии.

На основании обозначенных региональных особенностей, перейдём к институциональным и экономическим особенностям стимулирования развития сектора ВИЭ на примере конкретных государств и Европейского союза в контексте сбалансированного развития энергетики.

---

[160] Алжир собирается построить 4 ГВт солнечных электростанций до 2024 года. URL:http://www.premier-ministre.gov.dz/fr/premier-ministre/activites/com-20-05-2020-fr.html (дата обращения: 04.07.2020).

[161] Renen. URL: https://renen.ru/installed-capacity-of-res-in-algeria-will-reach-22-gw-by2030/ (дата обращения: 05.07.2020).

[162] ENAP объявляет о запуске новой ветряной электростанции мощностью 10 МВт в Антарктиде. URL: https://www.hydrogenfuelnews.com/enap-announces-new-10mw-wind-farm-to-start-in-antarctica/8540270/ (дата обращения: 30.09.20).

2.2. Развитие возобновляемой энергетики и механизмы её стимулирования в США.

Соединенные Штаты Америки являются крупнейшим в мире потребителем энергии, использующим одной нефти для нужд собственной экономики на уровне эквивалентном одной пятой объёма мировой добычи этого основного ископаемого топлива современности. В то же время, именно финансовый кризис США второй половины прошлого десятилетия породил цепную реакцию общемирового масштаба, обрушив, в том числе, энергетические рынки.

Так 2007 год стал последним в периоде согласованного роста реального ВВП и первичного предложения энергии США. После спада обоих показателей американская экономика вернулась к положительному тренду своего развития, в то время как потребность в энергии с этого момента колеблется на уровне 2010 года.

При всех указанных факторах энергоёмкость реального ВВП США (здесь и далее подразумевается реальный ВВП по ППС в ценах 2017 года) имела строго отрицательную динамику на всем рассматриваемом периоде с 1995 по 2019 год (рис. 22), сократившись более, чем в 1,5 раза и составив 0,107 т.н.э/тыс. долл. США

Стоит отметить, что после превалирующего роста ОППЭ группы традиционных источников энергии над возобновляемыми конца прошлого века, доля последних в ТЭБ США сжалась до 4,3% в 2001 году после чего начался обратный процесс, сохранившийся до конца рассматриваемого периода. Это особенно важно поскольку указанный переломный момент настал в докризисный период роста ОППЭ всех источников энергии и, следовательно, демонстрирует практическую возможность смещения баланса развития энергетики в пользу ВИЭ при благоприятной конъюнктуре рынка традиционных источников энергии.

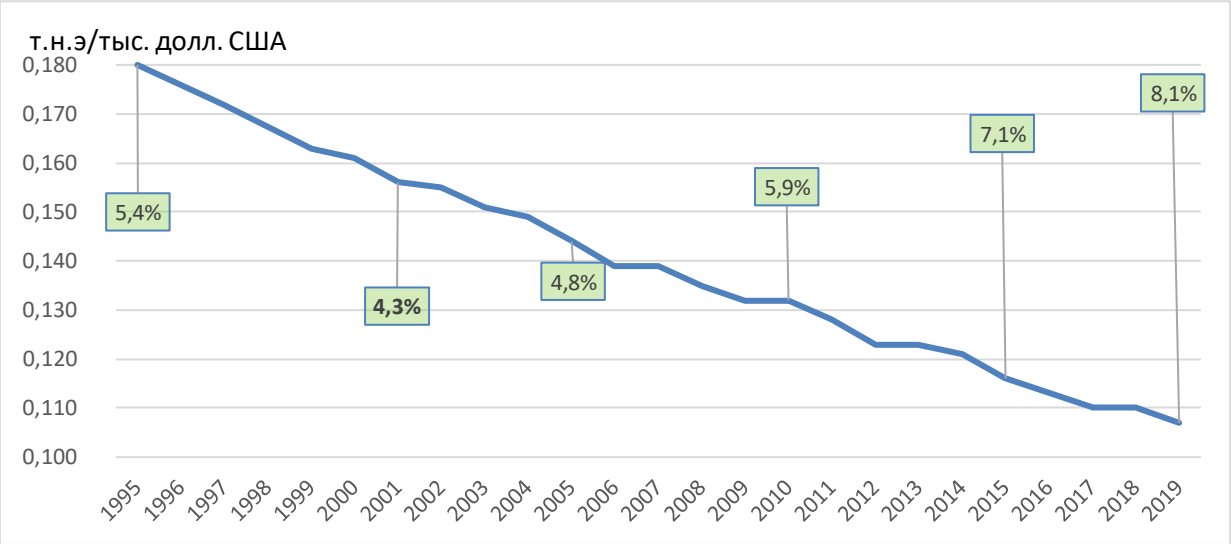


Рис. 22 Энергоёмкость ВВП и доля ВИЭ в ОППЭ США с 1995 по 2019 гг. Разработано автором.

В этой связи, для целей настоящей диссертационной работы отдельно рассмотрим государственную политику стимулирования возобновляемой энергетики, доля которой в общем первичном предложении энергии увеличилась до 8,1% при безусловном доминировании таких традиционных источников энергии как природный газ и нефть (рис. 23; приложение 1, таблица 27).

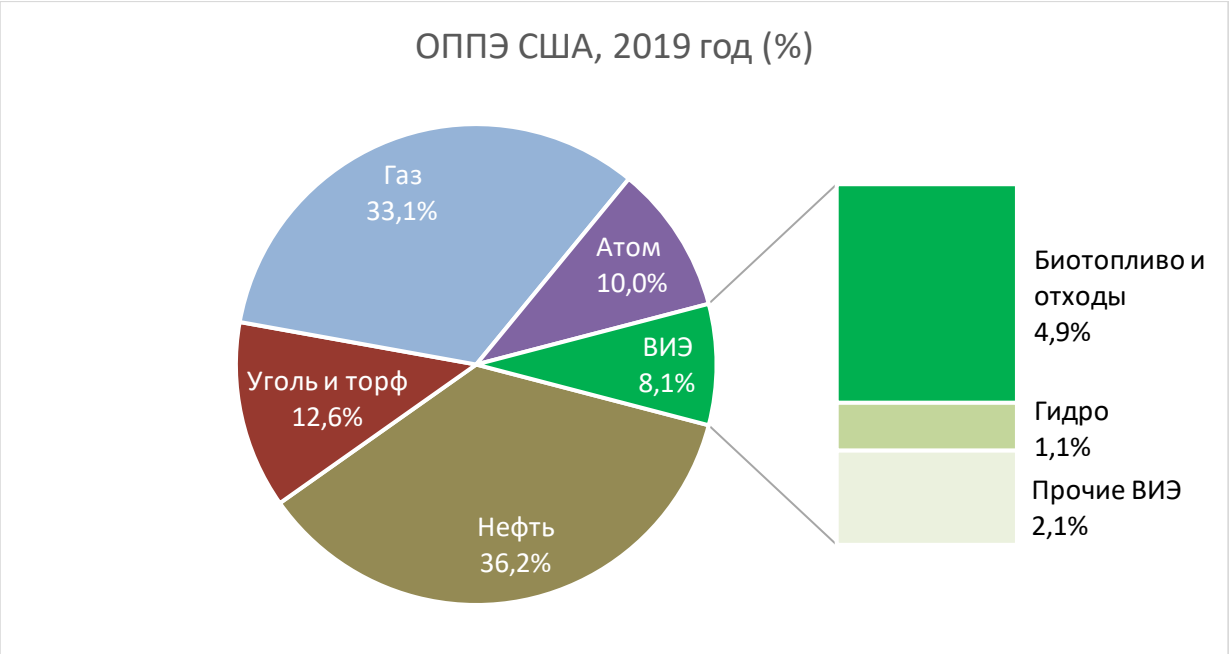


Рис. 23 Структура ОППЭ США по видам источников энергии в 2019 году. Источник: МЭА, адаптировано автором.

Исходным импульсом к созданию институциональной среды развития ВИЭ в США считается кризис 1973 года, когда, в основном под влиянием прогноза о возможном росте стоимости нефти до 100 долларов за баррель, в 1978 году Джеймс Эрл Картер (39 президент США от Демократической партии) принял федеральный закон «О государственной энергетике» (National Energy Act, NEA» определивший принципы регулирования энергетической отрасли США, частью которого стал закон по основам общественной политики в области энергоресурсов (Public Utility Regulatory Policies Act, PURPA).

NEA заложил принципы диверсификации энергетического баланса в США, в то время как, благодаря PURPA, сформировалась новая отрасль энергетики и экономики, связанная с ВИЭ. До него только компании в сфере ЖКХ владели генерирующими мощностями, а после введения положений нормативного документа возросла доля независимых производителей, ставших искать возможности производства энергии по более низкой стоимости.

Стоит заметить, что реализация положений NEA проводилась на фоне реорганизации федеральных органов исполнительной власти, ранее не занимавшихся координацией единой энергетической политики. Фактически, только за год до принятия этого закона на базе Комиссии по атомной энергетике США было создано полноценное Министерство энергетики, включившее компетенции прочих профильных ведомств.

Безусловно, в условиях становления сектора ВИЭ, NEA в первую очередь был направлен повышение энергетической безопасности в основном за счет внутреннего производства и снижения экспорта именно традиционных источников энергии, тем не менее, с правками 1988 и 1992 годов были определены меры экономического стимулирования ВИЭ как инструмента достижения энергетической независимости и меры достижения общей энергоэффективности.

Со временем, развитие сектора возобновляемой энергетики потребовало отдельного надзорного органа и в 2010 году был создан Отдел по вопросам энергоэффективности и возобновляемой энергии.

В 2006 году был принят Solar Investment Tax Credit (налоговый кредит на инвестиции в солнечную генерацию до 30% для жилой и коммерческой недвижимости), который считается до сегодняшнего времени одним из ключевых механизмов государственного регулирования и активного использования солнечной генерации в стране. Данная мера налоговой поддержки обеспечила динамическое развитие солнечной энергетики со среднегодовым приростом 76 процентов, данный нормативный акт оказался настолько эффективном, что в конце 2015 года был продлен Конгрессом США до 2023 года.

Также, представленный Президентом США Б.Обамой, план массового стимулирования ВИЭ в стране предусматривал достижение четверти ТЭБ к 2025 году при 150 миллиардах долларов инвестиций в течение десяти лет, с соответствующей системой мер институциональной поддержки, среди которых особенно выделялись меры налогового характера[163].

В большей степени данная программа была воспринята сектором ветровой энергетики, увеличившей объём генерации вчетверо. Уже через пять лет после старта программы Соединенные Штаты Америки в течении 3-х недельного периода вырабатывали электрическую энергию посредством СЭС в объёме, равным годовому производству в 2008 году, десятикратно превысив скорость создания новых рабочих мест в сравнении с другими секторами и отраслями национальной экономики[164].

В 2009 году в рамках US Department of Energy для обеспечения НИОКРов в области перспективных энергетических технологий был сформирован отдел ARPA-E, который обеспечивает инвестирование средств

---

[163] Налоговое стимулирование инновационных процессов / отв. ред. Н.И. Иванова. – Москва: ИМЭМО РАН. 2009. с.98.

[164] Бучнев А.О. Перспективы и преимущества инновационного развития возобновляемой энергетики как элемента парадигмы новой экономики. Москва : Антарес, 2020. С.212.

в перспективные технологии ВИЭ и систем хранения энергии, формируя их трансфер в реальную экономику, допуская передачу нового знания профильным разработчикам для проведения дополнительных исследований.

Инвестиции в ВИЭ США регулируются Tax equity agreement, по которому на объём проектных капиталовложений инвестор получают 100% долю участия класса В (без права оперативного управления проектом) и право на налоговые вычеты. Также, быстро меняющаяся конъюнктура цен на нефть ускорила решение Президента Обамы минимизировать на 1/3 импорт нефти за счет национальной добычи и ускорения применения ВИЭ, отметившего важность инвестиций в ключевые виды возобновляемой энергии, а также в энергосберегающие технологии, применимые в автотранспорте и строительстве жилья. Сформированные меры институциональной поддержки возобновляемой энергетики Президентом Б.Обамой сделали процесс развития ВИЭ необратимым даже при Президенте Д.Трампе, систематически предпринимавшим попытки по радикальному сокращению финансирования Отдела по вопросам энергоэффективности и возобновляемой энергии[165].

Среди мер институциональной поддержки ВИЭ в США отметим непрерывность совершенствования кредитно-инвестиционной системы и оптимизацию налоговой политики, рост требований по защите окружающей среды, пересмотр экологических нормативов и требований к используемым материалам и комплектующих в жизненном цикле генераторов, минимизацию параметров вредных отходов от производств и генерации электрической энергии.

Немного позже данные требования будут отнесены к формируемым критериям ESG (до их появления в первоначальном варианте понимания «зелёного маркетинга»), как важной части определенной и обязательной

[165] Trump Budget Would Slam the Brakes on Energy Innovation. URL: https://itif.org/publications/2020/02/14/trump-budget-would-slam-brakes-energy-innovation (дата обращения: 20.03.2020).

совокупности присущих современной компании характеристик в экологической и социальной сфере, а также принципах корпоративного управления (environmental, social, governance), позволяющих оценить степень её эффективности в вопросах устойчивого развития как самой компании, так и окружающей её экологической, социальной и экономической среды.

Данная оценка нефинансовых показателей деятельности отдельных компаний приобретает огромную значимость в свете роста объема социально ответственных инвестиций, на чём более подробно остановимся в параграфе 3.3.

Динамика развития ВИЭ США безусловно уступает динамике развития возобновляемой энергии в КНР как по установленной мощности КНР, так и по скорости проникновения в различные сферы применения, но тем не менее частные инвесторы, опираясь на созданную инновационно-институциональную среду внедряют интересные инновационные решения.

Например, корпорация «8minute Solar Energy» [166] (частная компания по производству солнечных панелей и систем промышленного хранения энергии, одной из первых в США осуществила поставку электроэнергии по цене традиционных невозобновляемых видов топлива) готовит проект солнечной генерации установленной мощностью 18 ГВт в Калифорнии, включая инновационную систему промышленного хранения и распределения энергии для бесперебойного энергоснабжения 20 миллионов потребителей.

Данная компания известна и тем, что в 2019 году оформила разрешительные документы на строительство системы промышленного хранения энергии недалеко от Лос-Анджелеса с минимальной стоимостью хранения электроэнергии для настоящего времени.

---

[166] 8minute Solar Energy обеспечит солнечной энергией 20 млн человек. URL: https://www.8minute.com/2020/04/8minute-solar-energy-expands-development-pipeline-to-18-gigawatts-with-new-solar-plus-storage-power-plants/ (дата обращения: 01.09.2020).

Существенный рост акций отмечается у компаний, активно развивающих возобновляемую энергетику, например, такие компании как NextEra Energy Inc. (NEE, NYSE) и Xcel Energy Inc. (XEL, NASDAQ). NextEra Energy за последние двадцать лет продемонстрировала динамику общей доходности (рост акций плюс дивиденды) 1430%. Xcel Energy (рост доходности акций 477% за указанный период) в отличии от NextEra Energy недавно сделала свои инвестиции в ВИЭ ключевыми.

Формируется существенный интерес государственной политики США к геотермальной энергии. US Department of Energy (Министерство энергетики Соединенных Штатов Америки) разрабатывает программу EGS (Усовершенствованные геотермальные системы), которая опирается на инновационные разработки и основана на технологии добычи сланцевого газа при формировании скважин. Потенциал геотермальной энергии в США составляет порядка 100 ГВт, что соизмеримо с текущими мощностями национальной атомной энергетики.

Чтобы оценить соотношение ожидаемых мощностей различных видов возобновляемых энергий, приведем в пример перспективные мощности офшорной ветровой энергетики 23,4 ГВт, достижение которых планируется к 2030 г.[167]

По данным IEEFA (Институт энергетической экономики и финансового анализа) 2020 год, несмотря на политические и эпидемиологические перипетии, стал для США знаковым годом роста мощностей возобновляемой энергетики, например, в период 25 марта - 3 мая ВИЭ генерировали больше электроэнергии, чем угольные традиционные теплоэлектростанции[168], что подтверждает

---

[167] Рынок возобновляемой энергетики США: будущее отрасли. URL: https://investfuture.ru/articles/id/rynok-vozobnovlyaemoy-energetiki-ssha-budushchee-otrasli (дата обращения: 01.11.2020).

[168] Renewables surpass coal in U.S. power generation throughout the month of April 2020. URL: https://ieefa.org/ieefa-update-renewables-surpass-coal-in-u-s-power-generation-throughout-the-month-of-April-2020 (дата обращения: 01.11.2020).

выявленную ранее на примере других стран тенденцию постепенного вытеснения угольной генерации и по эту сторону Атлантического океана с опережением первоначального прогноза IEEFA о достижении превышения выработки возобновляемой энергии над угольной генерацией в 2021 году.

Также немаловажно, что к окончанию второго срока Президента Обамы 29 штатов США разработали законодательные планы создания инвестиционно-институциональной среды для стимулирования применения возобновляемой энергии (помимо неформального клуба Гигаватт, упоминаемого выше) и понятные для инвесторов и производителей конкретные цели достижения определенной доли ВИЭ в энергетическом балансе штатов[169], а 20 американских городов объявили о сроках перехода на полное обеспечение собственных нужд в электроэнергии за счёт возобновляемых источников, поставив цель в среднесрочной перспективе стать климатически нейтральными городами.

В этом плане интересен побудительный мотив небольшого города St. Petersburg во Флориде. Муниципалитет, получив в качестве компенсации от нефтяной компании BP один миллион долларов США за принесённый ей экологический ущерб от разлива нефти, направил 4/5 данной суммы на создание инфраструктуры, обеспечивающей эффективное применение возобновляемой энергии и уход от традиционных ископаемых источников энергии[170]. Не менее показательна государственная политика по ускорению перехода на эксплуатацию электромобилей, которая, начиная с 2015 года обеспечила разнообразные финансовые льготы на уровне штата и ниже. Уже 27 штатов так или иначе имеют собственные меры поддержки данного направления, наравне с стимулирующим Федеральным налоговым кредитом,

[169] State Renewable Portfolio Standards and Goals. URL: ttps://www.ncsl.org/ research /energy /renewable-portfolio-standards.aspx (дата обращения: 01.09.2017).
[170] St. Pete will be the first city in Florida to use 100 percent renewable energy. URL: https:// www.orlandoweekly.com/Blogs/archives/2016/11/23/st-pete-will-be-the-first-city-in-florida-to-use-100-percent-renewable-energy (дата обращения: 01.09.2017).

распространяющим действие на всю территорию Соединенных Штатов Америки.

В целом, предоставляемые субсидии на покупку электромобилей удешевляют приобретение и комплексную эксплуатацию на четверть относительно использования традиционного автомобиля с ДВС, что существенно меньше, чем льготы, предоставляемые Норвегией владельцам электромобилей (более подробно в третьей главе), но необходимо учитывать и несоизмеримость ёмкости национальных рынков.

Кроме этого, девять штатов (определяют 1/3 авторынка в США и 4/5 рынка электромобилей) приняли инициируемую компанией Tesla (занимает треть рынка электромобилей в США) программу поддержки производства автомобилей с нулевым выбросом. По выводам исследования, проводимом в Университете Калифорнии, динамика роста сегмента автомобилей на гибридном двигателе составит 15 процентов в качестве своеобразной платы за переходный период до 2025 года.

Ожидается, что к 2040 году рост используемых транспортных средств на электрической тяге составит порядка 58% транспортных средств в США[171], что на треть ниже программы Европейского Союза. Тем не менее, страна эффективно развивает соответствующую инфраструктуру, создав порядка 15 000 станций для зарядки электромобилей.

В общем баланс использования ВИЭ при производстве электрической энергии имеет меньшую приверженность к безуглеродному производству электроэнергии, что связано, в основном, с нежеланием 45 Президента США Д.Трампа расставаться с углеродной генерацией энергии, таблица 8.

Но тем не менее, порядка 60 процентов всех мировых покупок возобновляемой энергии крупными корпорациями было совершено на территории Соединенных Штатов Америки в 2018 году (пик президентства Д.Трампа), общий объем которых превысил 8,5 ГВт энергии, что в три раза

[171] Electric Vehicles to Accelerate to 54% of New Car Sales by 2040. URL: https://about. bnef. com/blog/electric-vehicles-accelerate-54-new-car-sales-2040 (дата обращения: 15.09.2019).

больше объема предыдущего года[172]. Это факт больше говорит о возрастающей экологической ответственности американского бизнеса, среди которых не только такая компания как Facebook (2,6 ГВт), но и традиционная нефтяная компания ExxonMobil (0,58 ГВт), которые используют возобновляемую энергию для собственных нужд.

Таблица 8 Структура производства электроэнергии в США, ГВт

Тип электростанции	**Годы**							
	2018	**2020**	**2025**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**	**2050**
ТЭС, в т.ч.	**743**	**762**	**756**	**780**	**813**	**858**	**909**	**963**
Жидкое топливо	84	80	65	59	58	58	57	57
Природный газ	416	449	509	554	599	645	699	753
Уголь	243	233	182	167	156	155	153	153
АЭС	**99**	**96**	**83**	**82**	**81**	**81**	**82**	**83**
ВИЭ, в т.ч.	**271**	**308**	**372**	**407**	**452**	**519**	**581**	**669**
ГЭС	79	80	80	80	80	80	80	80
ВЭС	95	111	119	120	121	124	129	137
ГЕОЭС	2	3	3	5	6	7	8	8
СЭС	56	76	131	163	206	268	325	403
Другие ВИЭ	38	39	39	39	39	40	40	40

Отметились и небольшие компании с достаточно малыми объёмами покупки необходимой энергии. Тридцать четыре компании в 2018 году купили возобновляемую энергию впервые, общим объёмом 2,8 ГВт.

Касаясь американского опыта использования ВИЭ, нельзя не отметить инцидент штата Техас, произошедший в феврале 2021 года, когда из-за сильных и несвойственных для штата морозов, осложнённых обильными снегопадами, произошел сбой в энергетической системе. Первый сбой в ночь на 15 февраля 2021 года в генерации повлёк 15 ГВт потерь общей генерирующей мощности (произошло снижение с 67 ГВт до 53 ГВт). По данным ERCOT (оператор энергосетей Техаса) ВЭС штата Техас, несмотря на обледенение лопастей, обеспечили выработку электроэнергии на уровне

[172] Renewnews. URL: http: // renewnews. ru / bnef - korporatsii - vykupili - v - dva - raza - bolshe-vozobnovlyaemoj -energii-v-2018-godu (дата обращения: 20.11.2019).

5,5 ГВт, что несколько больше предыдущих «не экстремальных» дней, но существенно меньше от пиковой мощности (17 ГВт). Отметим далее, не выдержала аномально низких температур для штата Техас (- 22 градуса по Цельсию) передающая инфраструктура, начались её повреждения и соответственно веерные отключения[173]. Если бы этого не случилось, ВЭС штата Техас выдали в сеть те же 5,5 ГВт мощности.

Отметим, что существенную роль в развитии рассматриваемого энергетического сбоя сыграла угольная, газовая и атомная генерация[174] суммарной мощностью 28 ГВт. Проблемы газовой генерации добавились и такие специфические факторы как неготовность отрасли реагировать на пиковые нагрузки выше среднесуточной нормы, плюс возникшие проблемы с поставкой газа: инфраструктура оказалась не готова к работе при низких температурах. Обстановка осложнилась не только из-за пика потребления в аномальный погодный период, но из-за отсутствия технической возможности подключения системы перетоков с соседними штатами.

Подчеркнём, что в США имеется несколько инфраструктурных электропередающих сетей, но, в частности, в штате Техас их параметры (частота переменного тока и напряжение) исторически не соответствуют сетям близ расположенных штатов.

Таким образом, произошедшее необходимо рассматривать в свете всех проблем энергетики штата Техас, а не только проблем в области ВИЭ. В частности, целесообразно пересмотреть подходы к оценке параметров её надежности в условиях изменяющегося климата и соответствующего появления пикового спроса, обеспечить создание надежных систем хранения и накопления энергии, тем более что 10 лет назад США пережили подобную ситуацию, видимо не сделав должных выводов на будущее.

---

[173]Arstechnica. URL: https: // arstechnica. Com / science / 2021 / 02 / texas - power - grid - crumples under-the-cold (дата обращения: 12.04.2021).

[174]Bloomberg. URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-02-15/winter-s-fury-unleashes-brutal-cold-over-u-s-with-more-to-come (дата обращения: 12.04.2021).

В свете произошедшего отметим также, что ВЭС работают и более сложных климатических условиях при соответствующем технологическом обеспечении.

Необходимо отметить как в целом по главе, так и в рамках данного параграфа, применение возобновляемой энергии в США происходит с проявлением и укреплением компетенций шестой инновационной волны в экономике США. Высокопроизводительные силы нового инновационного уклада в Соединенных Штатах Америки составляет 23 процента экономики (в ФРГ - 14 процентов, в КНР порядка 5 процентов).

Развитие таких компетенций и связанных с ними облачных технологий по обработке больших данных и систем искусственного интеллекта активно используется в сфере цифровой энергетики и системах управления, распределения и накопления энергии, что в дальнейшем приведет к формированию синтетических технологий, выводящих на инновационный уровень принципы управления экономикой, энергетикой и, как следствие, качественный рост социальных условий жизни в целом.

Завершая данный параграф хотелось бы повторить, что США потребовалось более двадцати лет с момента первого определения нормативной базы ВИЭ до их развития как сектора энергетики, способного изменить топливно-энергетический баланс страны и обладающего достаточной институциональной базой, чтобы сохранить положительную динамику несмотря на определённую антипатию к ВИЭ со стороны Президента Д.Трампа.

2.3. Государственное регулирование баланса возобновляемой и невозобновляемой энергетики в КНР, Индии, ЮАР, Бразилии.

Оценивая опыт стран, осуществляющих стимулирование возобновляемой энергетики в рамках достижения Целей устойчивого развития путём построения углеродно-нейтральной экономики важно, на взгляд автора, определить исходный посыл данного перехода, равно как и сравнить динамику соотношения возобновляемой и невозобновляемой энергии относительно объема экономик этих стран и исторического контекста последних лет.

Стабильный и интенсивный рост показателей реального ВВП Китайской Народной Республики и Индии был во многом обеспечен наращиванием предложения первичной энергии внутри этих стран, увеличившегося на 306 и 253 процента соответственно за период с 1995 по 2018 год. На фоне повышенного международного внимания к проблемам экологии и приоритетного использования ВИЭ, размещение энергоёмких производств, рост численности населения и конъюнктура энергетического рынка привели к удельному увеличению доли традиционных источников энергии в структуре национальных ТЭБ.

Понимание невозможности улучшить экологическую ситуацию в стране без применения безуглеродных технологий на базе признания факта трансформации мировой энергетики для КНР стало исходным посылом для активного применения ВИЭ[175], что и позволило переменить тенденцию уменьшения относительной доли этого сектора энергетики с середины прошлого десятилетия. В тоже время, аналогичная отрицательная тенденция энергетики Индии сохранилась на всем рассматриваемом периоде. Весьма показательно, что публичное заявление о стремлении к достижению

[175]Пискулова Н.А., Костюнина Г.М., Абрамова А.В. Климатическая политика основных торговых партнеров России и ее влияние на экспорт ряда российских регионов. Москва : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2013. С. 121.

углеродной нейтральности Китая опережает таковое для Индии как по моменту оглашения, так и по продолжительности самого переходного периода. Для этих стран следует также отметить рост объёма предложения атомной энергии, сопоставимый с ВИЭ по абсолютным значениям, но значительно уступающий по темпам приростов последних лет.

В целом, за рассматриваемый период, энергоемкости ВВП Индии и Китая показали схожий отрицательный тренд (рис. 24), сравнительно больший для последнего, и составили 0,104 и 0,151 т.н.э/тыс. долл. США соответственно.

Период монотонного роста экономики Южноафриканской Республики в первом десятилетии рассматриваемого периода сопровождался наращиванием предложения энергии на базе традиционных источников энергии и, в первую очередь, угля, составляющего три четверти ТЭБ страны. Кризис 2008 года отразился спадом ВВП, что обусловливает дисбаланс тенденции энергоемкости, также, как и общая стагнация второй половины прошлого десятилетия. Несмотря на это, именно нестабильность рынка источников энергии положила начало интенсификации ВИЭ, доля которых в ТЭБ ЮАР колеблется около 7% с 2009 года на фоне общего снижения ОППЭ. С 1995 года показатель энергоемкости снизился на 27%, тем не менее оказавшись наибольшим в группе и составив 0,185 т.н.э/тыс. долл. США.

Экономика Бразилии вплоть до 2008 года развивалась схожими с ЮАР темпами, однако, показала лучший результат в посткризисное пятилетие, отчасти обусловленный исторически высокой долей ВИЭ именно в топливном секторе и, как следствие, сравнительно большей энергетической независимостью. В тоже время, с 2013 года в стране начался затяжной внутренний политический кризис, который крайне негативно сказался на экономике. Несмотря на общий рост показателя энергоёмкости ВВП Бразилии на 8% с 1995 года, за весь рассматриваемый период он являлся наименьшим по группе и составил 0,094 т.н.э./тыс. долл. США.

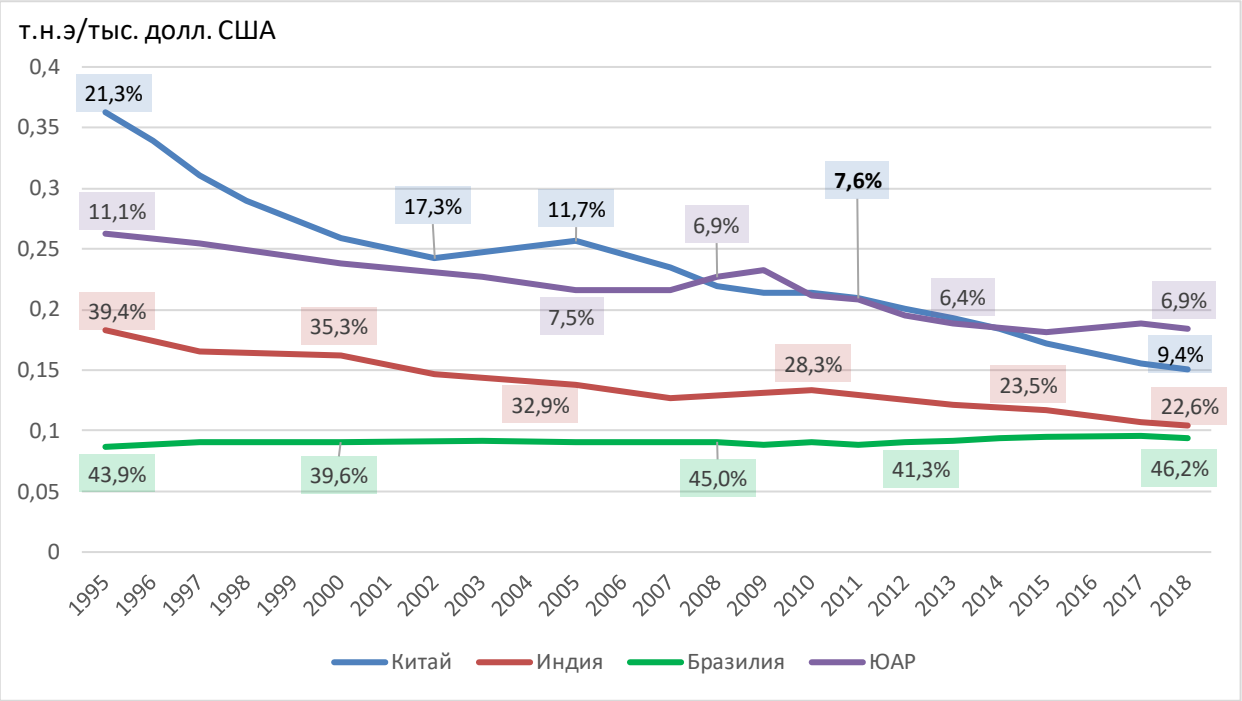


Рис. 24 Энергоемкость и доля ВИЭ в ОППЭ выбранных стран с 1995 по 2018 год. Разработано автором.

Таким образом, энергоёмкость экономики ЮАР является наибольшей в группе несмотря на наименьший объём ОППЭ, что в сочетании с высокой долей угля в ТЭБ делает этот ископаемый ресурс объектом вытеснения со стороны прочих источников энергии и, в первую очередь, ВИЭ в свете декларации построения низкоуглеродной экономики. Бразилия имеет наилучший и стабильный во времени баланс соотношения возобновляемой и невозобновляемой энергии, тем не менее, ориентация на энергетику нулевых выбросов означает увеличение давления на группу ТИЭ. Китай и Индия, обладая схожими предпосылками развития энергетики за последние годы кратно нарастили объёмы потребления ископаемых ресурсов, однако энергетическая политика Китая уже принесла свои плоды в части уменьшения удельной значимости ископаемых ресурсов в ТЭБ страны.

Стоит заметить, что несмотря на наименьшую долю ВИЭ в структуре ОППЭ Китая, их фактический объём превышает аналогичный показатель для ВИЭ Индии, а также Бразилии в целом. В связи с этим представляется важным начать рассмотрение именно с этой страны в контексте раскрытия институциональных основ стимулирования ВИЭ как инструмента

достижения углеродной нейтральности. Выбранная ключевая цель, сформулированная государственной программой контроля климатических изменений в КНР 2007 г. заключалась в минимизации углеродных выбросов в производстве постоянно наращиваемых объёмов энергии (КНР по сравнению с США в 2000 году потребляла менее 50% энергии[176], а по прогнозу 2012 года выйдет на потребление в 1,7 раза больше США к 2035[177]). Основную роль программа отводила активному применению ВИЭ как ключевому инструменту снижения выбросов CO_2 на 16 процентов в расчете на единицу ВВП.

Долгосрочный План Развития КНР, определяющий ключевые параметры развития страны, закрепил значение возобновляемой энергетики для экономического и экологически чистого развития страны, позволил начать формирование системы институциональной поддержки ВИЭ. К мерам активизации возобновляемой энергии были отнесены квоты на гарантированное потребление энергии, лимиты «зеленых» тарифов, график локализации ввозимых генераторов ВИЭ, специально разработанные гранты финансовой поддержки применения возобновляемой энергии и инновационной адаптации к региональным условиям. Оценка многоплановых преимуществ возобновляемой энергетики в сравнении с её природным потенциалом на территории Китая и экономическими особенностями хозяйствования позволила сформировать приоритет развития четырех видов ВИЭ: ветровой, солнечной и биоэнергетики, а также малой гидроэнергетики[178].

К завершению рассматриваемого пятилетнего периода (2007-12 гг.)

---

[176]Статистические данные Международного Энергетического Агентства. URL: http://www.iea.org/ stats/index.asp (дата обращения: 08.09.2012).

[177] Развитие низкоуглеродной и энергоэффективной экономики. Возможности адаптации мирового опыта при реализации Федерального закона «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности. – Москва, WWF России, 2010. С.33.

[178]Порфирьев Б. Н. «Зелёная» экономика: новые тенденции и направления развития мирового хозяйства / Б.Н. Порфирьев // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. - 2012. - Т. 10. С.12.

возобновляемая энергетика на базе солнечной генерации составила порядка 3/4 от её мировой выработки, а общие инвестиции в ВИЭ достигли в КНР 2/5 от мировых значений при общем снижении энергоемкости экономики на 20%. Общий целевой показатель достижения ВИЭ в энергобалансе был определен в 20 процентов к 2020 году[179].

В рамках постоянного совершенствования[180] мер институциональной среды активизации использования ВИЭ разработанный ранее Закон о возобновляемой энергии, сформировавший основы институциональной поддержки в рамках энергетической и промышленной политики, был расширен механизмами активизации сектора ветроэлектроэнергетики позволяющими снизить налоговую и таможенною (для не локализованных комплектующих) составляющие себестоимости производства. Внедрение офсетных контрактов способствовало достижению локализации производства генераторов ВЭС 70% уровня.

Вышеперечисленные меры государственной институциональной поддержки способствовали росту макроэкономического эффекта в сопряженных с возобновляемой энергетикой отраслей, который уже к 2010 году вовлек в новое производство порядка 90 национальных компаний, которые производили генераторы ВЭС (в том числе с использованием контрактов жизненного цикла оборудования), порядка 50 компаний обеспечивали производство лопастей к генераторам ВЭС, около ста организаций обеспечивали производство сопутствующих составляющих[181].

Всего через три года все вновь запускаемые ВЭС, включая проекты офшорной энергетики, имели китайское происхождение, тариф электрической энергии, получаемой от ВЭС на тот период времени,

---

[179]China’s Policies and Actions for Addressing Climate Change. Information Office of the State Council. The People’s Republic of China.Beijing, November 2011. P.7.

[180] Бучнев А.О. Перспективы и преимущества инновационного развития возобновляемой энергетики как элемента парадигмы новой экономики. Москва : Антарес, 2020. С.51.

[181]L. Schwartz. China's Wind Industry Is About To Get Squeezed. Renewable energy world. URL: http://www.renewableenergyworld.com/articles /2010/06/ chinas-wind-industry-is-about-to-get-squeezed.html/ (дата обращения: 07.11.2012).

составлял 0,55 юаня (0,09 долларов США) за кВт·ч, что устраивало как потребителей, так и частных инвесторов[182,183]. Разработанный предельно амбициозный план достижения установленной мощности в 1000 ГВт к 2050 году[184], отчасти стал стимулирующим примером для стран, желающих ускорить достижение Целей устойчивого развития, поскольку в десять раз превышал текущий параметр установленных ветрогенерирующих мощностей. Интересно отметить, что и США, и Китай имели равный потенциал ветровой энергетики в 2010 году (таблица 9), однако если Соединенные Штаты Америки нарастили мощность ВЭС в полтора раза за пятилетие, то Китайская Народная Республика фактически утроила его [185].

Таблица 9 Установленные мощности ветрогенерации в КНР и США, ГВт

	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**
КНР	41,8	62,7	75,5	91,4	114,7
США	40,2	46,9	60,0	61,1	65,8

К началу 2015 года Китай в 1,5 раза превысил инвестиционные вложения во все виды возобновляемой энергии до 110,5 миллиардов долларов США по сравнению с Соединёнными Штатами Америки.

Учитывая значительный потенциал малой гидроэнергетики в стране общее количество генераторов превысило уровень в 45000 единиц, обеспечивая удаленные регионы Китая надежной и дешёвой энергией[186].

Сельское хозяйство, формирующее каждый год 700 миллионов тонн отходов в виде соломы (что энергетически эквивалентно 350 млн. т угля), стимулирует развитие производства генераторов биоэнергии. Для

[182]E. Martinot, L. Junfeng. Renewable Energy Policy Update For China. URL: http://www.renewableenergyworld.com/articles/print/volume-13/issue-4/solar-energy/ renewable-energy-policy-update-for-china.html (дата обращения: 07.07.2013).

[183] Политика Китая в области развития ВИЭ. URL: http://gisee.ru/articles/foreign _politics/27656 (дата обращения: 12.05.2014).

[184]LiuYuanyuan. China Increases Target for Wind Power Capacity to 1,000 GW by 2050. URL: http://www.renewableenergyworld.com/articles/2012/01/china-increases-target-for-wind-power - capacity-to-1000-gw-by-2050.html (дата обращения: 14.10.2015).

[185]Global Wind Energy Council. URL: http://www.gwec.net/ (дата обращения: 18.12.2015).

[186]Шейндлин А.Е. Размышления о некоторых проблемах энергетики. URL:http://www.nkj.ru /archive/articles (дата обращения: 08.11.2012).

устойчивой работы данного направления возобновляемой энергетики были введены специальные тарифные премии на период его становления.

Одну из самых существенных мер субсидируемой поддержки на первоначальном этапе развития солнечной энергетики предоставляла госпрограмма «Золотое Солнце», доведя её уровень до 70 процентной доли от стоимости производимой энергии. За достаточно короткий срок мировой сегмент производителей солнечных батарей составил 76 % СЭС китайского происхождения, с соответствующей патентной чистой и защитой созданной интеллектуальной собственности на базе национальных инновационных технологий[187]. Установленная мощность всех ВИЭ КНР превысила отметку 400 ГВт к началу 2015 года. Вспомним, что на форуме АТЭС, состоявшемся в 2014 году, было заявлено об удвоении установленных мощностей возобновляемой энергетики к 2030 году. Данный показатель будет достигнут Китаем в 2022 году.

Рассмотрим факторы, способствующие данному ускорению.

Прежде всего, наличие существенных потенциальных природных возможностей Китая, которые только в солнечной энергетике превышают достигнутые параметры развития в семьсот раз, а по извлекаемой геотермальной энергии в две тысячи раз[188].

Тем не менее, несмотря на созданную институциональную и экономически базу и, как следствие, сдвиг соотношения баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии, энергетика КНР остаётся критически зависимой от ископаемый природных ресурсов и, в первую очередь, угля, доля которого значительно превышает половину ОППЭ (рис. 25; приложение 1, таблица 28).

Во многом, данное соотношение создает предпосылки для особого случая энергетического перехода, когда сжатие наименее экологичного

[187]Бучнев А.О. Перспективы и преимущества инновационного развития возобновляемой энергетики как элемента парадигмы новой экономики. Москва : Антарес, 2020. С.52.
[188]Азиатские энергетические сценарии 2030 / под ред. С. В. Жукова. Москва : Магистр. 2012. С. 55.

сектора энергетики позволяет ВИЭ увеличивать свою долю ОППЭ без значительного давления на прочие источники энергии.

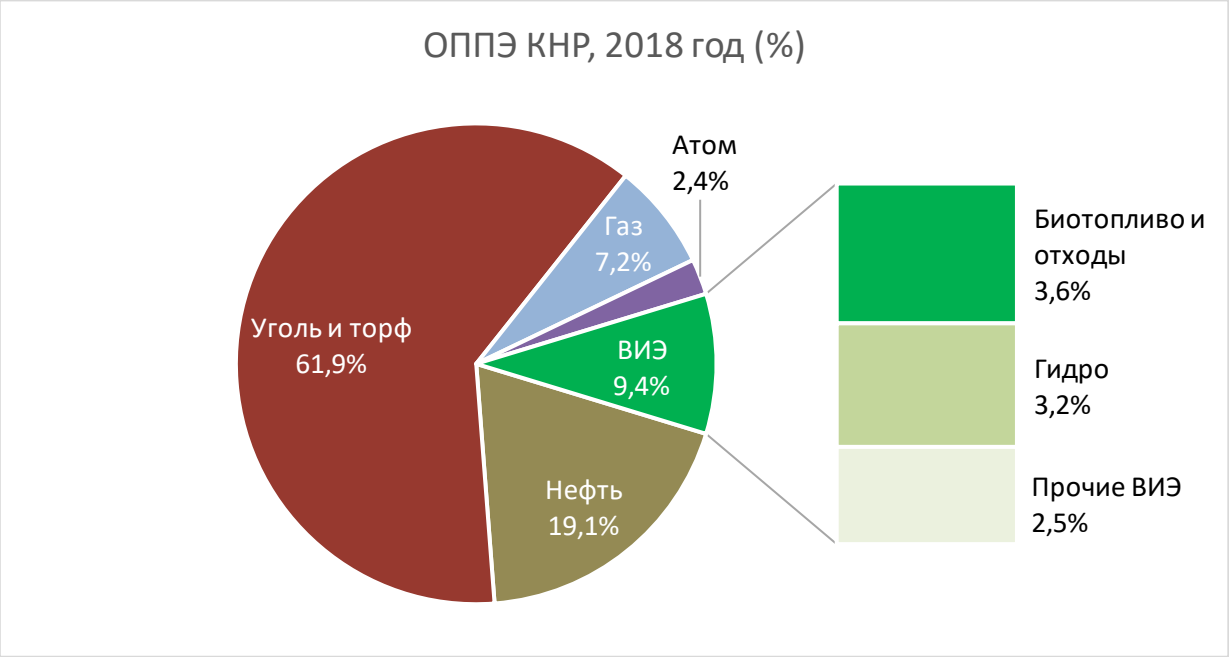


Рис. 25 ОППЭ КНР в 2018 году. Источник: МЭА, адаптировано автором.

Из ископаемых источников доля газа в ОППЭ является наименьшей, тем не менее по показателю объема его предложение увеличилось в 20 раз с 1990 года, что значительно превышает динамику для нефтяной и угольной подотраслей. Кроме этого, среднегодовые приросты природного газа увеличиваются в течении последних лет, в то время как нефть имеет линейную тенденцию роста, а уголь с середины прошлого десятилетия относительно стабилен.

Наименьшей долей в 2,4% ОППЭ обладает атомная энергетика, которая по состоянию на 1990 год отсутствовала в показателе в принципе, что также создает прецедент более благоприятных условий для развития ВИЭ. В то же время, доля ветровой, солнечной и прочих видов возобновляемой энергии в ОППЭ базового периода стремиться к нулю, в связи с чем представляется целесообразным сравнить именно эти два сектора энергетики и, несмотря на разовые, но значительные приросты атомной энергетики, распространение зачастую точечных объектов ВИЭ позволило получить на 5% больше энергии по состоянию на 2018 год.

Как было отмечено ранее, в Китае с середины прошлого века развивалось преимущественно центральное отопление городов, что вывело страну в число лидеров данного сектора энергетики. Благодаря государственному планированию и процессу урбанизации протяженность линий теплоснабжения превысила 205 000 км и является одной из наибольших в мире, в то время как установленная мощность ТЭЦ составляет не многим более 20% от промышленного потенциала, определенного Государственным комитетом по делам развития и реформ КНР. При этом, благодаря когенерации вырабатывается примерно 13% электрической и 60% тепловой энергии.

В целом теплоэнергетический рынок представлен регионально распределенными монополиями[189], но имеется тенденция к его укрупнению для создания единого регулируемого пространства для сбыта всех коммунальных услуг. Отельное внимание уделяется использованию возобновляемых источников энергии, однако спрос на тепловую энергию пока значительно превышает потенциал ВИЭ в этой отрасли.

Кроме того, КНР уверенно вводит новые мощности гидроэнергетики: в 2020 году была запущена первая очередь ГЭС Wudongde на западе страны с установленной мощностью 10,2 ГВт, что вывело её по данному параметру на четвертое место в Китайской Народной Республике.

Глава КНР Си Цзиньпин, оценивая данное событие в экономической жизни Китая, отметил постоянное внимание правительства к вопросам экологии и системному подходу к развитию гидроэнергетики.

К началу 2020 года суммарная мощность объектов гидроэнергетики КНР составила 356,4 ГВт, планируемый ввод в эксплуатации к 2022 году ГЭС Байхэтань добавит к данному успеху дополнительные 16 ГВт[190]. Но,

---

[189] Стенников В., Пеньковский А. Рынок Тепла: Мировой опыт развития централизованного теплоснабжения // Энергетическая политика. 2021. № 10. С. 69.

[190] Китай ввёл в эксплуатацию новую ГЭС мощностью более 10 гигаватт. URL: https: // elektrovesti.net / 71801 _ kitay – vvel – v – ekspluatatsiyu – novuyu – ges - moshchnostyu-bolee-10-gigavatt (дата обращения: 25.08.20).

как было отмечено выше, в основном дальнейшее развитие гидроэнергии будет определятся малыми ГЭС.

Рассмотрим прогноз динамики и структуры[191] установленных мощностей производства электроэнергии в Китайской Народной Республике, представленный в таблице 10.

Таблица 10 Китай, установленные мощности производства электроэнергии, ГВт.

Тип электростанции	Годы							
	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ТЭС, в т.ч.	**1135**	**1202**	**1320**	**1510**	**1638**	**1630**	**1619**	**1708**
Жидкое топливо	6	5	4	3	2	2	2	2
Природный газ	85	97	122	232	424	478	517	606
Уголь	1044	1100	1194	1275	1212	1150	1100	1100
АЭС	**52**	**61**	**77**	**97**	**117**	**144**	**167**	**191**
ВИЭ, в т.ч.	**704**	**870**	**1175**	**1544**	**1880**	**2147**	**2541**	**2766**
ГЭС	340	392	449	449	449	449	449	449
ВЭС	176	198	273	397	560	680	780	839
ГЕОТЭС	0	0	0	0	0	0	0	0
СЭС	176	266	439	685	858	1004	1298	1465
Другие ВИЭ	12	14	14	14	14	14	14	14

Как видно из таблицы прирост тепловых электростанций на рассматриваемом долговременном периоде незначителен и составит 1,42 раза за ближайшие тридцать лет за счет роста мощностей, использующих газовую генерацию, выработка на базе которой возрастет за указанный период в 6,2 раза.

Таким образом очевидно, что энергетическая политика КНР, по крайней мере на её действующем этапе, одновременно уделяет внимание трем направлениям развития энергетики: возобновляемой, газовой и атомной подотрасли[192], что вполне было бы применимо и к отечественной практике. Соответственно, отметим и рост выработки атомной энергии в 3,1 раза, при

[191] IEO 2019. URL: http://www.eeseaec.org/energetika-stran-mira/energetika-stran-mira-azia-i-okeania/energeticeskij-profil-kitaa (дата обращения: 25.08.20).

[192]Рынок энергетических ресурсов Китая: интересы и возможности России / Российская акад. наук, Ин-т Дальнего Востока РАН; [сост. ВВ. Жигулева; отв. ред. А.В. Островский]. Москва: ИДВ РАН, 2011. С.139.

росте мощностей возобновляемой энергетики в 3,2 раза (Приложение 2). Баланс установленных мощностей для выработки электроэнергии в 2050 году приобретет более экологичный вид относительно текущего состояния (рис. 26).

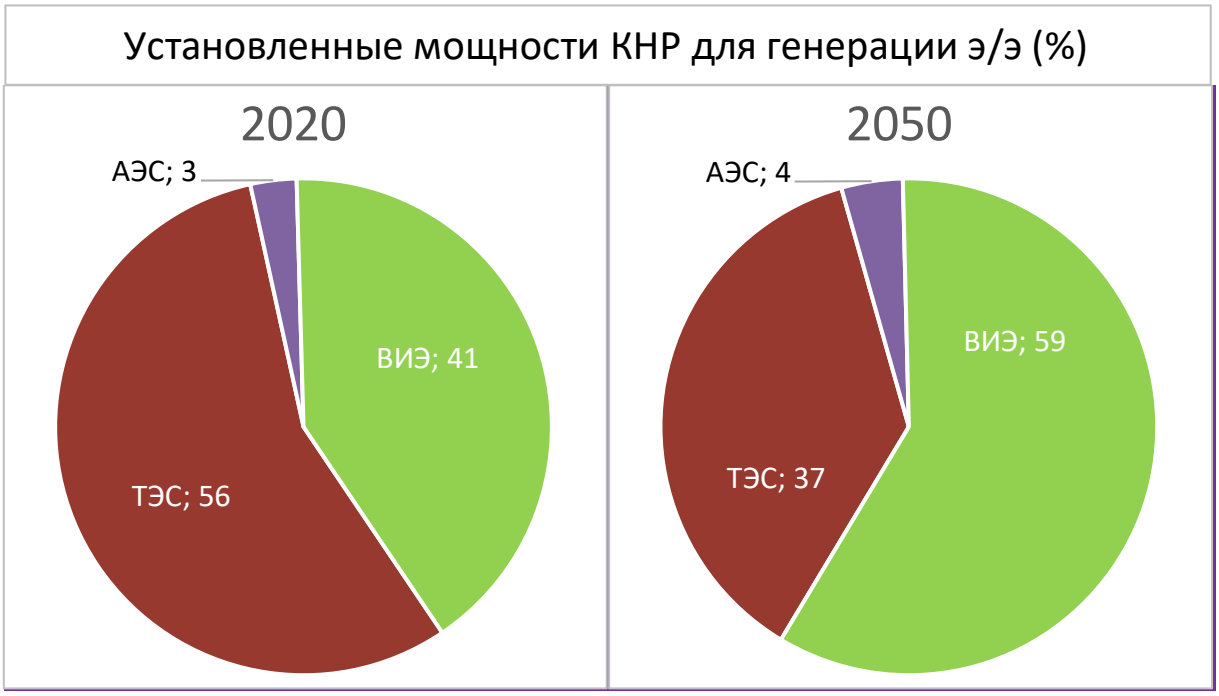


Рис. 26 Баланс установленных мощностей КНР для выработки электроэнергии в 2020 и 2050 годах.

Национальная энергетическая ассоциация отмечает 20 процентный рост электростанций на базе солнечной энергии (добавленные мощности 11,5 ГВт) в 2020 году, ветровой энергии на 10,9 процентов (добавленные мощности 6,3 ГВт).

Необходимо отметить и мировое лидерство Китая в продажах электромобилей (рис. 27). Несмотря на соперничество с известной маркой электромобиля Tesla Model S, китайская компания по производству электромобилей NIO привлекла 1,8 миллиардов долларов на Нью-Йоркской фондовой бирже и создала вполне конкурентоспособный люксовый седан ET. Более известная в Российской Федерации китайская компания Great Wall предложила рынку за 9 тысяч долларов США компактный электромобиль ORA R1 на 4 пассажира, обеспечивающий до 350 км пробега без подзарядки аккумулятора.

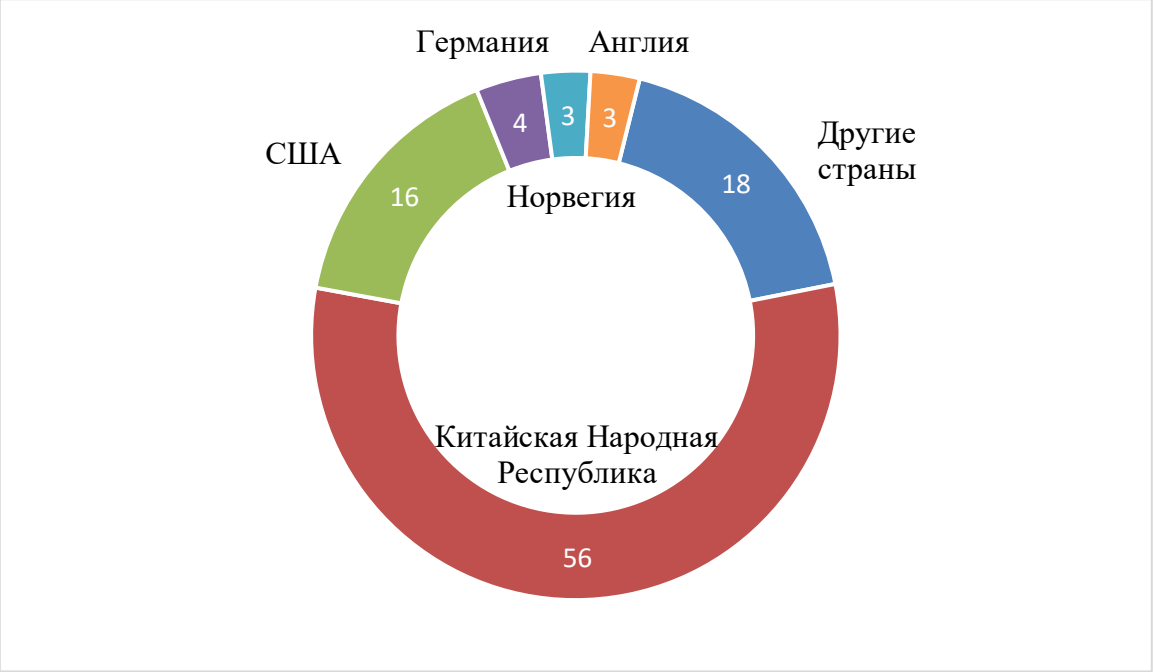


Рис. 27 Страны с максимальными продажами электромобилей в 2018 г., %. Источник: E-CARS.TECH. Адаптировано автором.

Подчеркнем и своевременное развитие в рамках государственных стимулирующих программ соответствующей инфраструктуры зарядных станций (на 5 миллионов машин), предоставление дотаций (9,3 тысяч долларов США за электромобиль и 7,6 тысяч долларов США за гибридный двигатель) и льгот, в том числе и налоговых, как производителям электромобилей, так и покупателям в виде отмены регистрационного налога.

Приведем в пример город КНР Шэньчжэнь с населением соизмеримым с населением Москвы, который полностью перешел на электрические автобусы, приобретаемые в рамках контракта жизненного цикла.

Интересно отметить, что Китай счёл достаточными введенные ранее меры поддержки рынка электромобилей и объявил о сокращении программы господдержки на 30%, а в 2022 году планирует свести меры господдержки к минимуму. Уменьшение государственной поддержки[193] для электромобилей с предельным пробегом менее 250 км без подзарядки будет сведено к нулю,

[193] China toughens subsidy program for new energy vehicle companies. URL: https://uk.reuters.com/article/us-china-autos-electric/china-toughens-subsidy-program-for-new-energy-vehicle-companies-idUKKCN1R80NV (дата обращения: 30.10.2020).

с пробегом свыше 250 км поддержка сохранится (таблица 11), что затронет 486 китайских производителей электромобилей.

Таблица 11 Зависимость субсидий от дальности пробега электромобиля.

Пробег без подзарядки, км	**Субсидия, юань/доллар США**	
	было	**Стало**
250 - 300	34000/5000	18000/2700
300 - 400	45000/6700	18000/2700
Свыше 400	50000/7500	25000/3700

Источник: E-CARS.TECH.

Подводя итоги государственного регулирования возобновляемой и невозобновляемой энергии в Китайской Народной Республике, можно подчеркнуть его эффективность, а также обоснованность и выполнимость поставленных национальным правительством целей.

Руководитель КНР Си Цзиньпин на 74-ой Генеральной Ассамблее ООН в сентябре 2020 года объявил, что КНР приложит усилия к достижению углеродной нейтральности к 2060 году[194]. Необходимо отметить, что это первое официальное заявление, когда КНР взял на себя обязательство достигнуть углеродной нейтральности, поскольку КНР на сегодняшний день крупнейший в мире производитель выбросов углерода в мире. С февраля 2021 года в Китае заработал рынок торговли разрешениями парниковых газов[195]. Исходя из положительной динамики активного использования ВИЭ, а также активного перехода на производство и эксплуатацию электромобилей, можно отметить, что взятые на себя публичные обязательства вполне выполнимы.

Перейдём к политике государственного стимулирования возобновляемой энергетики в Индии. Отметим, что это также одна из крупнейших стран, активно использующая уголь в балансе общей первичной

[194] Renewnews. URL: http://renewnews.ru/kitaj-planiruet-dostich-uglerodnoj-nejtralnosti-do-2060-goda/ (дата обращения: 30.10.2020).
[195] Жариков М.В. Цена декарбонизации мировой экономики // Экономика. Налоги. Право. 2021. № 14(4). С.41.

потребляющей энергии (рис. 28; приложение 1, таблица 29), однако развитие энергетики последних 30 лет показало схожий фактический прирост всех трех углеводородных источников.

Также, по аналогии с КНР, интересна динамика атомной энергетики относительно сектора прочих ВИЭ, поставившей на индийский рынок в 160 раз больше энергии, чем сектор прочих ВИЭ в 1990 году. Так, после двух лучших показателей кратного роста ОППЭ Индии, в 2018 году предложение энергии на базе прочих ВИЭ составило 95% сектора атомной энергии.

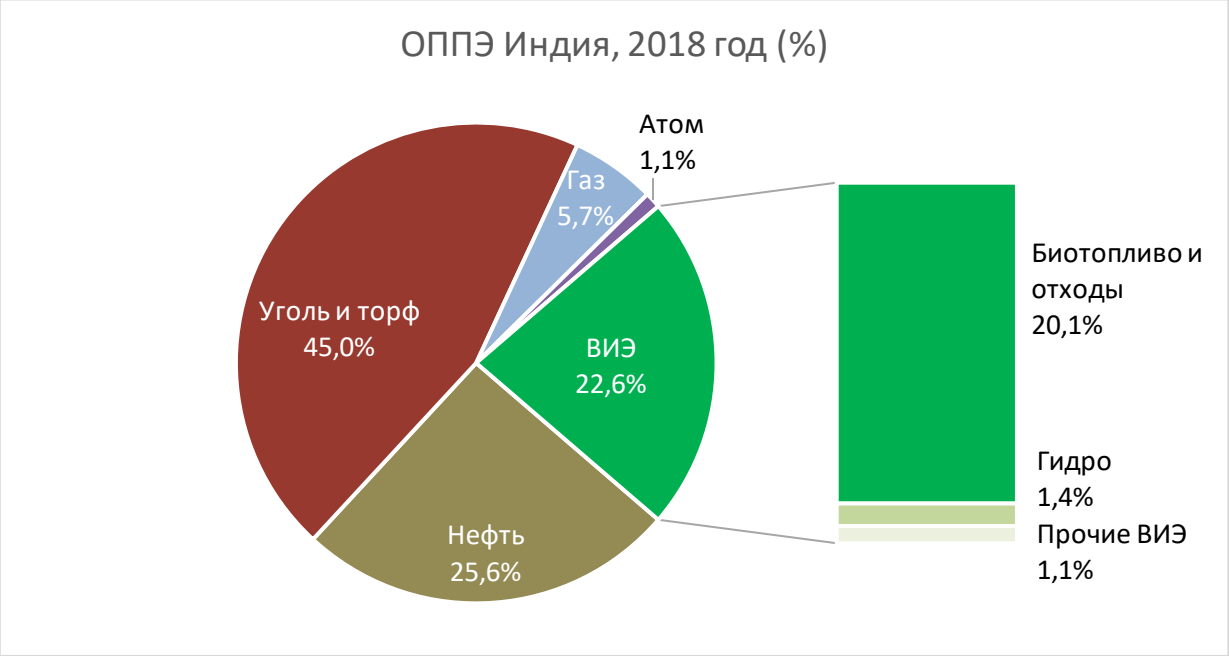


Рис. 28 ОППЭ Индии в 2018 году. Источник: МЭА, адаптировано автором.

Как было отмечено выше, в структуре ОППЭ еще не настал переломный момент балансового сдвига в пользу ВИЭ, что отражает весьма умеренную политику в области ограничения традиционных источников энергии и, в первую очередь, угля. Так, на 26 Конференции сторон РКИК ООН (2021) индийская сторона не подписала соглашения об уменьшении угольной генерации, несмотря на внесенные правки о смягчении первоначальных, более радикальных мер. Тем не менее, Премьер-министр Нарендра Моди заявил[196], что ВИЭ составят половину генерации

[196] COP26: India PM Narendra Modi pledges net zero by 2070. URL: https://www.bbc.com/news/world-asia-india-59125143 (Дата обращения: 07.11.2021).

электрической энергии к 2030 году, а страна в целом достигнет углеродной нейтральности не позже 2070 года.

Первой мерой институциональной поддержки активизации ВИЭ в Индии стал в 2003 году директивный документ (Специальный акт), который определил обязательный к приобретению территориальный минимум объёма выработанной электрической энергии энергопередающими предприятиями[197]. Далее, для активизации модернизации в секторе ВЭС было введено применение повышенного процента ускоренной амортизации, порядок которой определяется национальным министерством альтернативной энергетики.

Заметной процессно-технологической инновацией как уже упоминалось выше, достойной к применению в отечественных условиях, стало создание общественных ветровых платформ, расположенной в регионе, где потенциал ветровой энергии достаточен.

Инвестор, в любом регионе страны может оплатить установку ветрогенератора на подобной платформе с правом реализации вырабатываемой энергии в удобной ему точке страны. Если энергетические потребности инвестора превышают установленную мощность его ВЭС, то ему разрешается по истечении 4 лет при фиксированной стоимости электрической энергии списать стоимость генератора со своих активов.

Обратим внимание на сравнении успехов Индии с ВЭС Испании, которая занимала активную позицию по развитию ветровой энергетики. Индия в 2010 году практически вдвое отставала от Испании по установленным мощностям ветровой генерации 13,06 ГВт и 20,67 ГВт соответственно, но за пятилетний период установленные мощности Индии по ВЭС в 22, 46 ГВт стали соизмеримы с установленными мощностями ВЭС Испании в 22,98 ГВт.

[197]Булаткин Г.А. Оценка эффективности производства традиционных и возобновляемых источников // Вестник РАН. 2009. № 7. С.608.

Представляет интерес для применения в отечественных условиях введенная в Индии процессная инновация в виде процедуры обязательной проверки предоставленных ранее квот, когда получающий стимулирующие льготы подтверждает происхождение «зеленой» электроэнергии, в противном случае выписывается штраф.

Данный план осуществляется в рамках одобренной в 2018 году национальной стратегии гибридных электростанций ветро-солнечной энергетики, которая на первоначальном этапе её осуществления имела всего 0,1 ГВт установленной мощности подобных генераторов.

Отметим, что гибридизация солнечных и ветровых электростанций в условиях массового отсутствия систем хранения энергии в промышленных масштабах существенно повышает надежность стабильной выработки энергии, сглаживая влияние на её выработку ночное время суток и период природного сезона. С экономической точки зрения одновременное применение генерирующих технологий минимизирует удельные капитальные затраты, повышает общую производительность установки.

Национальный регулятор Solar Energy Corporation of India (SECI) создает оптимальные условия для продвижения совместного использования двух генераций, отдельно стимулируя применение систем хранения и накопления выработанной энергии, достигших объёма хранения 4,5 ГВт в рамках отдельной программы использования возобновляемой энергии в течении полных суток.

Рассмотрим, как и в случае КНР, структуру производства электроэнергии на долгосрочном периоде для Индии (таблица 12), ретроспектива генерации электроэнергии на базе ВИЭ представлена в приложении 2.

Как видно из таблицы прирост тепловых электростанций незначителен и составит 1,42 раза за тридцатилетний период, как и в Китае, но не за счет роста мощностей, использующих газовую генерацию, выработка на базе которой возрастет за указанный период в 1,89 раза, прирост угольной

генерации сохраниться в меньшем объеме, но все же составит 1,38 раза, но по установленной мощности будет ниже в 2,77 раза, чем в Китайской Народной Республике.

Таблица 12 Индия, структура производства электроэнергии, ГВт

Тип электростанции	Годы							
	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ТЭС, в т.ч.	**301**	**322**	**329**	**333**	**347**	**374**	**401**	**458**
Жидкое топливо	7	6	6	6	6	6	6	6
Природный газ	29	29	29	30	39	54	54	55
Уголь	265	287	294	297	302	314	341	397
АЭС	**7**	**8**	**9**	**12**	**13**	**18**	**22**	**26**
ВИЭ, в т.ч.	**112**	**134**	**205**	**333**	**522**	**809**	**1193**	**1478**
ГЭС	47	51	64	79	101	105	105	105
ВЭС	36	42	66	109	199	377	544	556
ГЕОЭС	0	0	0	0	0	0	0	0
СЭС	24	36	70	139	216	321	538	811
Другие ВИЭ	5	6	6	6	6	6	6	6

Рост выработки атомной энергии увеличится в 3,25 раза, при росте мощностей возобновляемой энергетики в 11 раз (рис. 29).

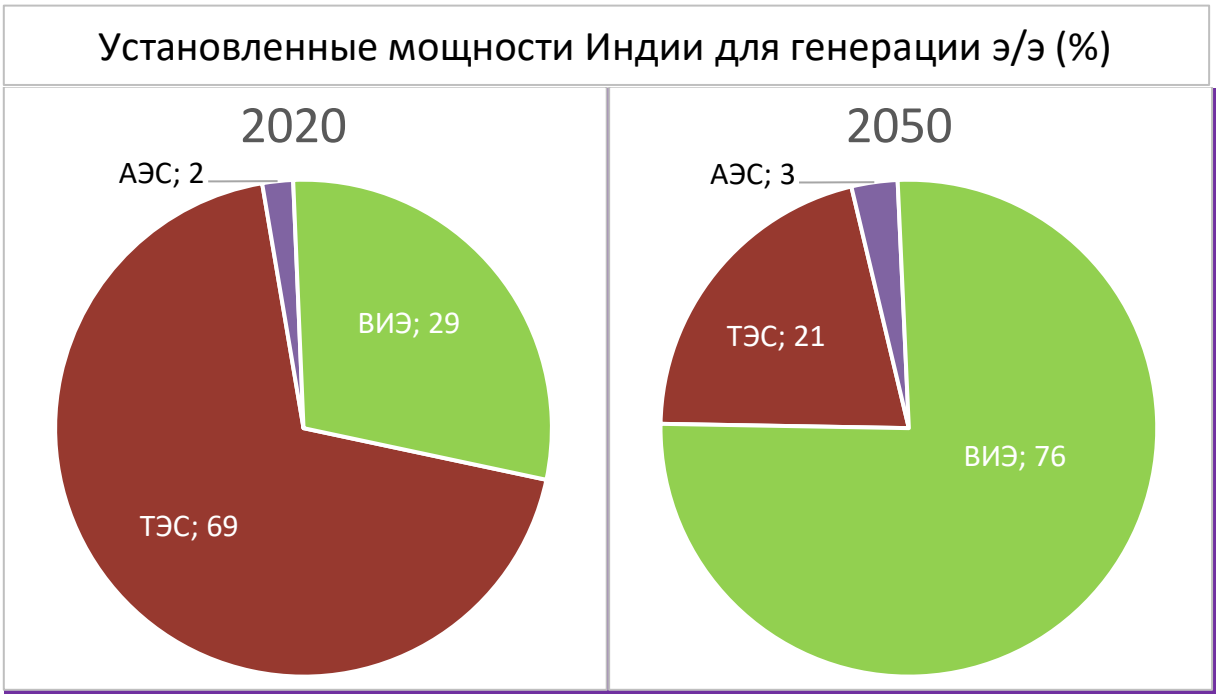


Рис. 29 Баланс установленных мощностей Индии для выработки электроэнергии в 2020 и 2050 годах. Источник: МЭА и расчеты автора.

Тем не менее, ожидаемый баланс установленных мощностей возобновляемой энергии для выработки электроэнергии в 2050 году говорит о том, что в случае его реализации, Индию ожидает больший, сравнительно с КНР успех, когда доля ВИЭ достигнет ¾ от общего показателя генерации.

Такой значительный прирост представляется вполне вероятным, поскольку достаточна низкая стоимость выработки электроэнергии, подтвержденная аукционами 2020 года, генерируемая ветро-солнечными электростанциями с элементами хранения 4,04 рупий за кВт·ч (0,04 доллара США) уже оказалась ниже стоимости традиционных тепловых электростанций, использующих невозобновляемую энергию (4,40 рупий за кВт·ч). Таким образом, подводя итоги активного развития ВИЭ Индии, отметим, что перспективы индийской экономики тесно связаны с неуклонным развитием возобновляемой энергетики и сопряженных с ней отраслей экономики, а также постепенно нарабатываемым опытом государственного регулирования баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии.

Южноафриканская Республика долгое время решала свои энергетические потребности за счет активного развития угольной промышленности, однако, оценив преимущества возобновляемой энергетики, достаточно динамично набрала темп достижения заметной доли ВИЭ в собственном энергетическом балансе, учредив структуру «Independent Power Producer», специализирующейся на активном привлечении частных инвестиций.

Разработанная программа приобретения возобновляемой электроэнергии у независимых производителей (REIPPPP)[198], которая по данным Департамента Энергетики ЮАР в 2015 году вошла в десятку самых эффективных в мире программ для активного применения возобновляемой энергетики. Программа, кроме обеспечения закупок возобновляемой

[198]Powering-up to go off the grid. URL: http:/ /www.iol.co.za/sundayindependent/powering-up-to-go-off-the-grid-1.1924652#.VlXF0tLhCUk (дата обращения: 10.01.2016).

энергии, также привлекает средства инвесторов, работает с региональными и мировыми банками, например, с ICBC (Промышленный коммерческий банк Китая). REIPPPP определила три фазы внедрения и активного использования возобновляемой энергии: от строительства на первой фазе 28 солнечных и ветровых генераторов (установленной мощности 1,4 ГВт), на второй - 19 объектов (1 ГВт), на третьей - 17 электростанций (1,4 ГВт)[199].

В рамках данной программы был выигран тендер на создание гелиотермальной солнечной электростанции Kathu (0,1 ГВт) с использованием технологии вогнутых параболических коллекторов и энергетического термохранилища на расплавленных солях с возможностью независимой работы в течение 4,5 часов обеспечивая электрической энергией 179 тысяч потребителей.

Проект Kathu интересен не столько своими инновационными решениями, сколько его интернациональным составом участников и инвесторов, доверяющих созданной институциональной среде поддержки ВИЭ в ЮАР. За технико-технологическую сторону проекта отвечали испанские компании Sener и Acciona, за финансовую сторону консорциум акционеров во главе с Engie, объединивший инвесторов SIOC Community Development Trust (ЮАР), Investec Bank (ЮАР), Lereko Metier Sustainable Capital Fund (ЮАР), FMO (Нидерландский банк развития), Public Investment Corporation.

Проект успешно завершен и введен в строй в начале 2019 года. Только в начальный период становления ВИЭ в ЮАР частные инвесторы вложили в возобновляемую энергетику свыше 14 миллиардов долларов США (193 млрд. рандов)[200] и фактически, начав с нулевой отметки, страна добилась неплохих результатов.

---

[199] Возобновляемая энергия и ресурсы. URL: http://renewnews.ru/south-africa/ (дата обращения: 28.10.2020).

[200] Solar Win in Coal's Back Yard Shows Cheap Way to Beat Blackouts. URL: http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-09-01/solar-win-in-coal-s-back-yard-shows-cheap-way-to-beat-blackouts (дата обращения: 11.01.2016).

Общее первичное предложение энергии в Южноафриканской Республике представлено на рисунке 30 и приложении 1, таблице 31.

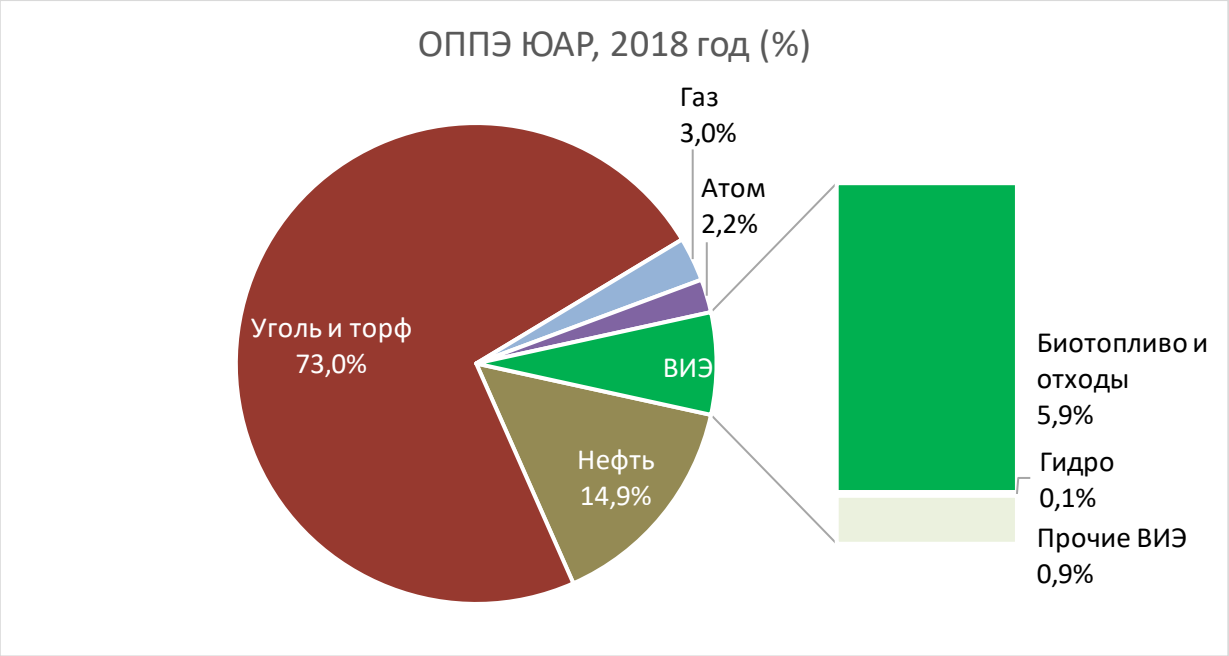


Рис. 30 ОППЭ Южноафриканской республики в 2018 году. Источник: МЭА, адаптировано автором.

Отметим и впервые изобретенную в ЮАР конкурентную схему аукционов (используется в Индии и Бразилии как апробированная инновация привлечения инвесторов) для инвесторов, реализующих проекты возобновляемой энергетики, что отличает её от практики ЕС, применяющего систему льготных тарифов.

На пятый год активного использования возобновляемой энергии экономика ЮАР минимизировала топливные траты на четыре миллиарда рандов (290 миллионов долларов США), направив их на решение социально-экономических задач[201].

Ключевая цель достижения ВИЭ установленной мощности 18 ГВт к 2030 году[202] может быть перевыполнена, поскольку, начав с 0,9 ГВт в 2010 году, в 2018 году страна прошла показатель установленной мощности 6 ГВт.

[201]BNEF. URL: http://www.bloomberg.com/europe (дата обращения: 12.01.2016).
[202]В ЮАР введена в эксплуатацию крупнейшая на континенте СЭС. URL: http://www.energy-fresh.ru/solarenergy/solarbattery/?id=9935 (дата обращения: 12.01.2016).

Ретроспектива генерации электроэнергии на базе ВИЭ представлена в приложении 2.

Из особенностей национального государственного регулирования возобновляемой и невозобновляемой энергии можно выделить направление Integrated Resource Programme (Программа интегрированных ресурсов), определяющее достижение суммарной установленной мощности выработки электроэнергии 86,8 ГВт к 2030 году, из них 30 процентов посредством ВИЭ, которая не противоречит и дополняет REIPPP (Программа поддержки независимых производителей возобновляемой энергии).

В 2019 году правительство ЮАР сформировало новые ориентиры развития (Integrated Resource Plan 2019) электроэнергетики до 2030 года. Фактически, IRP 2019 определяет дальнейшее развитие энергетики страны только за счёт возобновляемой энергетики (16,7 ГВт ВЭС).

Начиная с 2022 года запланирован ввод ежегодных 1,6 ГВт мощностей ветровых электростанций, а также 6,8 ГВт фотоэлектрических солнечных станций. Планируется, что за указанный период (до 2030 года), ВИЭ постепенно заместит угольную генерацию примерно на 20 процентов, которая, постепенно сокращаясь, будет оставаться доминирующим источником[203].

Интересно отметить, что развитие атомной энергетики в ЮАР не предусматривается. Единственной действующей АЭС Koeberg Power Station будет продлён ресурс.

Однако, по открытым источникам известно, что в долгосрочной перспективе власти готовы вернуться к рассмотрению применение реакторов малой мощности. Одним из аргументов отказа от строительства 8 ГВт АЭС стал финансово оптимальный режим строительства мощностей ВИЭ по

[203] ЮАР построит 22,6 ГВт ветровой и солнечной генерации к 2030 году. URL: https://in-power.ru/news/alternativnayaenergetika/26523-yuar-postroit-22-6-gvt-vetrovoi-i-solnechnoi-generacii-k-2030-godu.html (дата обращения: 01.11.2020).

сравнению с атомными станциями, требующих больших единовременных сконцентрированных вложений.

По оценке экспертов, капитальные затраты при строительстве АЭС по отношению к выработанной энергии проигрывают ВИЭ, в том числе в возможности разнесения затрат по времени строительства проекта[204].

Также отмечается, что газовая генерация, основанная на технологии LNG будет убыточна в размере порядка 25 миллионов рандов в год на ТВт/час в сравнении с теми же АЭС, однако при развитии импорта трубопроводного газа из Мозамбика, реализации проектов по добыче газа их плотных коллекторов (сланцевый газ или метан из угольных пластов) рентабельность может измениться в положительную сторону, что позволит использовать газ как более экологический источник, ускоряя снижение выбросов CO_2.

Рассмотрим четвертую страну, давшую первую букву в аббревиатуре БРИКС – Бразилию.

Традиционно, рассматривая опыт Бразилии, говорят об успешности отказа от импорта 40 % автомобильного бензина и его замены собственным этанолом. Исходным посылом к данной трансформации, как и в США, считается кризис 1973 года, который для Бразилии кроме стандартных проблем с бензином, привел к проблемам в экспорте сахара и существенному падению цен на него.

Создаваемое институциональное и инфраструктурное обеспечение производства и потребления этанола опиралось на национальный закон 1975 года, который обязывал производителей обеспечивать добавку 20% доли этанола в автобензине при предоставлении льготного кредита и специального налогового режима для его производства. Через четыре года после принятия данного закона и начала процесса инвестиций крупнейшей национальной компании Petrobras в инфраструктурную сеть реализации этанола, его

[204]ЮАР больше не планирует новые АЭС. URL: https://www.energovector.com /strategy-yuar-bolshe-ne-planiruet-novye-aes.html (дата обращения: 05.11.2020).

производство и потребление увеличилось на 500 процентов[205]. Кроме инфраструктурной модернизации инвестиции были направлены в разработку (доработку) автомобильных двигателей, потребляющих вместо бензина этанол.

К началу 90-х годов двадцатого века экспорт нефти упал на ¾ от докризисных объемов, сохранив финансовые средства в национальной экономике, позволив начать поэтапное сокращение субсидий и иных льгот на стимулирование производства этанола. В итоге 4,5 миллиона бразильцев эксплуатируют машины на чистом этаноле, 17 миллионов автодвигателей работают на смешанном топливе из этанола и бензина.

Отметим, что созданная инфраструктурная сеть продолжает стимулировать владельцев автомашин к переходу на чистый этанол, поскольку 4/5 всех автозаправочных станций реализуют только этанол.

По разным оценкам сектор производства этанола сформировал свыше шестисот рабочих мест и обеспечил работой порядка 9 миллионов бразильцев в сопряженных с производством этанола отраслях[206].

Ключевым результатом проведенной реформы является уход от зависимости национальной экономики от конъюнктуры нефтяных цен и значительное улучшение экологии за счет снижения выбросов CO_2, а продолжающая инновационная модернизация производства этанола вдвое уменьшила его стоимость. ОППЭ по состоянию на 2018 год Бразилии представлено на рисунке 31 и приложении 1, таблице 30.

Суммарная установленная мощность электрической генерации в Бразилии выросла более чем на 7,2 ГВт (более 4,8 ГВт – гидроэнергия, 0,97 ГВт – ветрогенерация, 0,55 ГВт – генерация на базе солнечной энергии) в 2019 г., достигнув показателя 170,1 ГВт.

---

[205] Спирт вместо бензина: бразильский эксперимент. URL: http://cbio.ru/page/44/id/3249/ (дата обращения: 10.08.2012).

[206] Как Бразилия создавала новое автомобильное топливо. URL: http://www.russobras.com /economy.php/ (дата обращения: 10.08.2012).

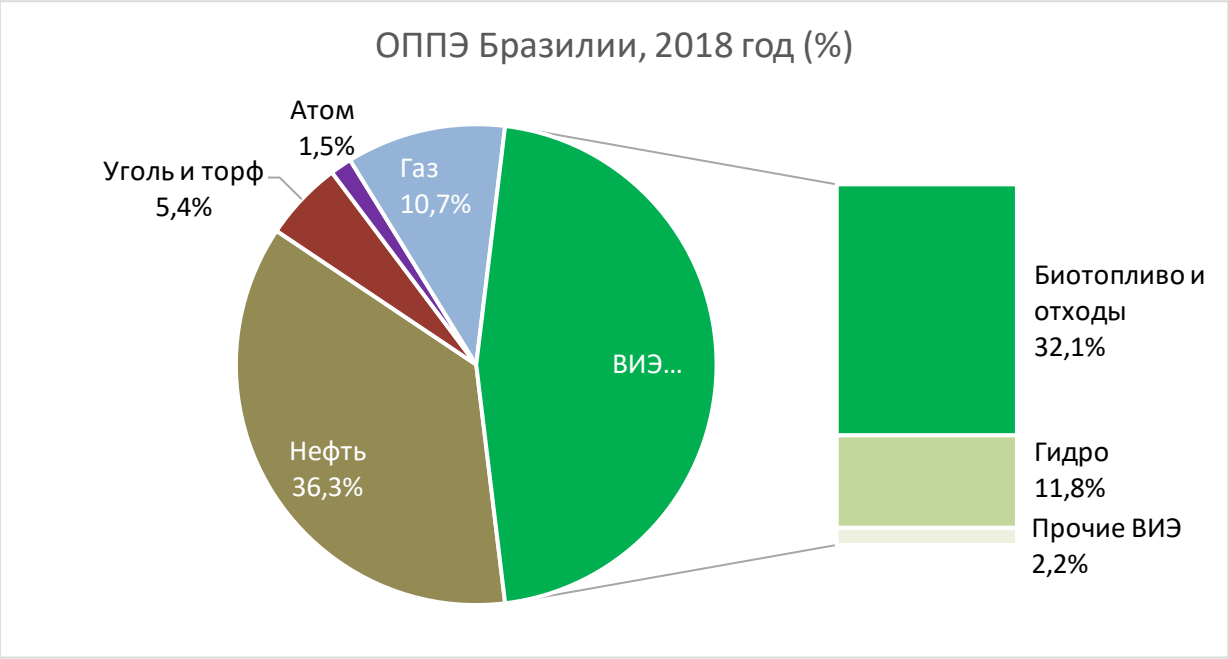


Рис. 31 ОППЭ Бразилии в 2018 году. Источник: МЭА, адаптировано автором.

Интересно отметить, что Бразилия эксплуатирует объединенную энергосистему установленной мощности порядка 163 ГВт, кроме неё эксплуатируется локальная энергосеть региона Амазонии.

Максимально используя природные условия разветвленных полноводных рек, Бразилия эксплуатирует установленные мощности 108 ГВт гидроэлектроэнергии, что на 2019 год является вторым после Китая результатом.

Однако ставка на один доминирующий ресурс всегда достаточно опасна и чревата последствиями, что и показал август 2021 года, когда снижение уровня воды на основных гидроэлектростанциях на 15 % привело к недостаточности выработки электрической энергии и, соответственно, жесткой экономии энергии до сезона дождей.

Более подробно вопрос о климатическом риске снижения объемов производства гидроэлектроэнергетики будет рассмотрен в параграфе 3.3, посвященном экологии использования возобновляемой и невозобновляемой энергии.

Ретроспектива генерации электроэнергии на базе ВИЭ представлена в приложении 2.

Баланс установленных мощностей Бразилии для выработки электроэнергии в 2020 году и его ожидаемые показатели для 2050 года показывает (рис. 32), что историческая ориентация на ВИЭ в части гидроэлектроэнергии дает этой стране хороший результат по этому показателю уже сейчас и, как следствие, значительное вытеснение остающихся традиционных мощностей за рассматриваемый период.

С учетом значительной вероятности дефицита энергии вследствие засух, развитие сектора ВИЭ подразумевается прежде всего за счет кластера солнечной и ветровой генерации.

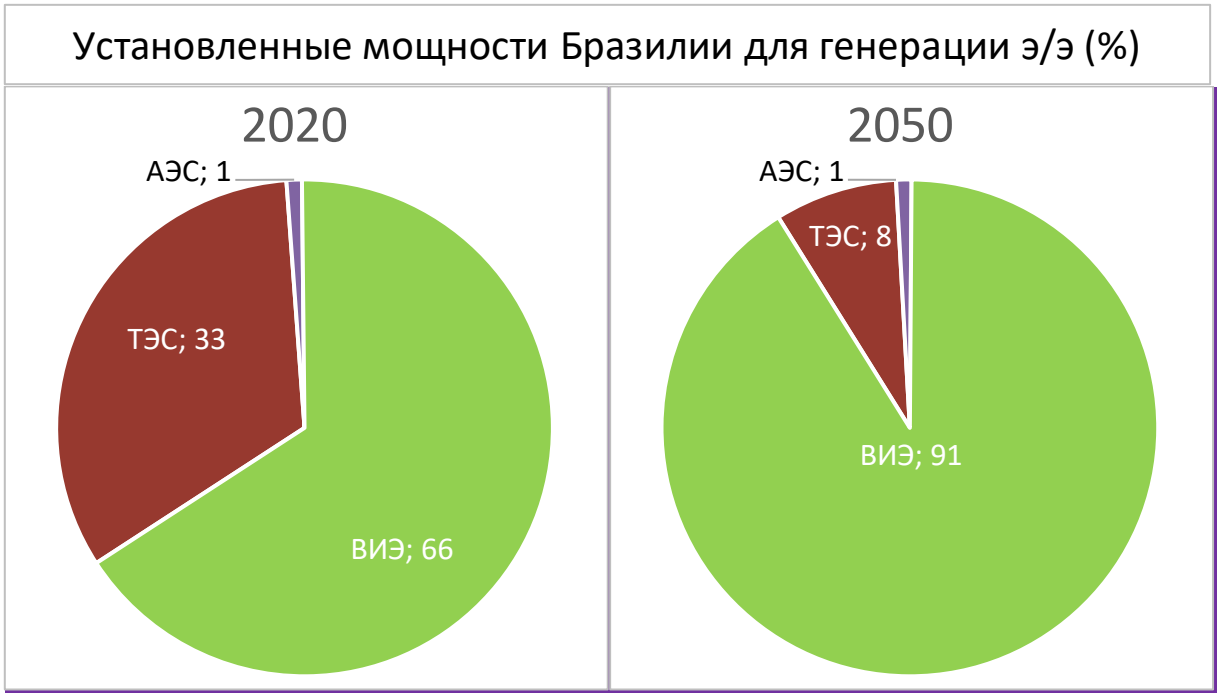


Рис. 32 Баланс установленных мощностей Бразилии для выработки электроэнергии в 2020 и 2050 годах. Источник: МЭА и расчеты автора.

В отличии от КНР и Индии в Бразилии разработаны только десятилетние перспективные ориентиры (в КНР разработан столетний укрупненный прогноз развития основных показателей).

В частности, в рамках плана развития энергетики Бразилии на десятилетний период сформированы перспективные экологические показатели использования возобновляемой энергии, а также необходимость

развития энергопередающих сетей, что также обусловлено рисками провалов в производстве электрической энергии на ГЭС страны.

Данный план предполагает, что биоэнергетический сектор будет эксплуатировать 16 ГВт установленных мощностей, сектор ветроэнергетики - 40 ГВт, солнечной энергетики - 11 ГВт, постепенно замещая углеродную и низкоуглеродную генерацию в Бразилии.

Отметим, что на 2019 год ветроэлектрогенерация достигла 15 ГВт, существенный интерес проявлен к офшорным проектам ветропарков.[207]

Отметим, что в 1995 году в Бразилии (на 3 года раньше, чем в Европе) стартовали процессы либерализация энергетической отрасли, которые разделили виды деятельности по производству, передаче на большие расстояния и распределению электроэнергии.

Был создан регуляторный орган ANEEL (National Electric Energy Agency, закон № 9427/1996), системный оператор (ONS) и сформирован с 2001 года оптовый рынок электроэнергии. За три года с начала старта реформы было приватизировано 60% распределительных компаний.

Однако кризис 2001-2002 гг. потребовал усиления государственного регулирования данного вида деятельности, включая элементы стратегического планирования и текущей диспетчеризации (Государственная Исследовательская компания в энергетике, Комитет по надзору в энергетике).

Перспективный баланс мощностей электростанций Бразилии представлен в таблице 13, из которой следует, что постепенное снижение использования традиционных тепловых электростанций составит 1,47 раза за 30 лет, выработка на базе ВИЭ возрастет за указанный период в 1,57 раза, в основном за счет расширения использования гидроэнергии.

[207] НП - СР. URL: https://www.np-sr.ru/ru/market/cominfo/foreign/index.htm (дата обращения: 30.10.2020).

Таблица 13 Бразилия, структура производства электроэнергии, ГВт

Тип электростанции	Годы							
	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ТЭС, в т.ч.	**28**	**24**	**21**	**18**	**18**	**18**	**19**	**19**
Жидкое топливо	8	7	5	3	3	2	2	2
Природный газ	15	12	11	10	9	10	10	10
Уголь	5	5	5	5	6	6	7	7
АЭС	**2**	**2**	**3**	**3**	**3**	**3**	**2**	**2**
ВИЭ, в т.ч.	**130**	**136**	**145**	**160**	**173**	**183**	**194**	**205**
ГЭС	102	105	110	117	127	135	146	155
ВЭС	13	14	14	15	15	15	15	15
ГЕОЭС	0	0	0	0	0	0	0	0
СЭС	1	2	3	5	8	9	10	12
Другие ВИЭ	15	15	18	23	23	23	23	23

Таким образом, из четырех рассмотренных стран БРИКС существенные и долговременные планы развития активного использования возобновляемой энергии на основе государственного регулирования возобновляемой и невозобновляемой энергии демонстрируют Китайская Народная Республика и Индия, начальные основы регулирования ВИЭ выстраивает Южноафриканская Республика.

Бразилия, отработав уникальную структурную модернизацию перехода национального автотранспорта на этанол, также активизирует развитие ВИЭ в основном за счет гидроэнергетики.

2.4 Особенности целевого инновационного стимулирования применения ВИЭ в странах ЕС.

Государственное регулирование энергетики в ЕС исторически происходит из концепции устойчивого развития Европейского Союза, предполагающей применение наиболее эффективных и экологически чистых ресурсов, гарантирующих надежное энергообеспечение. В сочетании со слабой обеспеченностью собственными углеводородными ресурсами, это обусловливает пиритизацию интенсивного развития ВИЭ, равно как и курс на вытеснение наименее экологичных источников энергии.

По показателю энергоёмкости ВВП Европейского Союза (28 стран, включая Великобританию для всего периода) показывает весьма однозначную отрицательную динамику. Первоначально уверенный рост экономики региона сопровождался сравнительно меньшим увеличением предложения первичных источников энергии, которое достигло своего пика в 2006 году. Глобальный кризис 2008 года спровоцировал снижение обоих показателей, в то время как стабилизация экономики происходила на фоне дальнейшего снижения и единственного значительного прироста ОППЭ в 2010 году. В общей сложности энергоемкость ВВП ЕС сократилась с 0,111 т.н.э/тыс. долл. США до 0,068 т.н.э/тыс. долл. США при стабильном росте ВИЭ как относительно ТИЭ, так и по абсолютным значениям (рис. 33)

Таким образом, Европейский Союз в последнее время демонстрирует эффект декаплинга, обеспечивая планомерное увеличение ВВП при уменьшении объёмов потребляемых природных ресурсов. В этой связи представляется важным обозначить как институциональные основы, сделавшие регион образцом мер комплексного стимулирования ВИЭ, так региональные и структурные особенности регулирования сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергии.

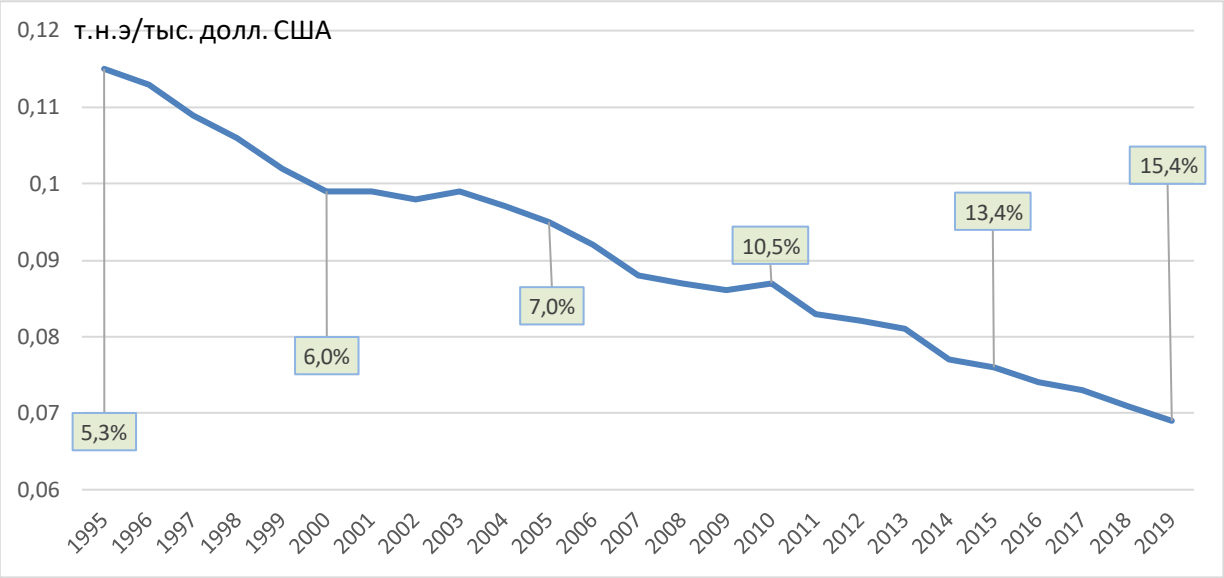


Рис. 33 Энергоёмкость ВВП и доля ВИЭ в ТЭБ ЕС с 1995 по 2019 год**.** Разработан автором.

Основополагающим документами является Энергетическая Хартия 1991 года[208], закрепляющая основы политики в области энергетики, Договор 1994 года к Энергетической хартии, который обеспечивает защиту инвестиций в энергетике, свободу торговли энергоресурсами и их транзита, а также доступа к транзитной инфраструктуре, повышение экологических требований к энергоресурсам и механизм разрешения споров.

Директива 96/92/ЕС, либерализовав рынок электроэнергии[209], обеспечила свободный доступ всем производителям электроэнергии и сформулировала цель общего энергетического рынка, направленную на минимизацию цен, способствовала притоку инвестиций и, в отличии от последующей газовой директивы, не требовала обязательного выделения генерирующих и обеспечивающих передачу электроэнергии активов в отдельные юридические лица, что повлекло разбирательства о необходимости и глубине дерегулирования естественных монополий [210].

[208]Energy Charter. URL: http://www.encharter.org (дата обращения: 15.04.2012).
[209]Directive 96/92/EC of the European Parliament and of the Council of 19 December 1996 concerning common rules for the internal market in electricity, OJ L 27, 30.01.1997, Official Journal L 027, 30.01.1997. P. 21.
[210]Lyons P. K. EU Energy Policies towards the 21st Century. A Business Intelligence Report. June.1998. EC INFORM. United Kingdom. P. 275.

Либерализация 1998 года газового рынка на основе директивы 98/30/ЕС практически закрепила понятия свободной конкуренции и доступа к газовой инфраструктуре, за максимальной загруженностью которой появился избыток свободных объёмов газа, что привело к спотовым контрактам и изменению подходов к минимизации цен, что в свою очередь повлекло снижение инвестиций в отрасль[211] и вызвало к жизни дискуссии о правильности выбранного направления реформ, поскольку в 98/30/ЕС недооценена инвестиционная инерционность газовой отрасли [212].

Однако, Директива 96/92/ЕС, сформировав открытую конкуренцию в электроэнергетической отрасли ЕС[213], вдвое снизив стоимость электрической энергии для крупных потребителей и в полтора раза для населения, привела к созданию трехсекторной модели рынка: долгосрочных двухсторонних контрактов, на сутки вперед и балансирующий сектор.

Подобная практика способствовала совершенствованию инфраструктурного обеспечения и в перспективе формировала эффективную доставку возобновляемой энергии к потребителю.

Планомерное объединение энергетических сетей в свою очередь подготовило уникальную модель консолидированного энергорынка ЕС. Энергетическая биржа EPEX Spot SE обслуживала рынки Германии, Австрии, Швейцарии и Франции[214] на основе девятнадцати энергетических линий, биржа NORDPOOL обслуживала Великобританию, Норвегию, Данию, Швецию, Финляндию, прибалтийские страны, обеспечивая 70% энергетических потребностей[215].

---

[211] Миловидов К.Н. Либерализация рынка газа ЕС: как привлечь инвестиции // Мировая энергетика. 2005. № 7-8. С.74.

[212] Брагинский О.Б. Нефтегазовый комплекс мира. – Москва : Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2006. С.166.

[213]Lessons from Liberalised Electricity Markets. IEA, 2005.75739. Paris Cedex 15, France. P.124.

[214]European power exchange. URL: http://www.epexspot.com// (дата обращения: 15.02.2012).

[215]Electricity Directive 2009/72/EC, Gas Directive 2009/73/EC. P. 18.

В целом положительные итоги реформы рынка электроэнергии, привели к созданию общей сетевой инфраструктуры Европейского Союза, что способствовало активному распространению ВИЭ, но кроме этого, потребовалось создание новых технологических возможностей прозрачного подключения и обеспечения недискриминационного доступа к энергосистеме большего количества новых генераторов, качество производимой энергии которых соответствовало стандарту, что регламентировалось отдельными нормативно-правовыми документами, например в ФРГ законом «О расширении энергопередающей инфраструктуры»[216].

Утвержденные далее документы в виде закона о стимулировании развития ВИЭ (2000 г.), нормативные акты об условиях применении биотоплива (2007 г.) и об использовании возобновляемой энергии для отопительных нужд (2009 г.) закрепили технические и юридические нормы институциональной поддержки различных видов возобновляемой энергетики в Германии, которая, применив на ранних этапах развития ВИЭ систему субсидий, начиная с 2005 года последовательно понижала их[217], проводя постоянный мониторинг их доходности[218].

Например, в 2012 году размеры субсидий находились в пределах 0,183 - 0,244 евро, в 2013 году данный интервал оказываемой помощи был понижен на 25%[219].

Общий объём финансовой поддержки в 2012 году составил 18 миллиардов евро[220], годом позже около 14 миллиардов евро, что можно

---

[216]Zimmermann Jörg-Rainer. Hindernisseaufdem Wegins Zeitalter der Erneuerbaren. Internationale Politik. 9, 2011, P. 61.

[217]E. Schwanhold, B. Kummer. Nachhaltige Energiepolitik. Heraus for derungen der Zukunft. Bad Honnef, 2006. S. 255.

[218]Лещенко С.В. Основные факторы развития сектора возобновляемых источников энергии в ФРГ // Проблемы современной экономики. 2012. № 2. С.368.

[219]Германское затмение. URL: http://expert.ru/expert/2012/16/germanskoe-zatmenie/ (дата обращения: 11.05.2013).

[220]Тоганова Н.В. Энергетика - важная, но почему-то забытая тема даже на финише предвыборной кампании в ФРГ. Сайт ИМЭМО, 10.09. 2013. URL: http://www.imemo.ru/ index.php? page_id=502&id=698&printmodeElectricity (дата обращения: 15.08.2014).

соотнести со стоимостью программы экономического выравнивания регионов (7,9 миллиардов евро).

Не менее важен документ 2007 года, конкретизирующий энергетическую политику Европейского Союза в целом[221] и последующий за ним «План действий»,[222] которые среди формируемых условий конкурентной эффективности применяемых ресурсов и экологической ответственности, конкретизировали политику в области ВИЭ.

Исследование эффективности инструментов активизации возобновляемой энергии, приведенное на основе Закона ФРГ «О приоритете возобновляемой энергии» 2008 г. выделило четыре направления стимулирования ВИЭ[223]: минимальные, гарантированные ставки оплаты (Feed-in-Tariff, FIT), надбавки к рыночной цене (Feed-in-Premium), а также «зеленые сертификаты» и тендеры.

FIT гарантирует производителю фиксированный тариф за произведенную возобновляемую энергию выше рыночной цены, покрывающей предельные издержки производителя[224], в отличии от Feed-in-Premium, гарантирующий надбавку к рыночной цене.

Стимулирующий инструмент «зеленых сертификатов» будет рассмотрен далее, на примере пионерного вклада Швеции в данный элемент государственной поддержки.

Что касается тендеров, то они, по сути, как и «зеленые сертификаты» определяют квоты по мощности и объёму производимой энергии

---

[221] An energy policy for Europe. Communication from the Commission to the European Council and the European Parliament. COM (2007) 1 fi nal of 10.01.2007, SEC 2007. P. 27

[222] Energy Policy for Europe (EPE). European Council Action Plan (2007–2009). Presidency Conclusions. 7224/1/07 REV 1 16–2007. 8/9 March. Brussels. Annex I. P.23.

[223] Шклярук М. Возобновляемая энергетика: экономические инструменты поддержки и оценка их нормативно-правового закрепления // Ежегодный сборник статей ЭНЕРПО, 2018. С.103.

[224] Schaller M. Subventionierung von erneuerbarer Energie: eine industrieökonomische Analyse des strategischen Wettbewerbs in der Erneuerbaren-Energieindustrie bei unterschiedlichen staatlichen Regulierungen. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Wirtschaftswissenschaften an der Fakultät für Wirtschaft — und Sozialwissenschaften der Universität Heidelberg. 2006.

посредством ВИЭ и направлены на получение оптимальных конкурентных условий поставки[225].

Таким образом, с мнением ряда авторов, что единой схемы поддержки ВИЭ не существует, нельзя согласиться, по крайней мере на примере Европейского Союза[226]. Отчасти из-за исторически сложившегося внимания к экологической ответственности, Европейский Союз стал играть заметную роль в формировании приоритетных направлений мирового развития[227], особенно в сфере минимизации ущерба окружающей среде от различных видов деятельности[228].

Как упоминалось выше в первой главе, существенные заслуги в создании и укрепления институциональной среды активного развития возобновляемой энергетики принадлежат Федеральным канцлерам Германии, страны – безусловного лидера ЕС, которые благодаря активной личной позиции достаточно много уделяли времени и сил, чтобы перевести национальную экономику на максимальное использование всесторонних положительных выгод от ВИЭ.

А. Меркель, сменившая на посту Канцлера Г.Шрёдера, полтора десятилетия подряд являлась активным сторонником возобновляемой энергии, понимая необходимость диверсификации ресурсов как для ФРГ, так и для ЕС в целом[229], особенно подчеркивая риски транзита энергоресурсов не всегда прогнозируемых цен на нефтегазовые ресурсы. В 2011 году появилось

---

[225] Analyse und Bewertung der Wirkungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) aus gesamtwirtschaftlicher Sicht. Kapitel 5. Analyse und Bewertung des EEG im Vergleich zu anderen Instrumenten zur Förderung Erneuerbarer Energien im Strommarkt. Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit / Koordination: Jochen Diekmann (DIW Berlin) — Berlin, Stuttgart, Saarbrucken, 2008. S.27.

[226] В.Х. Бердин, А.О. Кокорин, В.Ю. Поташников, Г.М. Юлкин. Развитие ВИЭ в России: потенциал и практические шаги // Экономическая политика. 2020. Т. 15. № 2. С.111.

[227] N.Gnesotto, G. Grevi. The new global puzzle: What world for the EU in 2025? EU Institute for Security Studies. Paris, 2006. P.57.

[228] EU renewable energy targets in 2020: Revised analysis of scenarios for transport fuels Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014. P.7.

[229] Бучнев А.О. Перспективы и преимущества инновационного развития возобновляемой энергетики как элемента парадигмы новой экономики. Москва : Антарес, 2020. С.187.

понятие «Energiewende» (энергетический переворот) который предполагает отказ Германии от использования АЭС к 2022 году и выработку 80% энергии посредством возобновляемой энергетики к 2050 году[230].

Уверенность А. Меркель в правильности выбора политики возобновляемой энергетики настолько велика, что позволила ей в 2015 году заявить о переходе ФРГ к максимальному использованию высокоэффективных ВИЭ первой в мире из развитых стран[231].

Показательно, что по результатам 2018 года, группа традиционных источников энергии показала убыль мощностей производства электрической энергии в ЕС, при росте энергетики на базе ВИЭ (рис. 34).

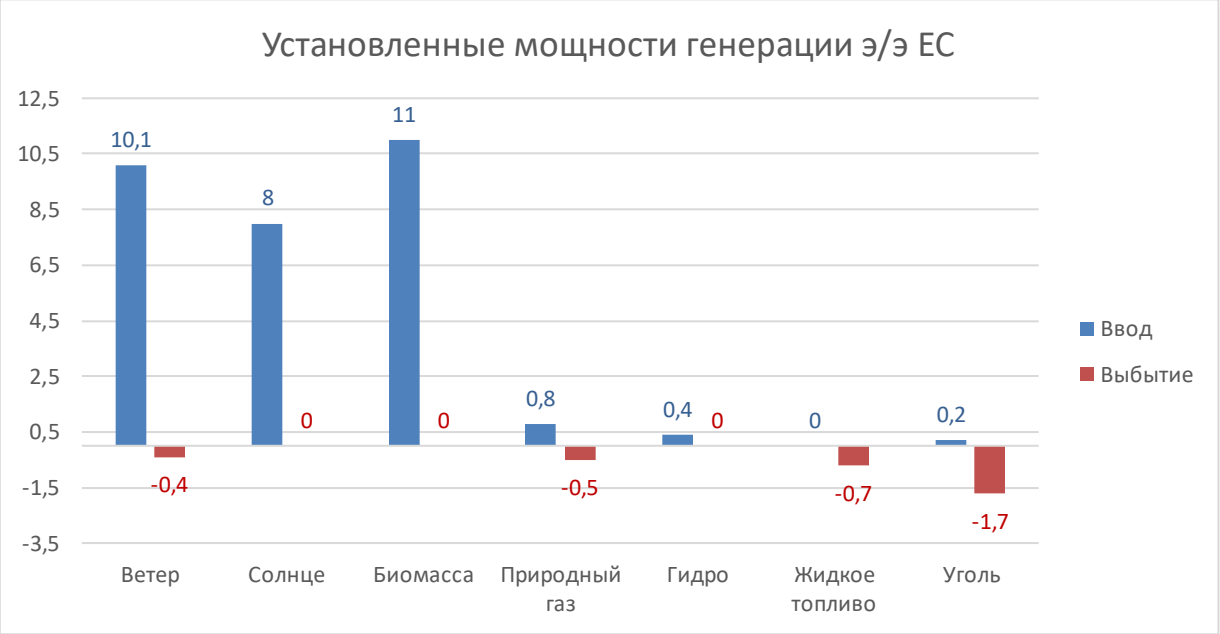


Рис. 34 Ввод/выбытие генерирующих мощностей в электроэнергетике ЕС в 2018 г.

Характерно, что только газовая подотрасль показала положительное изменение установленных мощностей, что в очередной раз подчеркивает ключевую роль этого сегмента энергетики в системе перехода к углеродно-нейтральной экономике, для безболезненности которого экс-Канцлер ФРГ Г. Шредер, покинув свой пост, подчеркивал необходимость использования

[230] Nuclear? Nein, danke // Economist. 2011. June. P.38.
[231]Gipe P. Germany passes more aggressive renewable energy law. URL: // www.renewablenergyworld.com.rea/news/print/atricle/2011//07/25.shtml (дата обращения: 25.07.2011).

природного газа как вида более экологичного топлива, особенно в условиях отказа от угольной и атомной генерации.

Отметим и макроэкономический эффект загрузки сопряженных отраслей с возобновляемой энергетикой Германии. Если до 2009 года экспорт произведенных ветровых генераторов возрастал на 6 - 7 ГВт генерирующих мощностей в год[232], то в следующие годы он вдвое увеличился и стал заметной строкой в экспортном балансе страны.

Рассмотрим и такую инновацию, вполне повторимую в отечественных условиях, согласно которой одновременно субсидируется как производитель оборудования для возобновляемой энергетики, так и потребитель данного оборудования, ускоряя срок окупаемости их инвестиций, применяемую на начальном этапе внедрения СЭС в сельскохозяйственных районах ФРГ.

Суть инновации в следующем: 50 % отпускной цены солнечной батареи компенсируется её производителю, одновременно гарантированно приобретая сгенерированное данной СЭС электрической энергии у её купившего фермера.

Отметим, что успех СЭС в ФРГ связан с постоянным совершенствованием всей технико-финансовой цепочкой институциональной среды поддержки распространения возобновляемой энергетики.

Так, при работе с крупными инвесторами по данным немецких исследователей затраты в стоимости привлекаемого капитала в формировании себестоимости киловатт-часа солнечной энергии играет не меньшую роль, чем наличие безоблачных дней, поскольку[233] интегральные затраты на генерацию солнечной энергии у немецких бизнесменов не выше

---

[232] Шнайдер А. История и перспективы роста использования возобновляемых источников энергии в Германии: результаты и проблемы / Семинар для специалистов восточной Европы по вопросам политики и тарифов для альтернативных видов энергии. Минск, 2009. С.27.

[233]Доклад Института Фраунхофера. URL: http://ca-news.org/news:1145865 (дата обращения: 22.12.2015).

жарких стран с высокой стоимостью расходов на привлекаемый капитал.

Не менее полезная управленческая инновация при объединении действия штрафных санкций за нитратное загрязнение почвы с обязательным требованием утилизации отходов сельскохозяйственных производств со стимулирующими программами использования биоэнергии (в основном на основе принципа анаэробного вываривания).

Указание Директивы 91/676/ЕС о необходимой защите грунтовых вод от нитратных отходов сельского хозяйства, в сумме со всеми вышеперечисленными институциональными мерами поддержки сектора биоэнергии, существенно увеличило объёмы выработки энергии[234].

Приведем в пример производство биогаза на крупных датских предприятиях, которые комбинируют применение исходного сырья и возможности рециркуляции[235], сочетая использование 4/5 биомассы и 1/5 органических отходов производств и агропрома.

Дания планирует в 3 раза увеличить объемы производства биогаза, доведя количество крупных предприятий до пятидесяти штук[236].

В принципе, в каждой стране ЕС есть ряд особенностей работы с компаниями – генераторами возобновляемой энергии. Например, Португалия допускает производителя ВИЭ при наличии соответствия генерируемой возобновляемой энергии действующим стандартам к реализации в низковольтной сети вне зависимости от произведенного объёма.

Выше упоминалось про значительный вклад Швеции во внедрение стимулирующих инноваций применения ВИЭ в виде «зеленых

---

[234]Бучнев А.О. Государственное регулирование и стимулирование развития возобновляемых источников энергии // Государственная служба. 2015. № 5. С.89.

[235] J.B. Holm-Nielsen, T. Al Seadi and P. Oleskowicz-Popiel, The future of anaerobic digestion and biogas utilisation, Bioresour Technol 100, 2009, / OECD Workshop: Livestock Waste Treatment Systems of the Future: A Challenge to Environmental Quality, Food Safety, and Sustainability. P.5479.

[236] Holm-Nielsen J.B. Biogas plants in Denmark 2009 and forward: new tendencies and projects in the pipeline, IEA Bioenergy Task 37 workshop on energy from biogas and landfill gas. 2009. P.18.

сертификатов», формирующих годовые квоты гарантированного выкупа возобновляемой энергии[237], с предоставлением отчета о выполнении условий сертификата по истечении определенного периода[238]. Здесь же подчеркнём ряд шведских успехов в деле сохранения окружающей среды, например, Стокгольм 3/5 необходимой городу тепловой энергии производит за счет раздельной переработки городского мусора, поддержанный обществом отказ от собственного автомобиля приветствуется при соответствующем развитии общественного электрического транспорта, обеспеченного исключительно возобновляемой энергией. Автомобили с использованием биогаза имеют ощутимые преимущества в виде освобождения от оплаты при движении в центре города, парковки, льготные ставки налогообложения.

Как было рассмотрено ранее, немецкий рынок систем центрального теплоснабжения развивался весьма динамично до последней четверти прошлого века. Также, благодаря влиянию СССР на ГДР соответствующие системы получили широкое распространение в восточной части Германии, где их доля составляет 30% против 9% на западе страны в настоящее время. Весьма показательно, что стоимость реконструкции теплоэлектростанций бывшей ГДР в целях соответствия нормам ЕС превысила 3,4 млрд евро, снизив в том числе на треть выбросы углекислого газа и практически ликвидировав пылевое загрязнение.

Общая протяженность магистральных трубопроводов теплоснабжения составляет 24,7 тыс. км и является наибольшей в Европе. Так же, как и во всех сферах немецкой энергетики здесь проводится политика внедрения ВИЭ, доля которых должна составить 30% в 2030 году. Поскольку рынок теплоснабжения в целом децентрализован, выбор технологии и топлива остается за локальными потребителями, которые также поощряются за

---

[237] Schwarz H.-G., Dees P., Lang C., Meier S. Quotenmodelle zur Forderung von Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien: Theorie und Implikationen. IWE Working Paper Nr. 01–2008. Erlangen, Februar 2008.

[238]Бучнев А.О. Перспективы и преимущества инновационного развития возобновляемой энергетики как элемента парадигмы новой экономики. Москва : Антарес, 2020. С.196.

использование возобновляемой энергии.

Отметим, что за десятилетний период с начала текущего века Европейский Союз обеспечил за счет активного применения возобновляемой энергетики формирование 3,4 миллиона рабочих мест[239], выразив уверенность, что институциональная поддержка ВИЭ[240,241] полностью отвечает триединым задачам энергетической политики Европейского Союза: устойчивое развитие, надёжность и конкурентоспособность энергопоставок[242].

В решение поставленных ЕС Целей устойчивого развития приведём пример глобальной мировой компании Total, принявшей принципиальное стратегическое решение об инвестировании 0,5 миллиардов евро в конверсию своего НПЗ, которое перейдет к производству возобновляемого дизельного топлива и изготовления биопластиков (департамент Сена и Марна) с нулевым использование нефти, использующее солнечную энергию. Total объявило о намерении завершить переработку сырой нефти на НПЗ Гранпюи в 2021 года и отказаться от хранения на НПЗ нефтепродуктов в конце 2023 года[243].

Таким образом, при завершении столь грандиозного плана, которой по сути станет закрывающей инновацией углеродной эпохи, начнется производство renewable diesel (170 тысяч тонн в год экологически чистого авиационного топлива, 120 тысяч тонн в год возобновляемого дизельного

---

[239]Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Rio+20: towards the green economy and better governance. Brussels, COM (2011) 363 final. P.11.

[240]Keppler J.H. International Relations and Security of Energy Supply: Risks to Continuity and Geopolitical Risks. University of Paris-Dauphine. URL: http://www. ifri.org/front Dispatcher /ifri/ publications/ouvrages_1031930151985/publi_P_energie_jhk_securityofsupplyeuparlt_ 1174559165992S/ (дата обращения: 21.03.2016).

[241]Christian Winzer. Conceptualizing energy security. Energy Policy 46. 2012. P. 37.

[242]C.Müller. Die Energie politik zwischen Wettbe werbs fhigkeit, Versorgungssicherheit und Nachhaltigkeit // Vierteljahrsheftezur Wirtschaftsforschung. Duncker&Humblot. Berlin 2007. S.7.

[243] Total. URL: https://www.total.com/media/news/actualites/energy-transition-total-is-investing-more-than-eu500-million-to-convert-its (дата обращения: 21.11.2020).

топлива и 50 тысяч тонн в год возобновляемой нафты для собственного производства биопластиков), в том числе и для авиационной промышленности, массовое изготовление биопластиков и переработка пластмасс на основе переработки животных жиров и отработанного масла для жарки локального и регионального происхождения из ЕС.

Кроме этого, Total проинформировала, что создаст СП с компанией Corbion NV и проинвестирует первый в ЕС завод по производству PLA-пластика, биоразлагаемого и перерабатываемого биопластика, на основе обычного сахара, производственной мощностью 100 тысяч тонн в год к 2024 году. Также, компания-инициатор совместно с Plastic Energy на той же производственной площадке создаст предприятие пиролизного плавления пластиковых отходов в жидкость, получившее название TACOIL (перспективное сырьё для производства полимеров со свойствами, идентичными свойствам чистых полимеров). Данное перспективное производство будет потреблять только возобновляемую энергию с двух солнечных электростанций суммарной мощностью 50 МВт (будут построены дочерней компанией Total Quadran).

Динамика ОППЭ прочих ВИЭ представлена на рисунке 35.

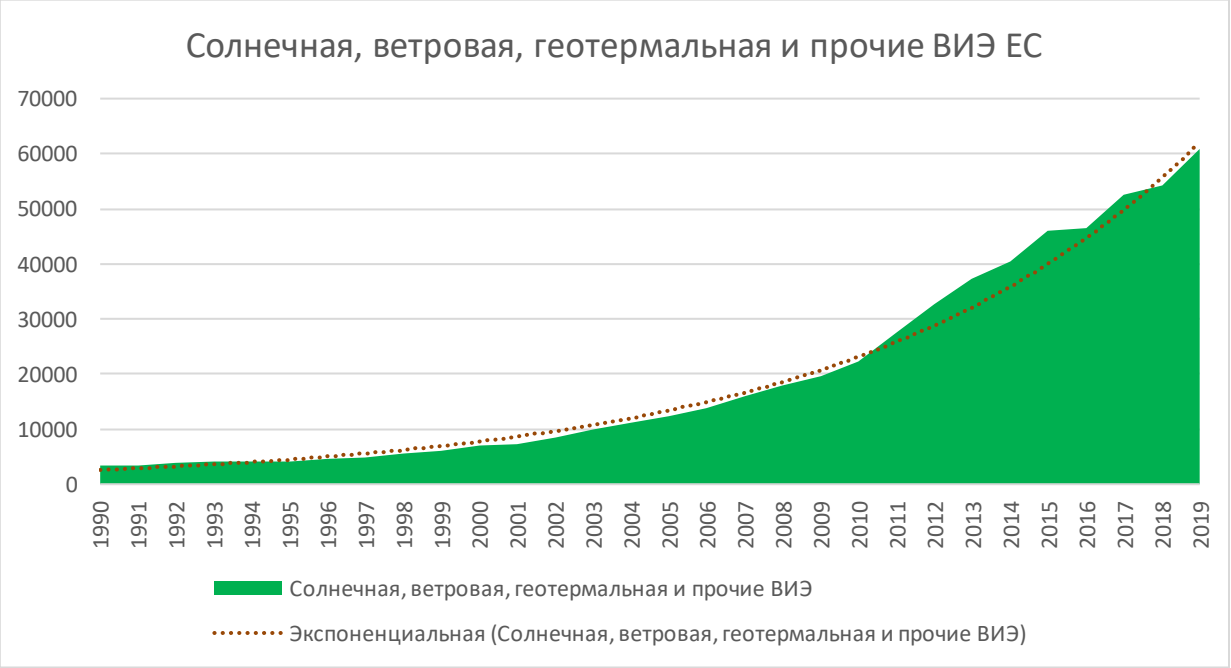


Рис. 35 Динамика ОППЭ ЕС прочих ВИЭ, Кт.н.э. Источник: IRENA, адаптировано автором.

Не удивительно, что за последние 30 лет ВИЭ (без учета биотоплива и «большой» гидроэнергетики) демонстрируют феноменальный рост. Безусловно, подобная динамика роста первичного предложения энергии объясняется эффектом низкой базы, и стоит отметить, что за весь рассматриваемый период она хорошо описывается простой экспоненциальной функцией (величина достоверности уровня аппроксимации составляет 0,985), а в посткризисный период первой половины прошлого десятилетия даже превосходит её.

Общее первичное предложение энергии ВИЭ в целом, за рассматриваемый период, увеличилось на 167 млн. т.н.э., в то время как традиционные источники по этому показателю снизились более чем на 210 млн. т.н.э. (рис. 36), что отражает общую и основную тенденцию европейской энергетической политики, связанной с вытеснением ископаемого сырья из энергетики и акцентом на повышение энергоэффективности. В связи с чем представляется важным более подробно рассмотреть динамику конкретных источников энергии, а также выявить соответствующие тенденции.

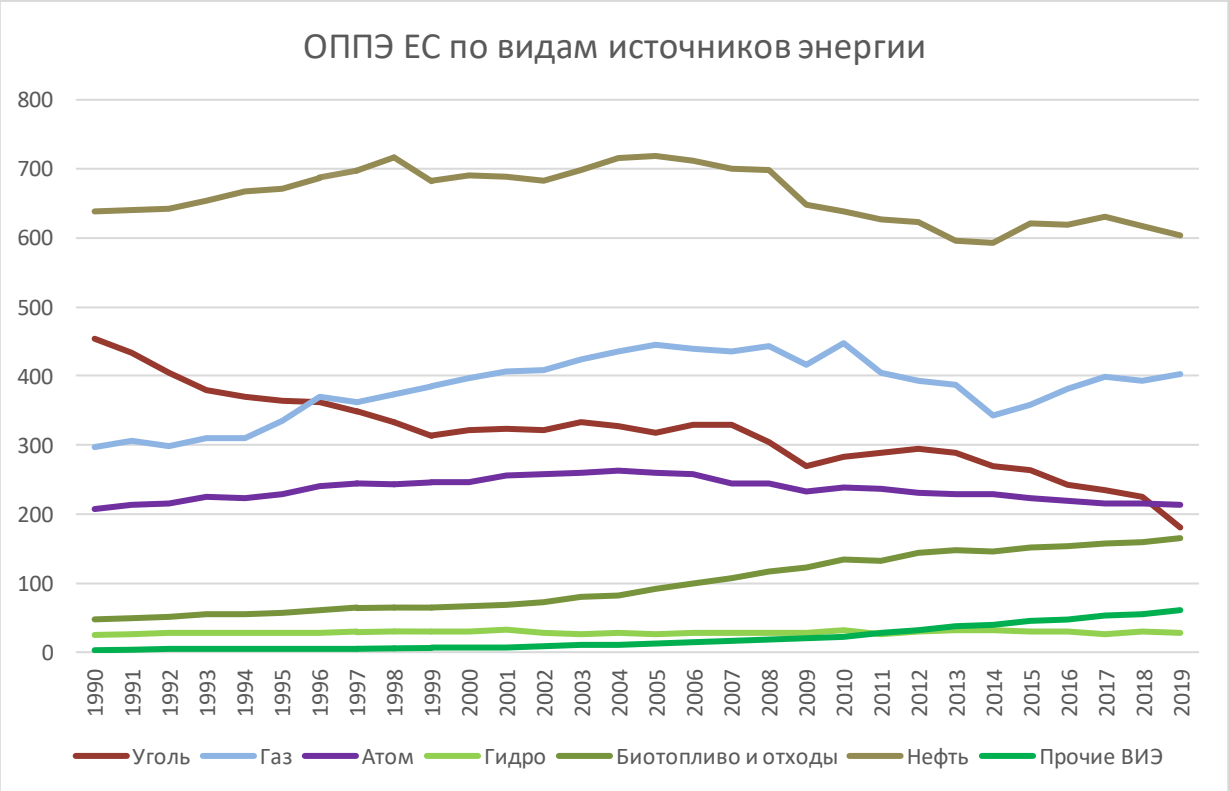


Рис. 36 ОППЭ ЕС за период с 1990 по 2018 гг. (по видам источников энергии), Мт.н.э. Источник: МЭА, адаптировано автором.

В структуре источников энергии до середины прошлого десятилетия только угольная отрасль показывала стабильную отрицательную динамику ОППЭ в противовес газовой отрасли, которая превзошла её в 1996 году по рассматриваемому показателю и продолжила свой рост до глобального финансового кризиса[244], который стал катализатором трансформации энергетической структуры ЕС и наглядно проявил возможности взаимного балансирования источников первичной энергии.

Каждый из традиционных источников энергии показал снижение объемов ОППЭ в 2009 году, что нельзя сказать про сектор ВИЭ, особенно группу ветровой, солнечной и прочей генерации, которая, как было отмечено ранее, за последующее пятилетие показала стабильный и повышенный темп роста. В то же время, 2014 год стал переломным моментом для негативной динамики по показателям нефти и газа, переменившейся наращиванием объемов этих традиционных источников, сравнительно большим и стабильным для «голубого топлива», что иллюстрирует его конкурентоспособность в группе ТИЭ и потенциал в контексте энергетического перехода.

В 2012 году «старый» сегмент ВИЭ в части гидроэнергетики добавил только 2% к своей доле в энергобалансе ЕС (в силу отсутствия потенциала к дальнейшему освоению), уступив место по абсолютной величине объёмов «новым» ВИЭ, которые показали рост на 382%[245]. В группе ВИЭ только «большая» гидроэнергетика получила умеренное развитие, потенциал ввода новых мощностей которой исчерпан в ЕС в значительной степени.

В 2015 году ОППЭ возобновляемой энергии в целом по этому показателю превысило показатель атомной энергии, который с 2006 года показывает тенденцию к незначительному снижению на уровне 1% в год. В тоже время сектор угля, после последнего положительного изменения объема в 2011 году, сократился почти на 39%, уступив место в рейтинге первичных

[244]World Energy Outlook, Executive Summary, 2012 IEA 75739. Paris Cedex 15, France. P.6.
[245]Renewables information 2012, IEA 2012. 75739. Paris Cedex 15, France. P.20.

источников энергии сначала ВИЭ, а после этого и атомной энергии, что и сформировало текущее соотношение ОППЭ в структуре энергобаланса ЕС (рис. 37; приложение 1, таблица 25). Ожидается, что биотопливо и отходы, как отдельный сектор энергетики, повторит успехи структурного доминирования ВИЭ уже в краткосрочной перспективе.

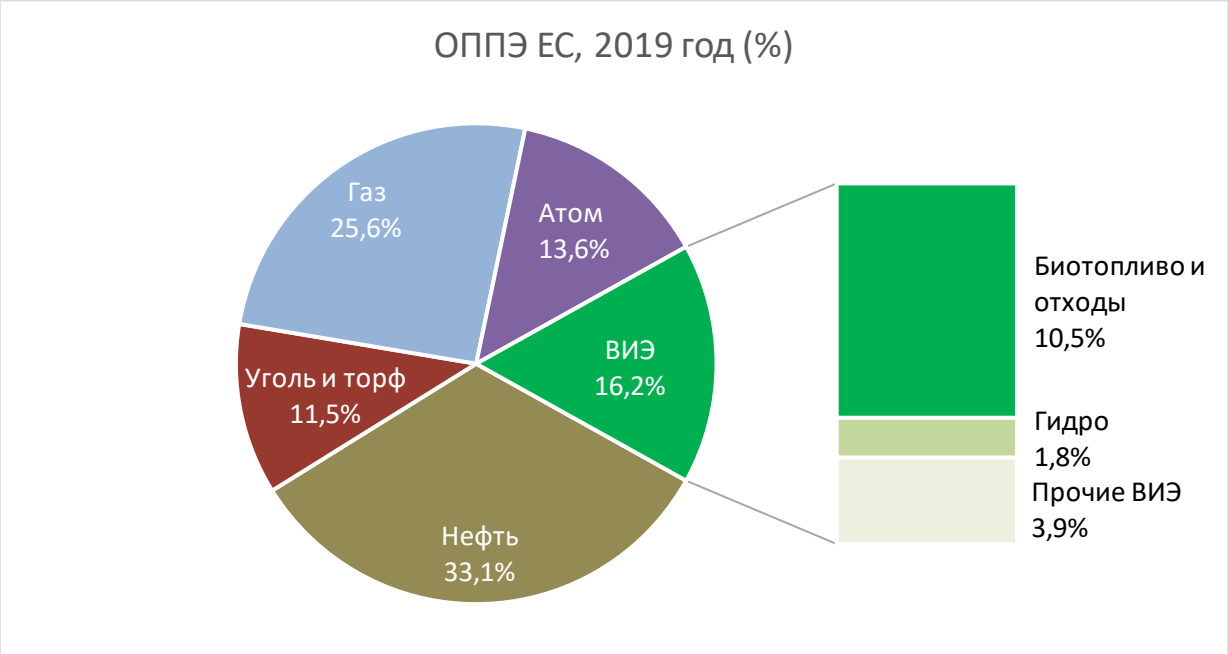


Рис. 37 Структура общего первичного потребления энергии Европейского Союза в 2019 г. Источник: МЭА, адаптировано автором.

Стоит еще раз подчеркнуть, что предметом анализа служит общее первичное предложения энергии Европы, включающее добычу и импорт, и успех ВИЭ, в данном контексте, показывает прямое давление на традиционные ископаемые ресурсы и практическую возможность их существенного замещения. По итогам 2018 года внутренняя добыча углеводородных ресурсов составила 18,5% ОППЭ ЕС, что весьма близко к производству возобновляемой энергии (разница составляет 2,7 млн. т.н.э.), в то время как один из сегментов ВИЭ (сектор биотоплива и отходов) уже с 2015 года показывает результат, превосходящий производство по каждому из ископаемых источников.

Таким образом, можно говорить о состоявшемся замещении традиционных источников в части их добычи на территории ЕС. Этот процесс имеет безальтернативный характер, поскольку за последние 20 лет

динамика собственной добычи и, соответственно, производства в ЕС традиционной энергии имеет преимущественно отрицательный характер (рис. 38).

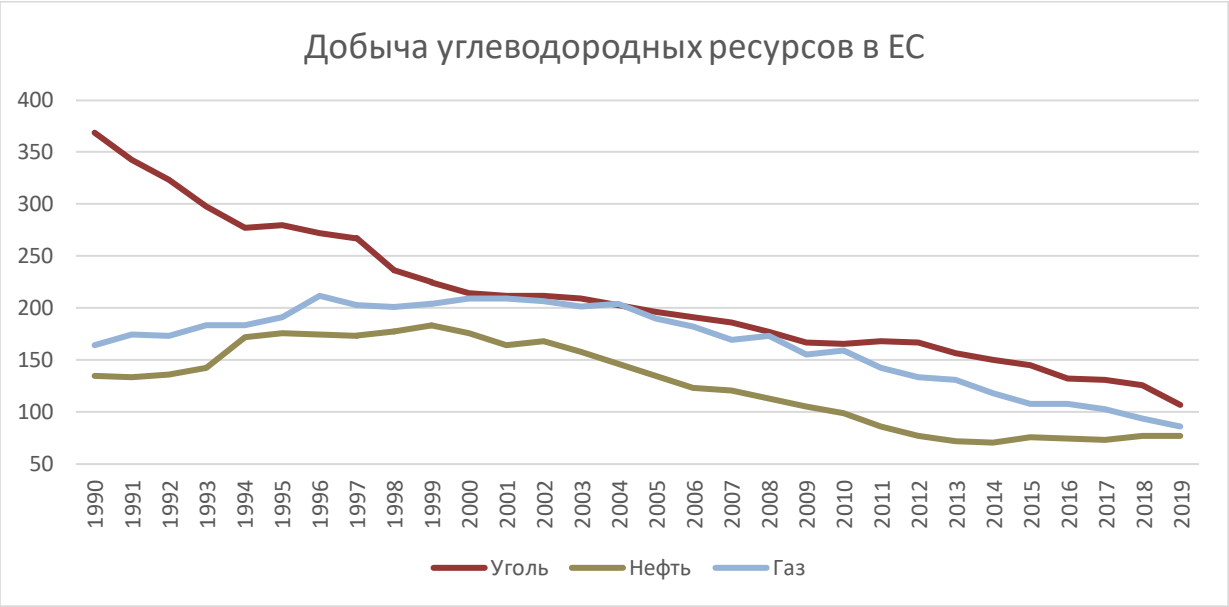


Рис. 38 Динамика производства невозобновляемых источников в ЕС, Мт.н.э. Источник: МЭА, адаптировано автором.

Данный процесс наиболее ярко демонстрирует производство угля, добыча которого в Европейском Союзе еще с 1990 года имеет среднегодовое убытие на уровне 4 процентов вплоть до 2018 года. В 2019 году показатель сократился на рекордные (относительно рассматриваемого периода) 15% и составил одну треть от уровня добычи 1990 года.

Если рассматривать динамику оставшихся основных видов традиционного топлива, то отрицательный тренд для их добычи наметился только с началом прошлого десятилетия и сохранился для газа на всем рассматриваемом периоде, в то время как объём добычи нефти в 2015 году превысил почти на 7% результат предыдущего года, что положило начало стабилизации показателя. Тем не менее, за рассматриваемый период времени, объём добычи каждого из этих видов топлива уменьшился более чем в 2 раза относительно 1990 года.

Весьма очевидно, что добыча угля и газа в ЕС сохранит отрицательный тренд, в то время как добыча нефти имеет потенциал к незначительному

росту в краткосрочной перспективе, что подтверждается соответствующей оценкой (приложение 3).

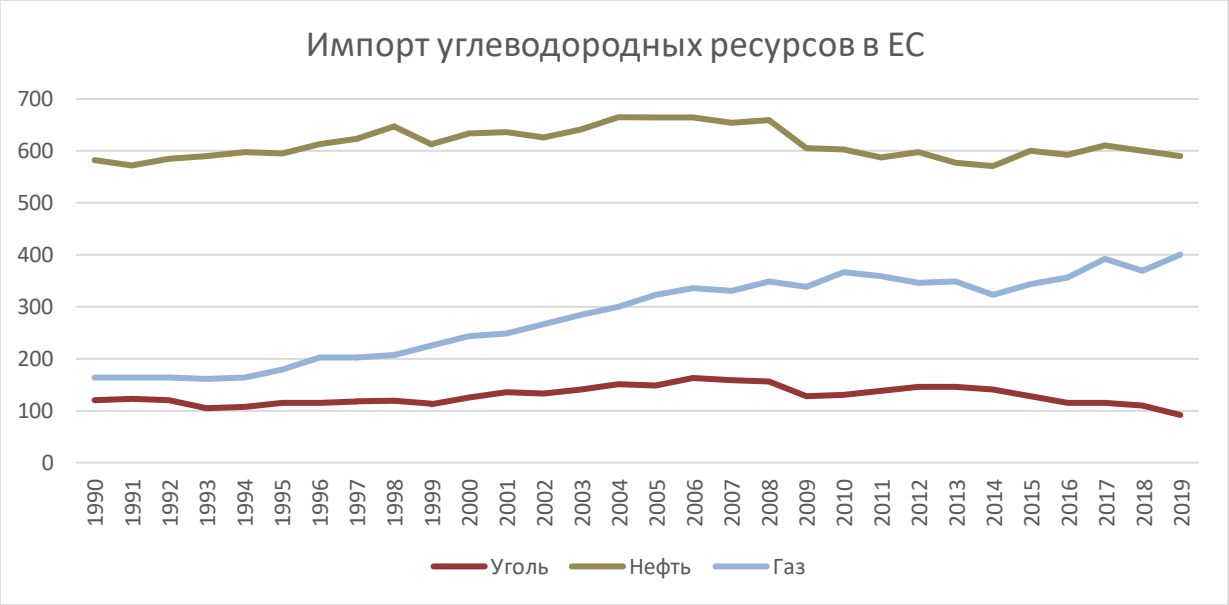


Рис. 39 Импорт невозобновляемых ресурсов в ЕС. Мт.н.э. Источник: МЭА, адаптировано автором.

Выявленные факторы внутреннего производства, минимизация общего потребления энергии и значимости традиционных источников энергии наиболее явно проявились в структуре их импорта через нефтяной кризис 2008 года (рис. 39).

Последствия кризиса спровоцировали чувствительное снижение импорта нефти вплоть до 2014 года, понизив показатель на 13% от докризисного уровня, однако, после 5% коррекции 2015 года наметился положительный тренд, стабилизирующий объемы импорта около значения 2011 года. Стоит отметить, что дополнительным фактором спада 2009 года послужили существенно возросшие инвестиционные вложения в возобновляемую энергетику (рисунок 2, глава 1).

Наибольший среднегодовой темп рост импорта угля (более 5,4%) пришелся на период с 1999 по 2006 годы, что не прошло незамеченным для экологических активистов ЕС и в результате Еврокомиссии в официальном заявлении пришлось констатировать увеличивающиеся выбросы CO_2 от

применения угля, которые вдвое превосходят аналогичные параметры при использовании газовой генерации[246].

Вслед за резким падением импорта угля почти на 20% в 2009 начался период четырехлетней коррекции, составившей около 15%. Отчасти, определенную роль в данный процесс внесла ФРГ, которая, как уже упоминалась выше, утвердив цели развития в энергетике, призвала ускоренно отказаться от использования атомной энергии, особенно после аварии на АЭС Фукусима[247] (Япония, 2011 г.) и была вынуждена, в основном для баланса пиковых нагрузок, использовать угольную генерацию электрической энергии. Тем не менее, импорт угля, в отличии от импорта нефти, с 2014 года имеет строго отрицательную динамику, достигнув минимума рассматриваемого периода в 2019 году.

Тенденции в русле теории газового моста в углеродно-нейтральную экономику практически удвоили газовый импорт в страны в Европейского Союза, выявив среднегодовой показатель порядка 3% прироста, несмотря на 13-процентное снижение показателя за период с 2010 по 2014 год, обусловленное, от части, ростом угольной генерации.

По совокупности динамики категорий, определяющих приток энергии в Европейский Союз, можно утверждать, что уголь, как наименее экологичный источник энергии, испытывает наибольшее давление со стороны прочих энергетических источников, осложненное устойчивым сокращением внутренней добычи, однако, может быть использован как резервный источник энергии, чувствительно влияющий на ТЭБ при благоприятной конъюнктуре рынка.

Нефть, обладая наибольшей долей в ОППЭ ЕС, хотя и имеет положительный тренд как в части импорта, так и внутренней добычи, колеблется около посткризисного уровня по обоим показателям, в то время

[246]An energy policy for Europe. Communication from the Commission to the European Council and the European Parliament.COM (2007) 1 final of 10.01.2007, SEC 2007. P. 8.
[247]Бучнев А.О. Перспективы и преимущества инновационного развития возобновляемой энергетики как элемента парадигмы новой экономики. Москва : Антарес, 2020. С.202.

как природный газ, на фоне снижающейся добычи внутри ЕС, обладает наибольшей положительной динамикой в части импорта и значимостью основного из традиционных источников энергии на период энергетического перехода.

Здесь важно оценить длительность переходного периода, поскольку после достижения 75 % доли возобновляемой энергии в Евросоюзе в целом значимость этого вида топлива существенно снизится, что скажется как на приобретаемых объёмах газа как ресурса, так и на его ценообразовании.

Данная тенденция в силу её реальной достижимости поставит под угрозу сроки окупаемости магистральных трубопроводных проектов, реализуемых в основном Российской Федерацией, да и в целом минимизирует преимущества рынка производителя, превратив его в рынок покупателя, что существенно скажется и на проектах СПГ (сжиженного природного газа). Более подробно на последствиях данных рисков и возможностях их минимизации остановимся в четвертой главе.

Для наглядной иллюстрации динамики соотношения возобновляемой и традиционной энергии перенесём их ОППЭ на координатную плоскость с шагом измерения в 1000 т.н.э., где по оси абсцисс будут объемы традиционной энергетики, а по оси ординат - возобновляемой (рис. 40).

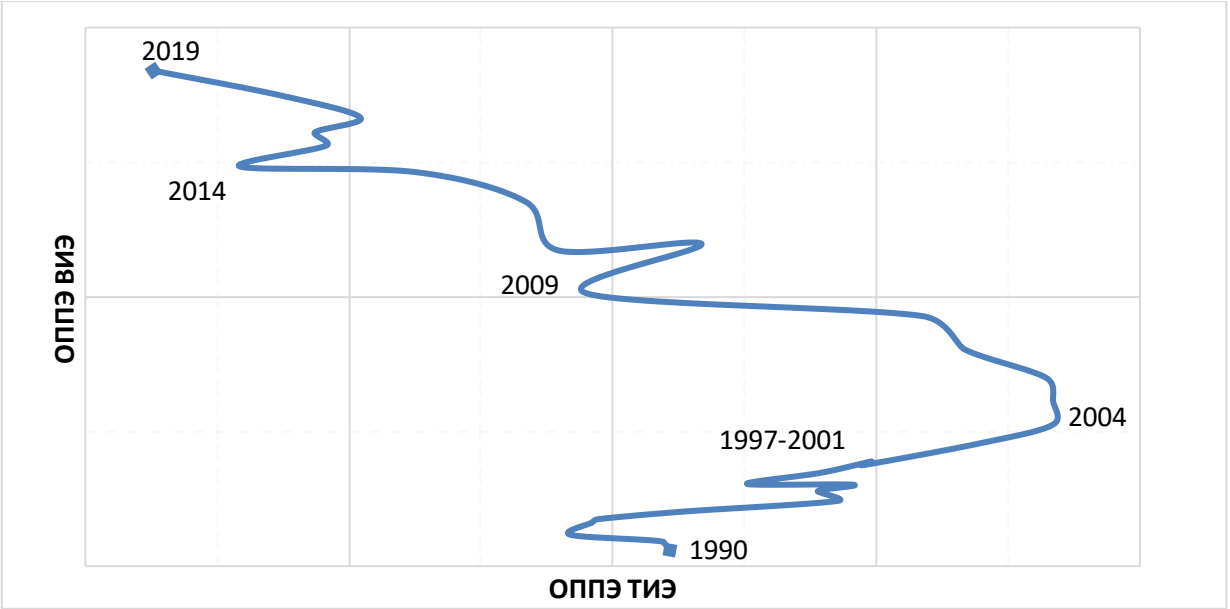


Рис. 40 Соотношение ТИЭ и ВИЭ в динамике за период с 1990 по 2019 гг. Разработано автором.

Так, до 2003 года обе группы источников энергии показывали рост с сравнительно опережающим темпом для ТИЭ, далее отмечается снижение первичного предложения ТИЭ при одновременном росте ВИЭ.

Тем не менее, рыночная конъюнктура и гибкость энергетической системы ЕС способствуют периодическому росту ОППЭ ТИЭ с последующей корректировкой. Так стремительное сокращение объёмов традиционных источников в 2009 году было скомпенсировано в посткризисный период, равно как и положительные изменения импорта нефти и газа с 2014 года временно увеличили показатель группы ТИЭ на фоне постоянного роста группы ВИЭ.

Рассмотрим прогнозные тенденции изменения структуры энергоносителей Европейского Союза ближайшего пятилетия (рис. 41). Для оценки тенденций групп возобновляемых и традиционных источников энергии воспользуемся принципами метода стандартного аналитического выравнивания[248], позволяющего уже понятные особенности выявленных тенденций экстраполировать на исследуемый период времени.

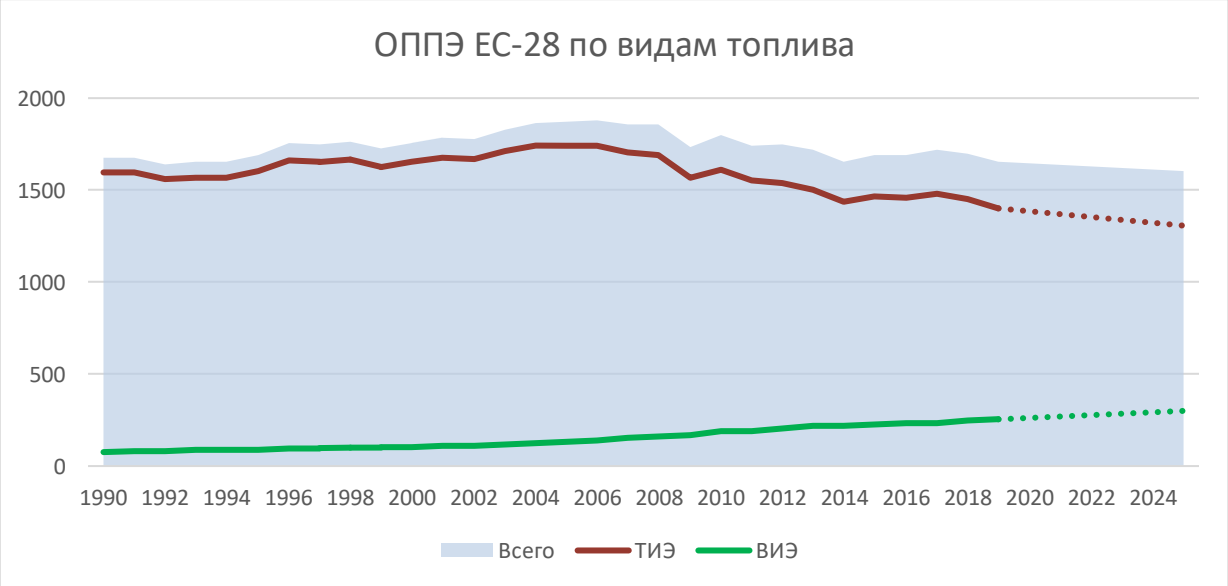


Рис. 41 ОППЭ в ЕС, включая тренды до 2030 года, Мт.н.э. Разработано автором.

[248]Твисс Б. Прогнозирование для технологов и инженеров = Forecasting for technologists fnd engineers: Практич. рук. Для принятия решений / Брайен Твисс. – Н.Новгород: Парсек-НН. 2000. С.75.

Помимо очевидной тенденции к общему снижению объёмов традиционной энергии и росту возобновляемой ожидается, что фактор общей энергоэффективности будет сказываться меньшим образом, чем в настоящее время в силу значительного использования его существующих возможностей. В то же время, замещение группы ТИЭ будет иметь более выраженный характер, благодаря возросшей конкурентоспособности ВИЭ и нормативному давлению непосредственно на ископаемые ресурсы.

В целом, соотношение источников энергии в структуре энергобаланса развивается весьма эволюционно. Сдерживающие факторы электроэнергетики, такие как несовершенство единой энергосистемы, недостаточный уровень развития систем хранения энергии или точечное внедрение зеленых технологий в общую энергетическую систему сказываются на линейности отдельных тенденций и, как следствие, оказывают влияние на сходимость большинства прогнозов последнего десятилетия.

Как было отмечено выше, процесс замещения в ЕС невозобновляемых ресурсов ВИЭ сопровождается разнонаправленными тенденциями уменьшения потребности в энергии как таковой и ростом объёма экономики региона.

При сложении последствий выявленной тенденции при активном внедрении возобновляемой энергии уже в среднесрочном периоде потребление сырой нефти и природного газа минимизируется на единицу создаваемого ВВП, частично переориентируя потребность в них как первичном сырье для увеличения степени глубины переработки и получение продуктов с добавленной стоимостью.

Для проверки данного предположения был использован адаптивный метод Ч.Хольта на базе стандартной модели экспоненциального сглаживания Р.Брауна[249], которая предполагает временной ряд вида:

[249] Hyndman R.J., Koehler A.B., Ond J.K., Snuder R.D. Forecasting with Exponental Smoothing: The State Space Aproach. Springer – Verlag Berlin Heidelberg. 2008. P.155.

$$X_t = \beta_{0,t} + \varepsilon_t, \text{ где} \quad (1)$$

$\beta_{0,t}$ - варьирующийся во времени средний уровень ряда,

ε_t – белый шум.

Каждый член ряда такой модели обладает весовым коэффициентом, экспоненциально возрастающим по мере приближения к моменту времени t, что означает (в идеале) последовательную адаптацию к новому уровню процесса без значительного реагирования на случайные колебания. В тоже время, специфика модели может давать систематическую ошибку, когда временной ряд имеет тенденцию линейного роста, во избежание которой в модели Хольта используются два параметра: $\beta_{0,t-1}$ – параметр процесса предыдущего временного интервала и $\beta_{1,t}$ – параметр наклона линейного тренда, определяющих значение $\beta_{0,t}$. Оценки $b_{0,t}$ и $b_{1,t}$, в данном случае, позволяют сделать прогноз на τ шагов вперед в соответствии со следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} \hat{X}_t = b_{0,t} + b_{1,t}\tau \\ b_{0,t} = a_1 X_t + (1 - a_1)\left(b_{0,t-1} + b_{1,t-1}\right) \\ b_{1,t} = a_2\left(b_{0,t-1} + b_{0,t-1}\right) + (1 - a_2) b_{1,t-1} \end{cases} \quad (2)$$

где a_1и a_2 – параметры сглаживания, причем $0 < a_1, a_1 < 1$

Таким образом, модель учитывает динамичные временные условия внешней среды и адаптирует дифференцированные информационные ценности различных временных данных[250,251], которые корректируются информацией о вновь поступающих данных, генерируя однозначно тенденции будущего периода в соответствии с основным положением процесса адаптации[252].

[250]Numerical methods and optimization in finance. Academik Press. 2012. P .245.
[251]Gardner McKenzie Ed. E.S. Forecasting Trend in Times Series // Management Science. 1985. Vol.31. №10. P.1237.
[252] Мельников Р.М. Эконометрика : учебное пособие / Р.М. Мельников. – Москва : Проспект, 2014. С.89.

В случае изменения факторов, определяющих тенденцию изучаемого явления или наличие случайных отклонений от него, прогноз может начать отклонение от фактического будущего параметра исследуемого показателя. Безусловно, появление случайного отклонения может вызываться влиянием понятных единичных причин, в то время появление неслучайного отклонения обусловливает изменение тенденции исследуемого явления в целом. В связи с этим требуются такие значения параметров сглаживания, которые гарантировали максимальное приближение оценочных значений временного ряда к историческим данным и соблюдали предпосылки базовой модели одновременно. Поэтому процедура подгонки модели состоит в формировании поверхности минимальных ошибок модели (например, по среднеквадратичному отклонению) и выбору наилучшей комбинации параметров сглаживания при условии принятия гипотезы о нормальном распределении остатков и их некоррелированности. Стоит заметить, что в случае со стабильными временными рядами, поверхность суммы квадратов модели является почти плоской в весьма широком диапазоне и использование разных комбинаций параметров не критично сказывается на качестве прогноза[253]. В общем виде, прогноз динамики энергоёмкости ВВП по видам источников энергии подтверждает обозначенные ранее тенденции (рис. 42, приложение 5). Стоит отметить, что показатель энергоёмкости при декомпозиции в зависимости от видов энергии не следует понимать, как показатель эффективности. В настоящем контексте он отражает увеличивающийся или уменьшающийся объём конкретного вида энергии и, в случае последнего, потенциал к замещению. Относительно предыдущего авторского прогноза наблюдается менее отрицательный тренд данных показателей для нефти и газа в силу положительного изменения объёмов их импорта последних лет, равно как резкого снижения добычи и импорта угля, что соответствует наиболее негативному сценарию для этого источника.

[253]Chatfield C. and Yar M. Holt-Winters Forecasting: Some Practical Issues. Journal of the Royal Statistical Society. Series D. Vol. 37, No. 2. 1988, P.139.

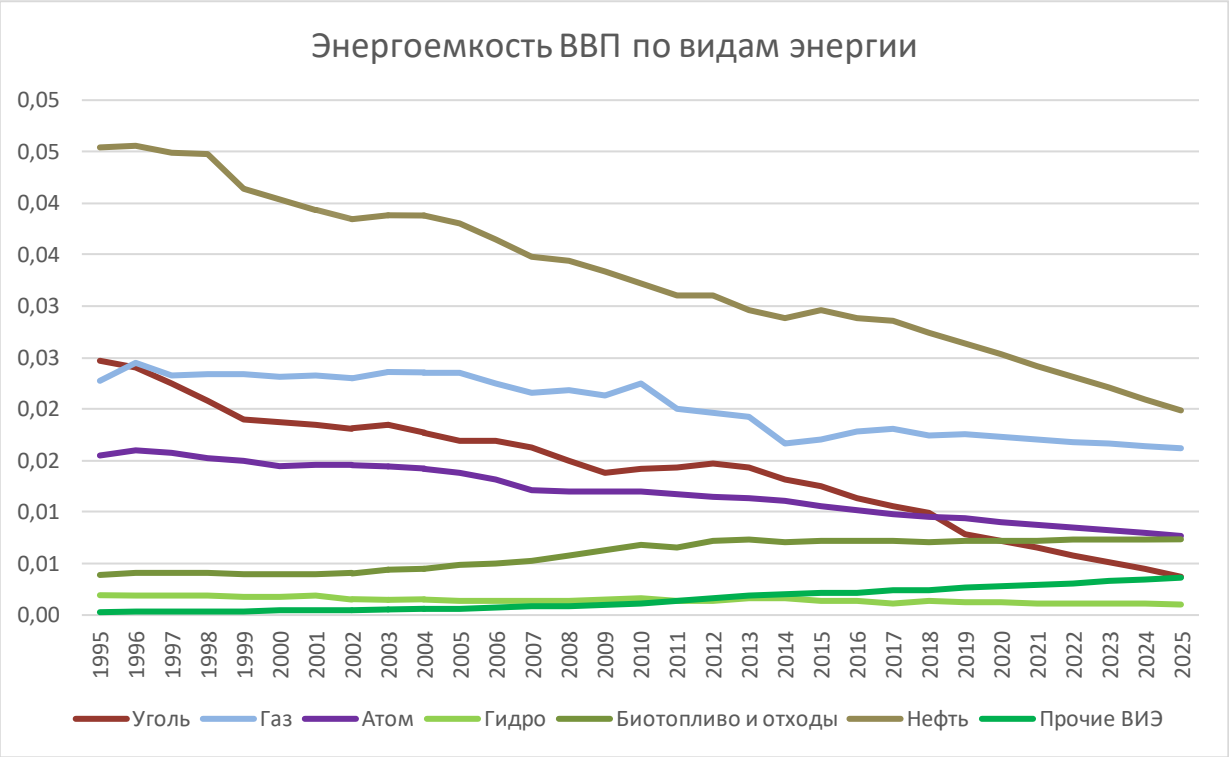


Рис. 42 Оценка тренда энергоёмкости внутреннего валового продукта ЕС. Разработано автором.

Взаимная компенсация энергоёмкости внутри группы традиционных источников энергии служит наглядной иллюстрацией сбалансированного развития европейской энергетики. Кроме того, приближение динамики энергоёмкости газа к нейтральному значению создает некий «якорь», относительно которого ожидается разнонаправленные тенденции группы оставшихся традиционных источников и ВИЭ.

Так, тренды нефтяной и угольной подотраслей, показывают значительные отрицательные коэффициенты, последняя из которых к концу десятилетия вероятно займет наименьший сегмент по данному показателю. Энергоемкость атомной энергии имеет средний отрицательный тренд и весьма линейна на всем историческом временном интервале. ВИЭ традиционно остаются в группе перспективных источников, а группа прочих ВИЭ обладает наибольшим их положительных трендов.

Таким образом, изменение энергоёмкости реального внутреннего валового продукта Европейского Союза по выбранной группе

невозобновляемых энергетических ресурсов демонстрирует наличие постоянного уменьшения их удельного потребления.

Оценка на среднесрочном периоде выявляет тенденцию уменьшения показателя энергоёмкости, оказывающейся недостаточной для нивелирования динамики роста реального внутреннего валового продукта, что может значительно сказаться на ожидаемом потреблении нефти в сторону его критического снижения, большую часть которого обеспечивает импорт.

В общем виде импорт в объемных значениях может быть определен по следующей формуле:

$$И = \sum_{i=1}^{n} (П_i - Пр_i + Э_i) \quad (3)$$

И – импорт энергетических ресурсов;
Пр – собственное производство энергетических ресурсов;
П – потребление энергетических ресурсов;
Э – экспорт энергетических ресурсов;
n – количество стран в исследуемый промежуток времени.

Как было отмечено выше, объём внутренней добычи нефти последних лет стабилизировался после продолжительного снижения. Кроме этого, между показателями производства и экспорта (78% объема добычи в 2019 г.) сырой нефти ЕС наблюдается весьма очевидная связь, что подтверждается высоким корреляционным коэффициентом - 0,96. В то же время, оценка тренда по модели Хольта позволяет ожидать сравнительно больший ожидаемый прирост экспорта нефти, чем её добычи (Приложение 3).

В долгосрочной перспективе это сводит к минимуму влияние этих показателей на импорт согласно формуле 3, что означает его высокую зависимость от внутреннего потребления и, как следствие, степени использования прочих источников энергии в условиях возрастающей энергоэффективности.

Оценка будущих показателей угольной подотрасли осложняется из-за определенной несогласованности между собой долговременных тенденций к её снижению и исторических периодах резкого наращивания импорта. Изначально допускалось, что увеличение потребности в угле Европейским Союзом имело преднамеренный характер, особенно в свете событий 2013 года, когда парламентом ЕС произошло отклонение внесенного предложения ужесточить выдачи разрешений на торговлю квотами на выбросы CO_2 в ЕС[254].

В тоже время увеличение экологических налогов[255] все же оказало сдерживающее воздействие даже при выгодной конъюнктуре рынка и стало одним из факторов последующего снижения импорта.

Оценка трендов каждого из рассмотренных выше показателей позволяет ожидать максимальное давление на уголь как источник энергии и критическое снижение его значимости уже к концу десятилетия.

В то же время, разновекторная, но стабильная динамика последних 20-и лет в производстве и экспорте природного газа странами Европейского Союза обуславливает необходимость наращивания объемов импорта даже при условии постоянного уровня потребления газа в регионе, что не является достаточным условием в свете выявленных тенденций и означает движение в сторону наиболее благоприятного сценария развития европейской энергетики для ключевых стран-экспортеров «голубого топлива»[256].

Поскольку наибольший объем поставок природного газа Российской Федерации в западном направлении приходится на Германию, будет уместно повторить публичное высказывание экс-канцлера Г.Шредера, о российском

[254]Европейский парламент отклонил предложение Еврокомиссии изменить порядок торговли выбросами CO_2. URL: http://www.azovpromstal.com/news/one/id/1548 (дата обращения: 21.11.2014).

[255] Степанов И.А. Налоги в энергетике и их роль в сокращении выбросов парниковых газов // Экономический журнал ВШЭ. 2019.Т.23. № 2. С.307.

[256] Бучнев А.О. Инновационное развитие возобновляемой энергетики как основного компонента экономики будущего. – Москва : Антарес, 2016. С. 82.

газе как инструменте безболезненного перехода на ВИЭ[257], равно как обозначить риски увеличения сроков окупаемости ряда инфраструктурных магистральных трубопроводных проектов в этом контексте.

Также стоит заметить, что ветровая и солнечная электрическая генерация совместно с сектором биоэнергетики в этой стране составила 51,2% в балансе производства электроэнергии в 1-м квартале 2020 года (аналогичный период 2019 года – 44,4 процента)[258].

В качестве сопутствующего риска стабильности экспорта российских энергоносителей в ЕС приведем в пример исследование IFEU, которое только на анализе выполнения программ роста общей эффективности использования энергии значительно снижает значимость импорт природного газа[259]. Отметим, вероятная выполнимость подобного утверждения возможна только в рамках одновременной реализации энергетического перехода к возобновляемой энергии всеми странами Европейского Союза.

Учитывая интенсивное развитие ВИЭ и повышение доли их установленных мощностей в энергобалансе КНР, выявленное в предыдущем параграфе настоящей главы, отметим возрастающие риски перспектив экспорта природного газа также и в восточном направлении энергетической отечественной политики. Поэтому необходимо оценить значение энергетического комплекса нашей страны в современной мировой энергетике и разработать новые возможности использования его природных конкурентных преимуществ, чему будет посвящена четвертая глава настоящей диссертации.

---

[257]Шредер: Германия нуждается в российском газе. «Бильдамзонтаг». URL: itar-tass.com/ (дата обращения: 21.02.2015).

[258] Доля ВИЭ в электроэнергетике ФРГ составила свыше 50 процентов. URL: https://eenergy.media/2020/04/02/dolya-vie-v-potreblenii-elektroenergii-germanii-vpervye-prevysila-50-za-kvartal/(дата обращения: 23.09.2020).

[259]Energy transition. URL: http://energytransition.de/2012/09/ii-title-chap1-2 (дата обращения: 23.03.2015).

Выводы по Главе 2.

Политика инновационного выбора национальными государствами перехода к низкоуглеродной экономике на базе возобновляемой энергии обеспечила существенный и опережающий, относительно традиционной энергетики, ввод в эксплуатацию суммарных мощностей ВИЭ.

Тем не менее, доминирующая доля ископаемого топлива не может быть кардинально изменена даже в долгосрочной перспективе, что подтверждается общемировой динамикой энергетического рынка последних тридцати лет. Тем не менее, несмотря на более чем общий полуторакратный рост предложения энергии, из альтернативных источников энергии только удельная доля сектора возобновляемых источников энергии показала тенденцию к незначительному увеличению в противовес аналогичному снижению доли атомной энергетики, что говорит о достаточности накопленных институциональных и экономических механизмов для соразмерного развития возобновляемых и невозобновляемых источников энергии в общемировом масштабе.

Кроме этого, выявлена и обоснована внутренняя трансформация последних десяти лет в группах ТИЭ и ВИЭ, наилучшую динамику для каждой из которых показали природный газ и прочие ВИЭ соответственно. На примере шока энергетических рынков вследствие глобального финансово кризиса показана устойчивая траектория развития ВИЭ, а также возросшая значимость принципов энергоэффективности, повлекшая сохранение отрицательной динамики энергоёмкости реального ВВП большинства из рассмотренных стран. Глобальный финансовый кризис, по сути, стал катализатором процессов трансформации европейского рынка традиционных энергоносителей и по мере их восстановления показал превосходство природного газа над остальными углеводородными ресурсами.

Стоит отметить, что газовая, как и нефтяная отрасли энергетики, особенно благодаря развитой трубопроводной инфраструктуре, позволяют

более гибко реагировать на изменения рыночных и политических тенденций конкретного временного периода, как наращивая, так и снижая объёмы поставок в достаточно широком диапазоне. Данная особенность служит как сдерживающим фактором активизации применении ВИЭ в контексте сбалансированного развития энергетики, так и конкурентным преимуществом большинства из современных видов ВИЭ, поскольку отсутствие внешнего топлива в сочетании с локальным размещением производственных мощностей фиксируют границы объема предложения энергии конкретного объекта ВИЭ, не изменяющиеся в силу конъюнктурных факторов.

В связи с этим сектор ВИЭ, особенно при условии приоритетного потребления возобновляемой энергии по «зеленому» тарифу, создает некую величину предложения возобновляемой энергии, относительно которой происходит балансирование углеводородных ресурсов в моменте их реализации. При дальнейшем развитии сектора ВИЭ уменьшается величина потенциального предложения энергии со стороны группы ТИЭ, что смещает баланс в пользу возобновляемой энергетики, что и продемонстрировали США, КНР и ЕС на фоне разнонаправленных динамик ОППЭ.

Разумеется, государственная поддержка по-прежнему важна (в соответствии с базовым принципом) для сектора ВИЭ, однако её планомерное снижение, равно как макроэкономическая целесообразность развития возобновляемой энергетики, выходящая далеко за пределы сугубо энергетических задач, делает ВИЭ ядром углеродно-нейтральной энергетики будущего исходя из текущих технологических возможностей и глобальных задач современности.

Таким образом, выявлено, что в условиях снижения общей энергоёмкости ВВП крупнейших региональных экономик, имеется устойчивая тенденция к увеличению доли ВИЭ в структуре производства энергетических ресурсов, подкрепленная приоритетным потреблением возобновляемой энергии и спецификой её генерации, не подверженная

влиянию динамики общего первичного предложения энергии (стабилизации в США, снижения в странах ЕС и роста в КНР).

Относительно изменения ОППЭ стоит заметить, что только по отношению к Европейскому Союзу, в том числе с учётом активной политики в области энергетической эффективности, рост доли ВИЭ является во многом ожидаемой закономерностью, в то время как по отношению к США и Китаю эта динамика служит формой подтверждения выявленных ранее факторов, определивших необратимость развития данного сектора энергетики с точки зрения совокупности институциональных и экономических механизмов, поскольку по отношению к США имеется высокая степень диверсификации энергетического баланса, а Китай показывает одни из наибольших приростов по каждому из используемых энергетических ресурсов.

В отношении таких стран как Бразилия и ЮАР имеются отдельные тенденции энергоёмкости, так же, как и Индия имеет предпосылки для структурного сдвига в пользу ВИЭ, но не является достаточным для заключения об устойчивости данной тенденции, особенно с учётом гибкой позиции в отношении угольной генерации, в связи с чем данные примеры можно рассматривать как специфические примеры развития рассматриваемой совокупности институциональных и экономических механизмов, определяющих баланс возобновляемых и невозобновляемых ресурсов в национальных топливно-энергетических балансах.

На время энергетического перехода, продолжительность которого даже для самых выдающихся стран-лидеров по инновационному стимулированию ВИЭ исчисляется десятками лет, ожидается чувствительное повышение значимости природного газа как наиболее экологичного и экономически целесообразного топлива, что подтверждается динамикой последних лет.

Атомная энергия сочетает как преимущества энергетической независимости использования ВИЭ, так и повышенную мощность генерации отдельной АЭС, более характерную для объектов на базе углеводородных ресурсов. В то же время, отсутствие свойств универсальности и

масштабируемости значительно сужает спектр её применения в контексте достижений целей устойчивого развития, что в сочетании с неоднозначным отношением мирового сообщества делает атомную энергетику потенциально перспективным, но регионально зависимым источником энергии.

Опыт стран-лидеров построения низкоуглеродной, а в долгосрочной углеродно-нейтральной экономики позволяет разработать методологические рекомендации для сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергии в условиях перехода к низкоуглеродной экономике в Российской Федерации.

На основе мирового опыта определены возможные к адаптации в отечественных условиях эффективные инструменты стимулирования инновационного развития возобновляемой энергии, включая создание новых, сопряженных с ВИЭ отраслей экономики, среди них:

a. повышенная степень локализации производства генераторов возобновляемой энергии, а также систем хранения, накопления и распределения энергии;
b. стимулирование деятельности просьюмеров и создание на этой основе дополнительных предпосылок для формирования развития среднего класса в стране;
c. постепенное замещение традиционной генерации на базе невозобновляемой энергии с переобучением высвобождаемого персонала;
d. создание локальных сообществ с обеспечением стимулирующих банковских инструментов для активизации использования ВИЭ, систем хранения, накопления и распределения энергии для муниципальных нужд;
e. использование методологии заключения контрактов жизненного цикла с учётом особенностей реализации проектов ВИЭ.

К ключевым положениям выявленного опыта этапов стимулирования развития возобновляемой энергетики в мире, приемлемых для использования

в отечественных условиях можно отнести и такие управленческие инновации:

a. Осознание и признание новой нормальности энергетического перехода к низкоуглеродной и в дальнейшем углеродно-нейтральной экономике на основе ВИЭ.
b. Уточнение стратегических целей для национальной экономики: минимизация выбросов CO_2 в расчете на единицу ВВП, определение целевых ориентиров достижения доли ВИЭ в национальном ТЭБ.
c. Разработка мер инновационной поддержки видов возобновляемой энергетики в зависимости от потенциала ВИЭ, свойственных данному региону, адаптация под национальную экономику апробированных мер институциональной поддержки возобновляемой энергетики.
d. Внедрение системы контроллинга подтверждения происхождения «зеленой» энергии для проверки обоснованности предоставленных льгот.
e. Гибридизация генераторов разных видов ВИЭ в удаленных районах с системами хранения, накопления и распределения энергии.
f. Предоставление бесплатной эксплуатации малообеспеченным слоям населения доступа к индивидуальным ВИЭ в удаленных районах на определенный срок.
g. Образовательные программы повышения экологической ответственности гражданского общества.

Выявлен и отрицательный опыт ряда стран, не рекомендованный к повторению в отечественных условиях, такой как запаздывающие процедуры ОРВ или завышенные нормативы установленной мощности ВИЭ на начальных этапах становления возобновляемой энергетики.

Активное развитие ВИЭ постепенно вытесняет невозобновляемые источники энергии не только в силу их хорошей окупаемости, экологичности и доступности, но в целях укрепления национальных стратегий регулирования на государственном уровне разумного баланса использования возобновляемой и невозобновляемой энергии.

Не только региональные и локальные потребители переходят на применение ВИЭ, но и крупнейшие мировые корпорации, связанные с ископаемыми ресурсами, проинвестировавшие существенные финансовые средства в освоение и развитие технологий ВИЭ, также осуществляя и своевременное формирование кадровых ресурсов за счет специалистов отраслей традиционной энергетики.

Практическим примером эффективной трансформации энергетической парадигмы служит реконструкция угольных месторождений для дальнейшего использования в виде гидроаккумулирующих станций (Германия, Финляндия) как и реализации подобных проектов, связанных с использованием возобновляемой энергии (Китай, Индия). Данный процесс является взаимосвязанным результатом морального устаревания угольной генерации как вида деятельности и фактом экономической нецелесообразности её эксплуатации (более 50% угольных электростанций в ЕС не приносят прибыли).

На основе проведенного исследования стран-лидеров активного применения ВИЭ можно утверждать, что их массовое применение существенно меняет национальные топливно-энергетические балансы рассмотренных стран, и в ближайшей перспективе существенно уменьшит долю невозобновляемых традиционных источников. Можно достоверно утверждать, что потребность рассмотренных стран в импорте невозобновляемых ресурсов, в том числе и из Российской Федерации уже в среднесрочной перспективе существенно сократится.

Особенности развития и стимулирования возобновляемой энергетики соответствуют шестой инновационной волне и, обладая своими

уникальными экологическими и экономическими преимуществами, служат достижению целей эффективного развития национальных экономик.

Важно отметить, что во главе принципа государственного регулирования возобновляемой энергетики лежит факт осознанного признания необходимости энергетической трансформации в сторону углеродно-нейтрального построения энергетики будущего с чистой «зеленой» экономикой, обеспечивающей восстановление экологической сферы ради будущего нашей планеты. Рассмотренные практические подходы европейских нефтяных компаний по постепенному переходу от добычи невозобновляемых углеродных источников к производству чистой энергии на базе ВИЭ с нулевыми выбросами CO_2 становятся новой нормальностью. В дальнейшем исследовании будут приводиться в пример и другие крупные компании, взявшие на себя обязательства существенных ежегодных инвестиций в ВИЭ для построения климатически нейтральной энергетики.

Рассмотрим далее, как активное и долгосрочное применение возобновляемой энергии на основе стратегических программ инвестиций влияет на сопряженные с ней отрасли экономики и генерирует появление инновационных подотраслей промышленности, включая комплексное обеспечение развития сегмента возобновляемой энергетики, рынка систем хранения энергии и сопряженных с ними сегментов экономики, которые уверенно минимизирует потребности национальных экономик в импорте традиционных углеродных ископаемых, существенно увеличивают надежность национального энергообеспечения, фактически формируя завершающий этап инновационной энергетической модели углеродно-нейтральной экономики будущего.

ГЛАВА 3. Макроэкономический эффект использования ВИЭ как основополагающий фактор устойчивого развития углеродно-нейтральной экономики.

3.1. Экономические особенности конкуренции различных источников возобновляемой и невозобновляемой энергии.

Рассмотрим динамику ценовой конкуренции возобновляемой и невозобновляемой энергетики за последнее прошедшее десятилетие.

В этот ключевой период произошли существенные положительные для активизации ВИЭ ценовые сдвиги, сформировавшие устойчивое понимание их гуманистической роли для достижения Целей устойчивого развития как ключевого долговременного нового смысла, позволяющего осознать уникальный финансовый потенциал и новую сущность, сгенерировавшую существенный макроэкономический эффект как для потребителей возобновляемой энергии (не только в связи минимальными экологическими затратами на всем жизненном цикле её генераторов), так для вновь сформировавшихся сопряженных с ВИЭ отраслей экономики.

Именно за этот временной период ВИЭ составили значительную конкуренцию ископаемым источникам энергии благодаря существенному снижению себестоимости вырабатываемой энергии и её генерирующего оборудования на основе инновационных технологических решений.

Если в начале второго десятилетия двадцать первого века определенную конкуренцию себестоимости вырабатываемой энергии по сравнению с невозобновляемыми ресурсами могла себе позволить только ветровая энергия (таблица 14), то в его течении сектор солнечной генерации вырабатывал электрическую энергию, соизмеримую с себестоимостью энергии дизельного генератора, а по верхней границе формирования цены превосходил её.

Себестоимость выработки электрической энергии в секторе биоэнергии на основе биомассы составляла существенную конкуренцию традиционному дизелю, но в полтора раза уступала генерации с использованием природного газа по верхнему ценовому диапазону.

Таблица 14 Ценовая конкуренция возобновляемой и невозобновляемой энергетики в Европейском Союзе в 2010 году.

Вид генерации электроэнергии	**Себестоимость генерации (долл. США/ т н.э.)**
На базе природного газа	625-950
Использование дизельного генератора (в удаленных районах)	3000-5000
Посредством энергии ветра	600-1500
На базе биомассы	1000-1500
На базе солнечной энергии (автономный)	2000-4500
На базе солнечной энергии (интегрированный в сеть)	4000-6500

Источник: World Solar Energy, Solarbuzz Analytical Report, 2011.

Активное применение инновационных решений в области возобновляемой энергетики, а также меры институциональной поддержки в последующий пятилетний интервал времени позволили минимизировать себестоимость ключевых ВИЭ в среднем в 2 раза. На первый план вышла межвидовая конкуренция ВИЭ, особенно в тех регионах, природные, хозяйственные и экономические условия позволяли использовать несколько видов возобновляемой энергии одновременно.

Рассмотрим соотношение капитальных затрат на стадии строительства ВИЭ и их эксплуатационных расходов, оказывавших наибольшее влияние на ценовую конкуренции ВИЭ между собой, (таблица 15). Максимальные затраты на стадии строительства в зависимости от выбора технологических решений свойственны ветровой и солнечной генерации при минимальных затратах на стадии эксплуатации. Сектору биоэнергии были свойственны обратные соотношения, в основном из-за затрат на транспортные издержки доставки биомассы. Данные тенденции предопредели основное конкурентное снижение издержек в секторе ВЭС и СЭС.

Таблица 15 Соотношение видов затрат в возобновляемой энергетики в Европейском Союзе, %

Тип генерации / Вид затрат	ВЭС	СЭС	Биоэнергия
Затраты на стадии строительства, включая	80-85	50-60	5-40
- пусконаладочные работы	3-15	10-15	5-10
Затраты на стадии эксплуатации, включая	10-15	30-40	10-60
- исходное сырьё	-	-	0-5
- транспорт до места генерации	-	-	0-40
- временное хранение	-	-	0-5
- эксплуатационные расходы	10-15	15-20	5-10

Источник: Erneurbare Energien in zahlen. Nationale und international Entwicklung.

В этой связи возможно отметить существенное опережение ожидаемой себестоимости к 2030 году её фактическим снижением из-за применения разного вида инновационных решений и привести в пример прогноз от 2011 (рис. 43) по видам ВИЭ в Европейском Союзе. Обратим внимание, что самая высокая себестоимость ожидалась в секторе солнечной генерации от 0,16 до 0,21 доллара США за один кВт·ч.

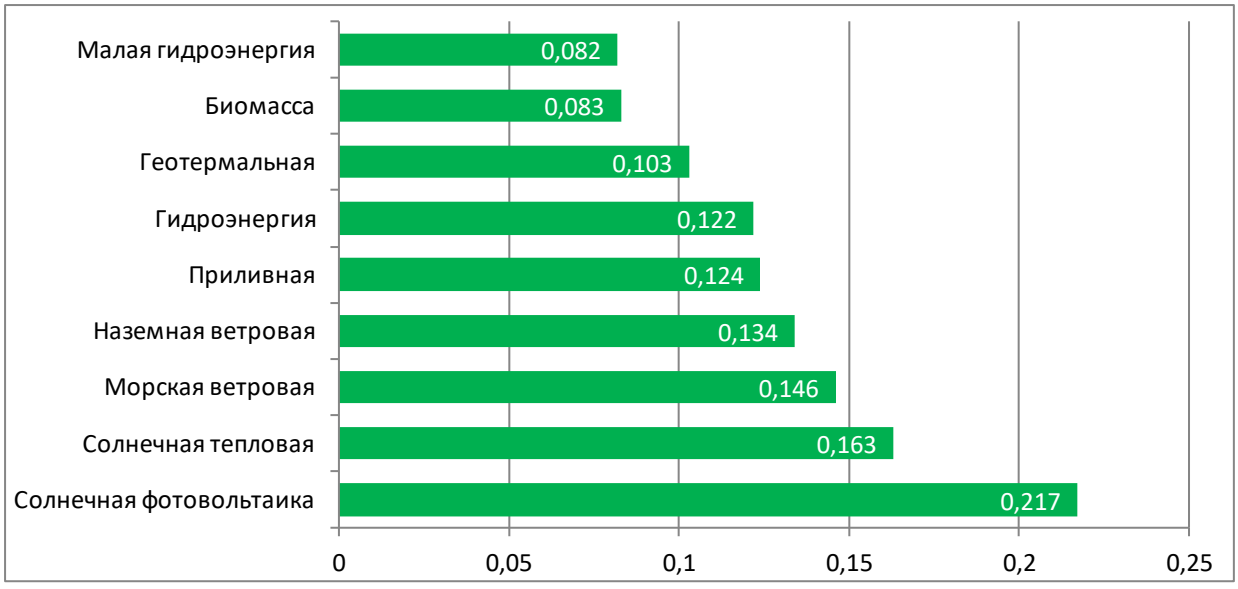


Рис. 43 Прогнозная себестоимость видов ВИЭ в странах Европейского Союза в 2030 году по прогнозу 2011 г., долл/кВт·ч. Источник: NUIE.

Отметим, что в 2020 году в результате применения инновационных технологических решений и созданной институциональной среды поддержки возобновляемой энергетики себестоимость в области солнечной генерации опустилась до 0,011 доллара США за один кВт·ч.

Данный прогноз был скорректирован через четыре года, в 2015 году, когда произошло существенное ускорение к намеченным стоимостным ориентирам себестоимости возобновляемой генерации не только в Европейском Союзе, но и в Соединенных Штатах Америки в результате успешного выполнения государственных программ стимулирования ВИЭ и мер институциональной поддержки, рассмотренных выше. Именно в 2015 году в США возобновляемые источники стали конкурентоспособны по сравнению с традиционной энергетикой. В таблице 16 представлены результаты проведенного расчета соотношения стоимости электрической энергии, полученной на базе различных видов ВИЭ в сравнении со стоимостью электроэнергии на базе невозобновляемых ресурсов в 2015 и в 2020 годах. Можно отметить, что экологичные и перспективные ВИЭ сохраняют тенденцию к дальнейшему удешевлению себестоимости генерации электроэнергии на их основе. Характерно, что взаимное соотношение стоимости электроэнергии на базе ископаемых носителей практически не изменилось за рассматриваемый период.

Таблица 16 Стоимость электроэнергии в США относительно традиционного топлива.

Вид технологии выработки	**Коэффициент стоимости**			
	Газовая		**Угольная**	
	2015	**2020**	**2015**	**2020**
Солнечная, сектор частной генерации	1,45	1,08	2,20	1,68
Солнечная, сектор коммерческой генерации	0,90	0,72	1,42	1,13
Солнечная, сектор общественной генерации	0,69	0,45	1,09	0,70
Солнечная, сектор промышленных СЭС (крупная генерация)	0,36	0,20	0,57	0,32
Генерация на основе геотермальной энергии	0,60	0,46	0,95	0,71
Генерация на основе энергии ветра	0,31	0,23	0,49	0,36
Генерация на основе газа (природный)	1	1	1,57	1,56
Генерация на основе угля	0,63	0,64	1	1

Источник: Lazard 2015,2020 и расчеты автора.

Для целей сравнительного анализа экономической эффективности возобновляемых источников энергии и оценки как внутривидовой, так и внешней конкуренции с невозобновлемой генерацией энергии, возможно использовать показатель ПСЭ (приведенной стоимости единицы электроэнергии), рассчитываемый по формуле 4:

$$\text{ПСЭ} = \frac{\sum_{i=1}^{t}(\text{КВ}_i + \text{ЭС}_i + \text{ПС}_i)\text{x}(1+r)^{-i}}{\text{M x } t \text{ x } k} \qquad (4)$$

КВ – затраты на капитальные вложения на стадии строительства;
ЭС – затраты на стадии эксплуатации;
ПС – затраты на используемое первичное сырьё;
M – установленная мощность генератора;
r – принимаемая норма дисконта;
t – ожидаемая длительность жизненного цикла генератора;
k – коэффициент использования установленной мощности для размерности t.

Данная формула позволяет рассчитать сложившуюся стоимость сгенерированной энергии за период полноценной работы конкретного генератора, сравнив ключевые параметры его жизненного цикла, учитывая стоимость его ввода в эксплуатацию и издержки за эксплуатационный период, включая стоимость ресурса энергии, если она не нулевая, как для СЭС и ВЭС, или исчезающе мала, как в случае с исходным сырьём для сектора биоэнергетики (таблица 15). В то же время, коэффициент использования установленной мощности (КИУМ), приведенный к размерности времени t, позволяет оценить реальный объем производства электроэнергии, как отношение планового объёма генерации по отношению к фактическому. В случае использования ВИЭ данный коэффициент непосредственно зависит от размещения генератора и может чувствительно влиять на результирующий показатель.

Сроки жизненного цикла генерации электрической энергии с учетом основных параметров стоимостных составляющих инвестиционных проектов как для возобновляемых источников энергии, так и на базе невозобновляемых ресурсов приведены в таблице 17.

Таблица 17 Параметры инвестиционных проектов по производству электроэнергии.

Показатель	Значение
Доля кредитных средств в капитальных инвестициях	60%
Ставка по кредиту	8%
Внутренняя норма доходности капитала	12%
Жизненный цикл проекта по типу топлива	
Солнечная энергия	25-35 лет
Геотермальная энергия	25 лет
Ветровая энергия	20 лет
Газ (обе технологии)	20 лет
Атомная энергия	40 лет
Уголь	40 лет

С учетом указанных предпосылок, наибольшей приведенной стоимостью (рис. 44) обладает автономная солнечная генерация в частном секторе, находясь в коридоре 150 - 227 долларов США за 1 МВт·ч, опережая как прочие ВИЭ, так и газовую и атомную электроэнергию с одинаковой максимальной приведенной стоимостью равной 198 долларам США за 1 МВт·ч.

Это объясняется низкой мощностью и малой эффективностью, поскольку монтаж солнечных панелей, как правило, ограничен площадью крыши домохозяйства и её формой. КУИМ в данном случае находится на минимальном уровне в пределах 13-19%. Но в коммерческом и общественном секторе, где данный коэффициент достигает 25%, а удельные капитальные затраты благодаря эффекту от масштаба снижаются (до 40% при благоприятных условиях) солнечная энергия становится сопоставимой с угольной генерацией. Дальнейшее наращивание мощности, в случае крупных солнечных электростанций снижает приведенную стоимость единицы энергии до 42 долларов США за 1 МВт·ч, что на 2 доллара США ниже, чем минимальное значение аналогичного показателя для парогазовой генерации, как наиболее эффективного способа производства электроэнергии на базе невозобновляемых ресурсов. Для наглядного сравнения позитивной динамики двух основных видов возобновляемой энергии представляется

целесообразным усреднить значения ПСЭ, однако, не менее важно отметить, что имеет место тенденция к снижению дисперсии её предельных значений[260].

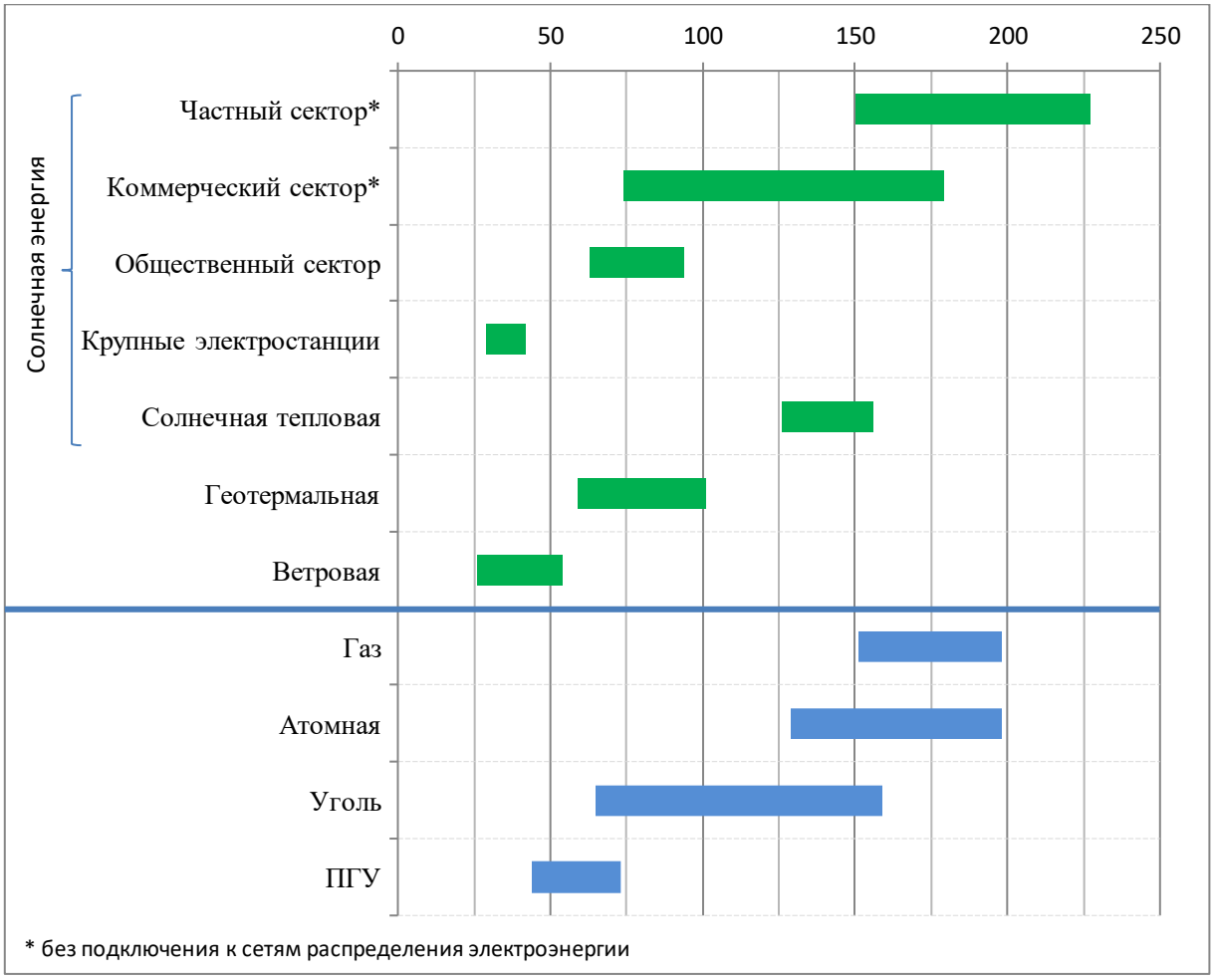


Рис. 44 Стоимости 1 МВт электрической энергии в зависимости от первичных ресурсов в США (долл. США). Источник: Lazard's levelized cost of energy analysis, адаптировано автором.

Ярким примером, иллюстрирующим этот процесс, служат крупные солнечные электростанции на кристаллических панелях (наиболее распространенный тип), разрыв между минимальным и максимальным значением ПСЭ которых в 2019 году составил всего 8 долларов США, что почти в 9 раз меньше результата 2009 года.

[260] Бучнев А.О. Экономические аспекты использования возобновляемых источников энергии / Бучнев А.О., Сериков П.Ю. // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2016. № 3. С.91.

Успех данной технологии солнечной генерации объясняется её популярностью и, как следствие, унификацией типовых решений промышленного масштаба.

Если не брать в расчет автономные решения для частного и коммерческого сектора, традиционно отличающиеся высокой стоимостью, то медианное значение ПСЭ в общественном секторе и на тепловых (геликонцентраторных) солнечных электростанциях располагается на достаточно высоком уровне: 79 и 140 долларов США, что затрудняет их прямое сравнение с ветровой энергетикой. В связи с этим, при дальнейшем сопоставлении под солнечными электростанциями будут подразумеваться крупные промышленные СЭС всех типов солнечных панелей.

Рассмотрим приведенную стоимость электрической энергии для СЭС и ВЭС (рис. 45) в период наибольшего снижения себестоимости с 2009 по 2020 годы. Если не считать значительных снижений стоимости в 2011, 2014 и 2016 году, то среднегодовой темп удешевления ветровой энергии за указанный период не превышал 10%, в то время как ПСЭ солнечных электростанций снижалась по траектории, близкой к экспоненциальной, и только в 2017 году снижение этого показателя к прошлому году составило 9%.

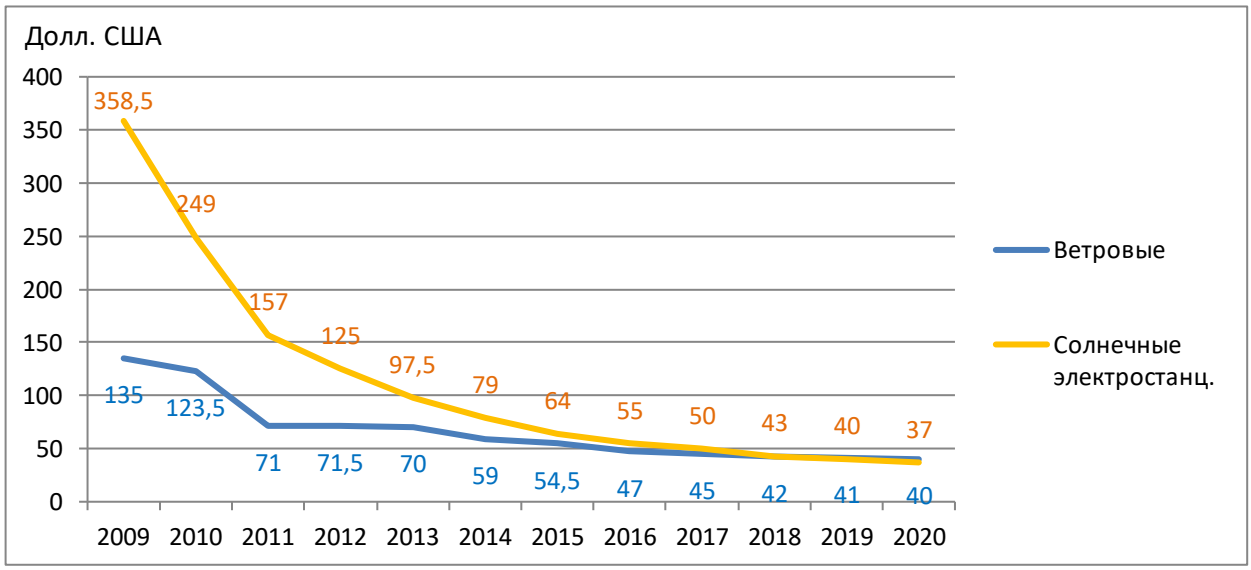


Рис. 45 Приведенная стоимость в США для ветровой и солнечной электроэнергии. Источник: Lazard's levelized cost of energy analysis, адаптировано автором.

В 2019 году приведенная стоимость солнечной электроэнергии впервые оказалась ниже ветровой, сохранив это преимущество и в 2020 году с тенденцией к дальнейшему снижению.

Рассмотрим факторы, повлиявших на себестоимость генерации на базе ветровой и солнечной энергии. Безусловно, основным из них является наличие в регионе эксплуатации благоприятных климатических условий, но практически повсеместная достаточность потенциально извлекаемой энергии двух – трёх видов ВИЭ, обусловливает приоритетность совершенствовании конкурентной технологии выработки электроэнергии, а также финансовых и административных условий установки и эксплуатации мощностей возобновляемой энергии. Вторым по значимости фактором, как мы выяснили выше, является постоянно совершенствуемая государственная политика стимулирования применения ВИЭ.

Например, в 2013 году ЕС, бывший мировой лидер с 35 процентным приростом установленных мощностей по ветровой энергетике, эксплуатировавший 17 тысяч ветрогенераторов[261], уступил пальму первенства Китаю, несмотря на то, что Европейский Союз продолжал активно развивать офшорную ветроэнергетику, введя в 2015 году 2,3 ГВт мощностей ВЭС (что в трое превышало результат предыдущего периода) с достижением установленной мощности свыше 10 ГВт в составе 82 офшорных ВЭС[262]. В целях настоящего исследования приведем и прогноз 2009 года, предполагавший превышение генерации электрической энергии на базе ветра над выработкой гидроэнергии к 2030 году[263]. США достигли данного показателя в 2017 году, Индия ожидает к 2025 году, КНР – к 2031 году.

[261]Бучнев А.О. Тенденции развития возобновляемых источников энергии. Москва : «Антарес». 2012. С.17.
[262]Оффшорная ветроэнергетика в Европы переживает бурный рост. URL: http://re-energynews.com/reenergynews/wind.htm/ (дата обращения: 21.09.2015).
[263]Байков Н.М. Прогноз развития отраслей в мире и по основным регионам до 2030 г. / Н.М. Байков, Р.Н. Гринкевич. – Москва : ИМЭМО РАН, 2009. С.37.

Можно отметить, что инвестиционный интерес к возобновляемой энергетике в рассматриваемый период времени становления экономической конкуренции ВИЭ и невозобновляемой энергетики был соизмерим как у стран с развитой экономикой, так и с развивающейся (рис. 46), но постепенно КНР и Индия вышли на значительно большие инвестиции в сектор ВИЭ, чем остальные страны. В целом инвестиционный поток направлялся в два ключевых вида ВИЭ, больше в сектор СЭС, но к 2015 году соотношения между инвестициями ВЭС и СЭС приняло другие соотношения, (рис. 47) порядка 60% инвестиций шли в развитие сектора ВЭС, 30% – в сектор СЭС, 10% другие виды ВИЭ[264]. К 2020 году удешевление технологий в солнечной энергетике шло более динамично, чем в ВЭС и соотношения инвестиций стали соизмеримы.

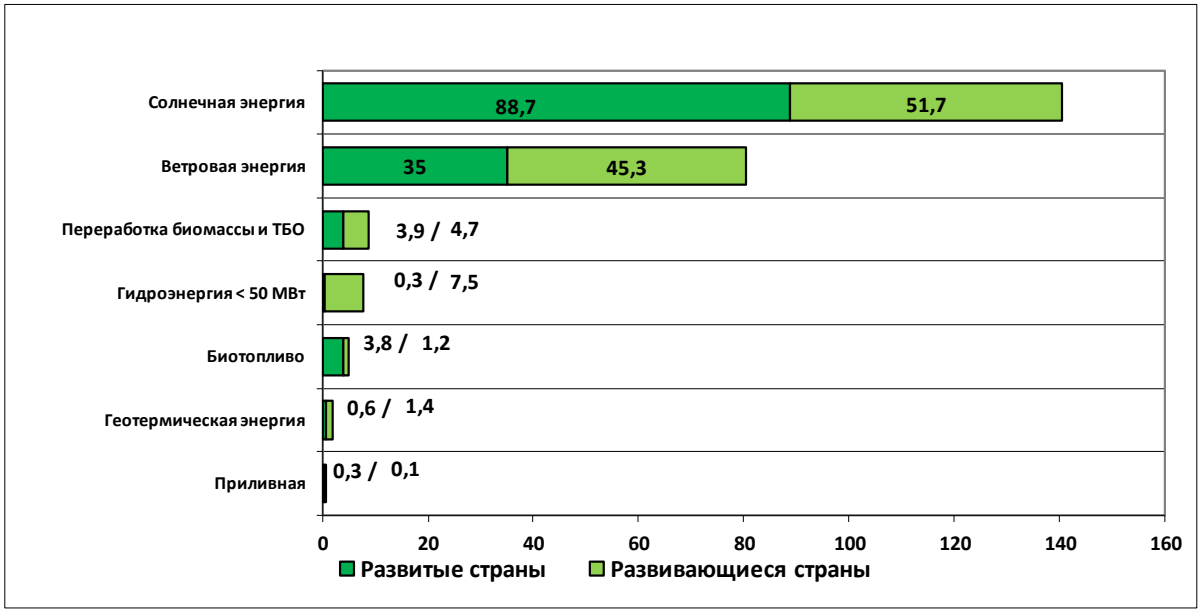


Рис. 46 Инвестиционные вложения в ВИЭ в 2012 году стран мира с развитой и развивающейся экономикой, (млрд. долл. США). Источник: IRENA, адаптировано автором.

Можно подчеркнуть прохождение точки невозврата возобновляемой энергетикой в 2015 году, когда значительное число стран опередило

[264] Структура финансирования по видам ВИЭ в мире. URL: http://www1.eere.energy.gov/maps_data/docs/eere_databook.xls (дата обращения: 22.01.2016).

запланированные ранее параметры достижения доли возобновляемой энергии, определенные национальными стратегиями развития ВИЭ.

Возобновляемая энергетика стала самостоятельной подотраслью энергетики и экономики, сформировав существенный макроэкономический эффект для национальных экономик, проинспирировав развитие новых сегментов машиностроительной и, отчасти, металлургических и химических подотраслей, а также сегментов обеспечения хранения, накопления и распределения энергии, простимулировав появление новых финансовых и банковских продуктов, сформировала непроходящий интерес у портфельных и институциональных инвесторов.

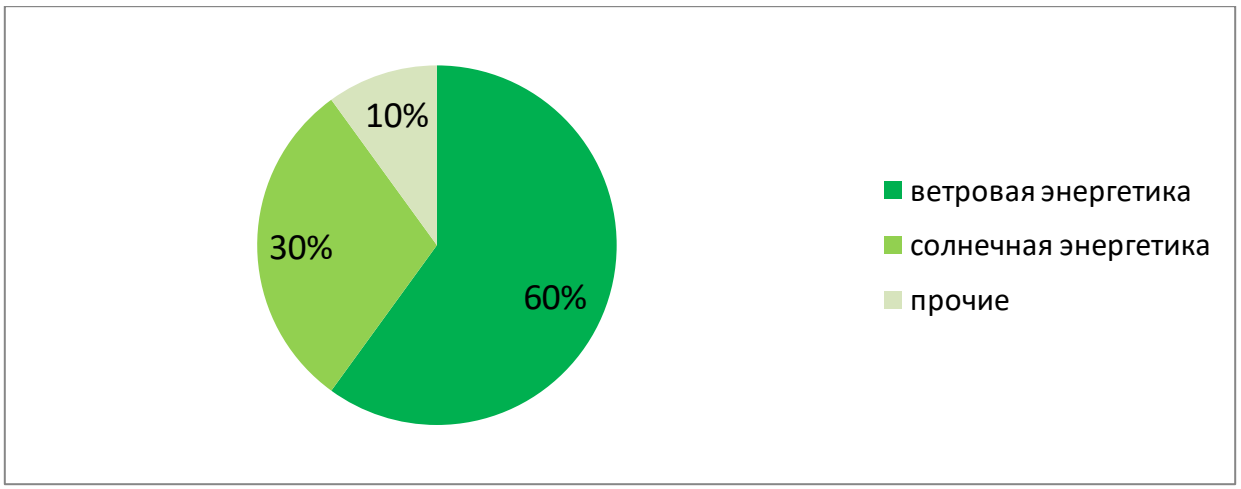


Рис. 47 Инвестиции в различные направления возобновляемой энергетике в 2015 году. Источник: [205], адаптировано автором.

Интерес инвесторов хорошо отражен в динамике установленных мощностей ветрогенераторов за период 1996 года по 2019 год (рис. 48), которая значительно превосходила установленные мощности в солнечной генерации. Как видно из графика, динамика роста весьма равномерна (может быть описана полиномиальной функцией второй степени с уровнем достоверности аппроксимации равным 0,998).

На экономическую эффективность ВЭС оказывает влияние правильность установки ВЭС в зоне наибольшего ветрового потенциала, её высота, система слежения за ветровым потоком и система, препятствующая

обледенению лопастей в соответствующих климатических условиях. Отметим и влияние политики модернизации ВЭС, рассмотренной выше, активно снижающей издержки генерации применением более современными и мощными генераторами, устанавливаемые на имеющейся опорной конструкции (что не требует дополнительных административных издержек в виде получения разрешения на установку ВЭС).

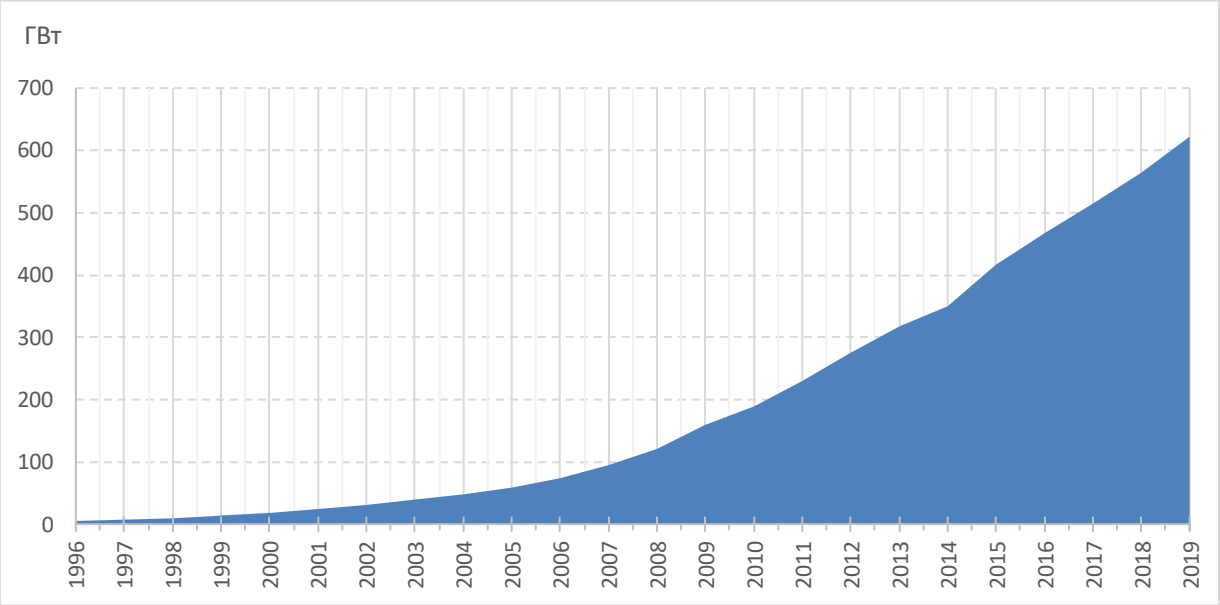


Рис. 48 Установленная мощность мировых ВЭС. Источник: IRENA, адаптировано автором.

Рост производительности ВЭС с 1999 года по 2009 год средней ВЭС составил свыше 2,35 раз (с 0,7 до 1,67 МВт[265]), в период с 2010 года до 2015 года до 2,7 МВт (в 1,6 раза за 5 лет), сохранив набранный темп инновационной модернизации и на следующий пятилетний период, доведя усреднённую мощность ВЭС до 4,5 МВт. Аналогичные процессы произошли в сфере обслуживания ВЭС, где издержки сократились на 38%[266].

Инвестиционные вложения в офшорные ВЭС, не имеющих затрат наземных ВЭС на согласование размещения (отчуждение территории до 300

[265] Energy Efficiency & Renewable Energy Databook 2009, US Departament of energy. URL: http://www1.eere.energy.gov / maps_data / docs / eere_databook.xls (дата обращения: 18.11. 2013).
[266]Снизилась себестоимость энергии ветра. URL: http://www.ekopower.ru /snizilas-sebestoimost-energii-vet (дата обращения: 18.01.2014).

м в зависимости от высоты и мощности ВЭС), привлекает крупных инвесторов. Например, офшорный проект Gwynt Mor (160 морских ВЭС, Северный Уэльс, инвестиции два миллиарда фунтов), ставший одним из крупнейших парков ветроэлектростанций, генерирующим электричество для 1/3 домашних хозяйств графства Уэльс.

Приведем цитату из пресс-релиза компании RWE Innogy, осуществившей данный проект не только из-за экономических соображений: «Локальные источники энергии укрепят энергобезопасность, позволят сократить выбросы углекислого газа и защитят нас от непостоянства зарубежных энергетических рынков»[267].

Как видим, в реальной практике подтверждается высказанный ранее тезис о комплексности политических, экологических и экономических преимуществ источников возобновляемой энергии перед невосполняемыми традиционными ресурсами, тем более что при их использовании отсутствуют затраты не только на приобретение ресурса, но и на его логистику и хранение, присущих традиционным генерациям электроэнергии.

Затраты на стадии строительства электростанции, применяющей невозобновляемые ресурсы достаточно велики в общих затратах ТЭС, и они сконцентрированы в коротком промежутке времени по сравнению с ВЭС. Анализ затрат на стадии строительства и затрат на эксплуатационной стадии по видам возобновляемых и невозобновляемых источников представлен в приложении 4.

Дальнейшее развитие офшорной ветроэнергетики шло достаточно динамично. Корпорация GE изготовила в 2015 году в серийном производстве 190 модифицированных ветрогенераторов Haliade-X удельной мощностью 13 МВт для поставки в один из крупнейших в мире и расположенный у берегов Великобритании офшорный ветропарк Dogger Bank (установленная мощность 3,6 ГВт). Показательно, что в его строительстве приняли участие

[267]Gwynty Mor. URL: http://www.rwe.com/web/cms/en/1202906/rwe-innogy/sites/wind-offshore/in-operation/gwynt-y-mr (дата обращения: 21.01.2016).

нефтяные норвежские компании Equinor и SSE. Характерно и то, что изначально в проекте планировалось использовать 300 турбин, но мере его освоения и применения модифицирующих инноваций, удельная мощность поставляемых ветрогенераторов существенно возросла и для выхода на плановые параметры было достаточно 190 турбин. Отметим, что в мае 2020 года единичная мощность ВЭС компании Siemens Gamesa составила 14 МВт (с возможностью увеличения мощности до 15 МВт), которая будет поставляться серийно с 2024 года[268]. Конкуренция в данном секторе такова, что в июле 2021 года китайские производители объявили о реализации проекта ВЭС с мощностью 16 МВт. Предварительная оценка выявленных тенденций развития офшорной ветроэнергетики позволила предположить, что к 2030 году её интегральные установленные мощности превысят 234 ГВт. Отчет экспертов GWEC отмечал ввод в 2019 году 6 ГВт офшорных ветропарков, а в 2020 году, несмотря на сложную эпидемиологическую мировую обстановку, прирост составил в 6,5 ГВт[269] (с достижением установленной мощности 29,3 ГВт). Отметим, что и в данном направлении лидером является Китай, поставивший задачу достигнуть к 2030 году установленной мощности офшорных ветропарков свыше 60 ГВт.

Планы других лидеров офшорной ветроэнергетики также впечатляют: Великобритания выйдет на 40 ГВт установленных мощностей к 2030 году, Соединенные Штаты Америки на 23 ГВт, Федеративная Республика Германии на 20 ГВт. Китай занял позицию лидера офшорной ветроэнергетики в 2019 году, вводя 2,4 ГВт мощностей в год (Великобритания – 1,8 ГВт, ФРГ – 1,1 ГВт). Планируется, что в ближайшее десятилетие данный сегмент ВИЭ сформирует 0,9 миллиона новых

[268] Новые ветряные турбины Haliade-X мощностью 13 МВт будут установлены в крупнейшем морском ветропарке. URL: https://renen.ru/vetryanye-turbiny-moshhnostyu-13-mvt-budut-ustanovleny-v-krupnejshem-morskom-vetroparke (дата обращения: 14.09.2020).
[269] Офшорная ветроэнергетика к 2030 году прибавит 200 ГВт. URL: https://gwec.net/ gwec-offshore – wind – will – surge – to-over-234-gw-by-2030-led-by-asia-pacific (дата обращения: 14.10.2020).

высокотехнологических рабочих мест[270]. Характерен и пример Японии, планирующей довести установленную мощность офшорной ветроэнергетики до 10 ГВт к 2030 году (доля всех видов ВИЭ в энергетическом балансе Японии достигнет 24 процента), создав 30 ветропарков, при стартовой позиции 0,02 ГВт в 2019 году (при текущей доле ВИЭ порядка 17 процентов)[271]. Подводя итоги экономического развития ВЭС отметим, что офшорная ветроэнергетика имеет дополняющий характер наземных ВЭС.

Переходя к сектору выработки электроэнергии на базе солнечной генерации отметим, что здесь наблюдается не меньший приток инноваций, приводящих к уменьшению энергоемкости и ресурсоемкости производства солнечных электростанций. Как известно, солнечные электростанции подразделяются на два вида, работающие по гелиоконцентраторному и фотоэлементному принципу. Первые обеспечивают фокусирование солнечной энергии с помощью системы зеркал в промежуточном носителе энергии и его дальнейшее использование для работы электрогенераторов, вторые - прямое преобразование солнечного света в электрическую энергию.

Динамика ввода установленных мощностей с 1996 года по 2019 год СЭС показана на рисунке 49. Обратим внимание на взрывной рост количества установленной мощности солнечной генерации в последние 15 лет и рассмотрим его ценовые и технологические составляющие. Первое десятилетие периода совокупная мощность СЭС медленно подходила к рубежу в 10 ГВт, но после 2007 года начался мощный экспоненциальный рост, который несколько замедлился после отметки 222 ГВт в 2015 году и приобрел линейный характер с 27% среднегодовым приростом. Определённое время солнечная энергетика находилась в статусе

[270] К 2030 объемы выработки энергии морского ветра вырастут в 8 раз. URL: https://hightech. plus/2020/08/06/k-2030-obemi-virabotki-energii-morskogo-vetra-virastut-v-8-raz (дата обращения: 14.10.2020).

[271] Япония планирует построить 10 ГВт офшорных ветровых электростанций к 2030 году. URL: https://renen.ru/yaponiya-planiruet-postroit-10-gvt-ofshornyh-vetrovyh-elektrostantsij-k-2030-godu (дата обращения: 14.10.2020).

догоняющего относительно ветровой генерации, что привело к притоку инноваций в сегмент СЭС в основном для повышения коэффициента полезного действия генерирующих панелей[272] и минимизации их себестоимости как основного приоритета развития сегмента в целом.

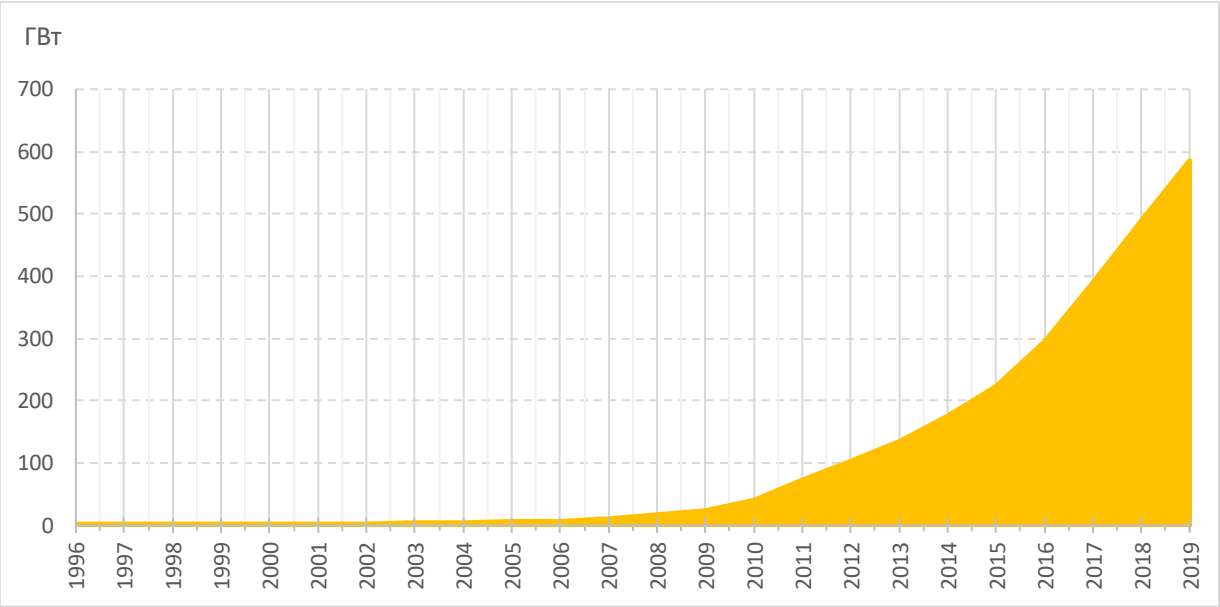


Рис. 49 Установленная мощность преобразователей солнечной энергии по миру. Источник: IRENA, адаптировано автором.

Рассмотрим ряд особенностей достижения данных показателей.

Как известно, при производстве элементов для преобразования солнечной энергии в электрическую необходим кремний. С целью снижения себестоимости производства в 2018 году наряду с совершенствованием компоновки генерирующих элементов были разработаны инновационные технологии резки кремниевых заготовок с применением алмазной проволоки, минимизирующей расход кремния до 4 грамм на 1 ватт вырабатываемой энергии, что на 20% меньше величины удельного расхода кремния в 2015 году. Кроме модифицирующих инноваций для существующих технологий ряд научно-исследовательских работ был направлен на разработку и применение новых наноматериалов, в результате

[272]Безруких П.П. Безруких П.П. (мл.). Состояние и перспективы использования возобновляемых источников энергии в мире // СОК. 2014. № 8. URL: http://www.c-o-k.ru/articles/sostoyanie-i-perspektivy-ispol-zovaniya-vozobnovlyaemyh-istochnikov-energii-v-mire (дата обращения: 20.01.2015).

которых была доказана лабораторная возможность достижения КПД на уровне до 90 процентов для солнечной энергетики[273]. Но в практике массового производства этот показатель значительно меньше.

Если оценивать стоимость электрической энергии 10 лет назад (2011 год), то она была выше стоимости невозобновляемой генерации в 2 – 4 раза в зависимости от объёмов генерации, типа оборудования и географического расположения, то через четыре года данные показатели опустились до 0,5 – 2 раз. Обратим внимание на снижение начальных показателей ценового диапазона солнечной генерации в 4 раза, поскольку это позволило расширить её применение, начиная с 2015 года в странах с не очень большим солнечным потенциалом (рис. 50)[274]. К 2015 году средний срок окупаемости генераторов солнечной энергии, установленных на крыше небольшого дома (60 – 70 квадратных метров) обеспечивал полною автономность домашнего хозяйства и возврат инвестиций за 7 – 8 лет в зависимости от типа панелей, угла наклона крыши и географического расположения дома.

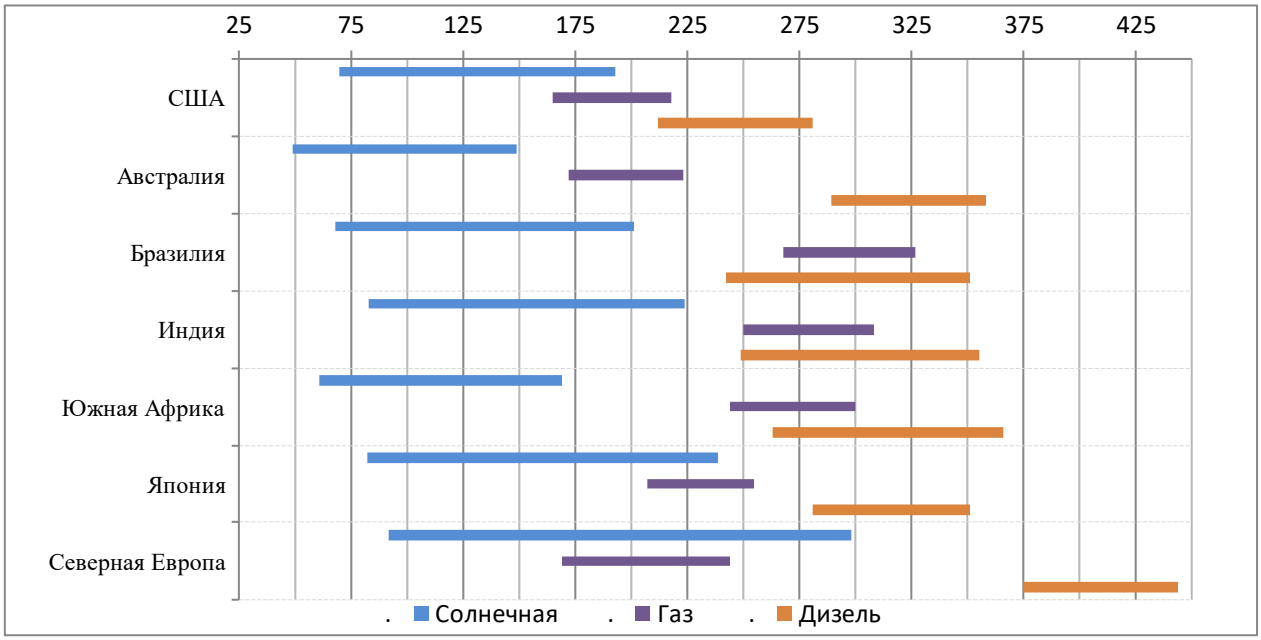


Рис. 50 Сравнительная стоимость видов генерации 1 МВт·ч электрической энергии в 2015 году (долл. США). Источник: Lazard's levelized cost of energy analysis. Адаптировано автором.

[273] Новый материал позволит преобразовывать в тепло 90% получаемой солнечной энергии. URL: http: // neftegaz.ru/news/view/132145 (дата обращения: 22.02.2016).
[274] Lazard's levelised cost of energy analysis - version 9.0, Lazard 2015. P.5.

В конце 2021 года производители начали продажи составной черепицы из небольших солнечных батарей, позволяющих смонтировать их в качестве крыши в три раза быстрее обычной конструкции и сроком окупаемости не превышающем 5 лет, причем данная конструкция СЭС поставляется с элементами накопления и управления произведенной электроэнергии.

Безусловно, триумфальное вовлечение домашних хозяйств в массовую генерацию электрической энергии на базе солнечного тепла домашних хозяйств было бы невозможно без энтузиастов[275], таких как экс-глава министерства энергетики Великобритании М.Викс, который обеспечил применение ряда мер институциональной поддержки СЭС для частных производителей, рассчитав темп замещения к 2050 году солнечной энергией до 40 процентов в доли национального энергобаланса генерации электроэнергии. Среди оригинальных мер институциональной поддержки отметим введение М.Виксом стимулирующих сертификатов (100 фунтов), объясняя их возможность налогоплательщикам отсутствием расходов на доставку электроэнергии до домохозяйств, использующих солнечную генерацию.

Отметим, что и в данном секторе произошло опережение сделанных прогнозов по снижению стоимости солнечной генерации к 2025 году до ценового диапазона в 4 - 6 цента/кВт·ч к 2025 году и 2 – 4 цента/кВт·ч к 2050 году. Как уже упоминалось, развитие технологий шло настолько быстро, и солнечная генерация предоставила электроэнергию по цене 1,5 цента за кВт·ч уже в 2019 году. Этот показатель по-прежнему не являлся пределом.

В результате проведенного конкурсного отбора в Португалии в 2020 году на создание 0,7 ГВт мощностей солнечной генерации, сопряженной с системой накопления энергии, стоимость генерации по итогам конкурсного отбора достигла 1,1 евроцента за кВт·ч, что улучшило экономический отраслевой рекорд, достигнутый ранее Объединенными Арабскими

[275]Бучнев А.О. Перспективы и преимущества инновационного развития возобновляемой энергетики как элемента парадигмы новой экономики. Москва : Антарес, 2020. С.127.

Эмиратами. Важно отметить, что определенную роль в стимулировании подобного рода конкурсных отборов и привлечения новых инвесторов имеет схема Guaranteed remuneration (гарантированного вознаграждения)[276].

Подчеркнём интернациональность победителей конкурса в подтверждение тезиса способствования ВИЭ повышению степени межстранового доверия: Hanwha Q Cells (Южная Корея), Iberdrola, Endesa, Audax и Enerland (Италия) и Tag Energy (Франция).

Министр по защите окружающей среды Португалии Ж.Фернандес, говоря о новом ценовом достижении, отметил прозрачность тендерной процедуры и способность страны производить 4/5 энергии посредством ВИЭ, а также тот факт, что «аукционы показывают… положительный способ получения выгоды для потребителей».

Позитивно, что в области солнечной генерации произошел очередной инновационный технологический рывок в совершенствовании тандемных элементов[277] на основе перовскита и кремния.

Ячейки солнечной панели нового образца, настроенные на различные изменения солнечного спектра в зависимости от времени суток, природного сезона и территориального размещения, позволили достигнуть коэффициента полезного действия на уровне 33%, что в полтора раза превысило текущий показатель и уже позволило немецким предприятиям в составе научно-производственного консорциума[278] (Институт исследований солнечной энергии Хамелин, Технологический институт Карлсруэ, Институт материалов и компонентов в электронике Ганноверского университета и прочих производителей) заявить о широком распространении новой инновации к концу 2021 года. Ожидается начало серийного производства

[276] В Португалии установлен «мировой рекорд» в стоимости солнечной энергии – 11,14 евро за МВт·ч. URL: https://renen.ru/v-portugalii-ustanovlen-mirovoj-rekord-v-solnechnoj-energetike-11-14-evro-za-mvt-ch (дата обращения: 01.10.20).
[277] Прорыв в солнечной энергетике: в Германии разработаны панели с КПД 33%. URL: https:// hightech.plus/2020/08/26/proriv-v-solnechnoi - energetike - razrabotani - paneli-s-kpd-33 (дата обращения: 15.10.2020).
[278] PV Magazine. URL: https://www.pv-magazine.com (дата обращения: 15.10. 2020).

тандемных элементов СЭС с затратами, не превышающими 0,04 евро на 1 кВт·ч.

Если в 2013 году установленная мощность СЭС была в 2,4 раза ниже мощность ВЭС, то к 2019 году этот разрыв сократился до 15%. За этот временной период было введено порядка 450 ГВт генерирующих мощностей СЭС, в то время как ветровая энергетика прибавила около 304 ГВт мощностей.

Как было отмечено ранее, для изготовления фотоэлектрических ячеек солнечных панелей, а также полупроводников необходим металлический кремний как исходное сырье, подвергаемое впоследствии дополнительной очистке. Благодаря простой, но энергоемкой технологии производства с 2003 года не было причин для всплесков в ценообразовании этого товара, особенно с учетом концентрации производств в КНР, где был обеспечен продолжительный рост предложения энергии в целом.

Однако, трансформация энергетической политики этой страны в целях построения углеродно-нейтральной экономики к 2060 году привела не только к ограничению использования ископаемого топлива, но и ужесточению требований энергоэффективности[279]. В отношении производств металлического кремния это выразилось в директивном снижении его производства на 90% во второй половине прошлого года. Стоит заметить, что этому предшествовало заявление США о поиске альтернативных китайским поставщиков комплектующих солнечных панелей, а также неблагоприятные для гидроэнергетики климатические условия в провинции Юньнань, упомянутые ранее.

По совокупности факторов цена на металлический кремний на мировом рынке возросла более чем в три раза, что не замедлило сказаться на стоимости солнечных панелей, подорожавших почти на 15%. Фактически это

[279] Solar power may be the next victim of China’s coal shortage. URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-09-29/china-slashes-silicon-output-signaling-higher-solar-panel-costs (дата обращения 20.01.2022).

первое увеличение стоимости в расчете на 1 Вт установленной мощности с 2014 года, поскольку планомерное увеличение эффективности и объемов производства солнечных панелей позволяло поддерживать отрицательный тренд их стоимости.

Таким образом, благодаря опережающим темпам роста, генерация на базе солнечной энергии не только сравняется с ветровой, но продолжит сравнительно большее наращивание мощности в среднесрочной перспективе.

SolarPower Europe отмечает, что ввод в эксплуатацию, несмотря на сложную эпидемиологическую ситуацию 2020 года, составил 112 ГВт электростанций на базе солнечной генерации, что соизмеримо с данными 2019 года (116,9 ГВт) и ожидает рост установленных мощностей солнечной энергетики в объеме 150 ГВт в течении 2021 года, с постепенным увеличением ввода мировых мощностей к 2024 году в объёме 200 ГВт с достижением установленной мощность солнечной энергетики 1448 ГВт[280].

Как упоминалось выше, с учетом введенных мощностей генераторов возобновляемой энергии установленная интегральная мощность всех видов ВИЭ превысила знаковый порог в 2,5 ТВт к концу 2019 года[281].

Возвращаясь к теме ценовой конкуренции между различными видами возобновляемой энергии и предпочтений инвесторов, отметим, что к концу 2020 года выработка энергии на базе солнечной энергии обогнала по темпам роста ветровую энергию, достигнув 650 ГВт установленных мощностей, в то время как суммарная мощность ветрогенераторов составила 645 ГВт.

Интерес инвесторов и национальных экономик к ВИЭ настолько велик, что более шестидесяти процентов введенных мощностей в мировой энергетике пришлось на эти два возобновляемых источника.

---

[280] SolarPower.Europe. URL: https://www.solarpowereurope.org/global-market-outlook-2020-2024 (дата обращения: 17.07.2020).

[281] Солнце обгоняет ветер. URL: https://eenergy.media/2020/09/10/solntse-obgonyaet -veter-v-energetike (дата обращения:14.10.2020).

В таблице 18 можно увидеть установленную мощность в 2020 году по основным сегментам энергетики. Можно ожидать, что совокупная установленная мощность ВИЭ в следующие 10 лет превзойдет показатель ТИЭ.

Таблица 18 Установленные мощности ключевых источников возобновляемой и невозобновляемой энергии, 2020 год.

Вид энергии	Сегмент энергетики	Установленная мощность, ГВт
невозобновляемая	угольная генерация	2100
	газовая генерация	1810
возобновляемая	гидрогенерация	1160
	солнечная генерация	650
	ветровая генерация	645

Источник: МЭА.

Переходя к исследованию тенденций развития сектора биоэнергии, отметим, что в течении долгого периода времени подчеркивалась его универсальность среди других видов ВИЭ, в том числе в связи с отсутствием суточных и сезонных колебаний выработки электрической энергии (свойственных ВЭС и СЭС из-за непостоянства энергии ветра и солнца, однако теперь, в связи с развитием сектора хранения, накопления и управления энергией, данное преимущество теряет свое первоначальное значение).

Исходным сырьём для сектора биоэнергетики, как уже упоминалось выше при классификации современных ВИЭ, служат отходы лесопереработки, особенно отходы от обработки деревьев с повышенным энергетическим эквивалентом, а также специально произведенные древесные пеллеты из переработанных опилок.

Сельскохозяйственная отрасль также производит для сектора биоэнергии сырье в виде растительных культур и органических отходов. Поэтому сектор биоэнергетики не имеет зависимости от природных и климатических составляющих его производства (за исключением природных катаклизмов, влияющих на сельскохозяйственное производство) стабильно

производит не только электрическую энергию, но и тепловую энергию, кроме этого, сектор биоэнергетики нацелен на производство экологичного топлива для автотранспорта (рассмотренное на примере Бразилии выше).

Тем не менее, исходное сырьё для сектора биоэнергии позволяет осуществить его хранение, транспортировку и распределение по небольшим биогенераторам, именно к данному сектору в ряде стран Европейского Союза, например в Германии, формируется подход как резервному возобновляемому источнику или дополнительной надежностной составляющей гибридных энергетических установок на базе ВИЭ[282].

Одной из мер институциональной поддержки сектора биоэнергии применяются стимулирующие меры для создания резервных мощностей обеспечения подачи энергии в пиковый период специальными тарифами, покрывающих до 50 % времени простоя.

В Европейском Союзе наибольшее количество предприятий биоэнергетического сектора находится в Германии, в том числе применяющих способ анаэробного вываривания для получения биогаза. Переделка и соответствующая модернизация старых угольных электростанций к применению биомассы в качестве нового экологически чистого источника существенно снизили затраты на стадии строительства и повлияли на сохранение рабочих локальных мест. Однако территориальная возможность подобной модернизации зависела от логистических затрат доставки сырья, которые наиболее оптимальны в радиусе порядка 110 - 120 километров от биогенератора и увеличение которых уменьшало бы конкурентоспособность вырабатываемой энергии. Поэтому 9/10 генерации немецкой биоэнергии формировалось на основе применения зерновых культур в качестве первичного источника, а максимальная мощность не превышала 20 МВт, что сегодня соизмеримо с использованием одного мощного ветрогенератора (16 МВт на 2021 год).

[282] Бучнев А.О. Целевое государственное регулирование соотношения возобновляемой и невозобновляемой энергии // Государственная служба. 2018. № 3. С. 40.

Существенная минимизация стоимости оборудования в секторе биоэнергии произошла в 2006 году когда в два раза по отношению к 2003 году понизилась его стоимость (2 тысячи евро/кВт), в последующие годы данная тенденция продолжилась с интенсивностью снижения от 5 до 7% в год[283]. Как было показано выше, при изучении мер стимулирования в Европейском Союзе сектора биоэнергии, одновременное прекращение использование субсидий (в начале 1980-х максимальный уровень помощи и его снижение в 3 раза к началу 2013 года) на продукцию предприятий сельского хозяйства совместно с применением штрафных санкций за загрязнение грунтовых вод нитратами ускорило развитие сектора биоэнергии[284].

Ко всему сказанному добавим, что Германия в принципе поощряет увеличение территорий фермерами, использующих земли для производства сырья, направляемого в сектор биоэнергетики.

Если в 2010 году площадь земель под задачи сектора биоэнергии составляла полмиллиона гектаров, то к 2017 году производство немецкого биогаза составило 2/3 доли от всего вырабатываемого биогаза странами Европейского Союза за счет увеличения площади до 2,9 миллионов гектаров и роста урожайности с гектара биоэнергетических культур.

За период, прошедший с 2009 года по 2013 год инвестиции в создание и укрепления сектора биоэнергетических производств (включая гибридные установки биогенераторов совместно с ВЭС и/или СЭС) составили 20 миллиардов евро.

Важно отметить, что 75 процентов от общей установленной мощности упомянутого выше немецкого сектора биоэнергетики находится либо в частной, либо коллективной собственности фермеров, что подчеркивает

---

[283] Weiland P. Impact of competition claims for food and energy on German biogas production. IEA Bioenergy Seminar, Ludlow, UK. 2008. P. 7.

[284] Maraseni T., Maroulis J. Piggery: from environmental pollution to a climate change solution, J Environ Sci Health, Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes 43. 2008. P.361.

институциональную важность для Германии такого уникального явления как появление и рост социальной прослойки просьюмеров.

Вовлеченность широких слоев немецкого среднего класса не только среди фермеров в создание углеродно-нейтральной экономики находит поддержку на всех уровнях государственной власти ФРГ как ключевого вопроса обеспечения устойчивого развития немецкого общества и экономики в целом.

Все большое количество частных инвесторов ЕС, участвуя в стимулирующих процессах формирования автономной локальной инфраструктуры, получают достаточную прибыль не только от ускорения сроков окупаемости проектов ВИЭ, но и от реализации избытков генерируемой энергии, способствуя повышению собственного уровня жизни и надёжности энергообеспечения территории их проживания.

Отметим, что не только опыт создания и стимулирования класса просьюмеров был бы полезен к масштабированию в российских условиях, но и активизация применения практики КЖЦ[285] (контракт жизненного цикла), особенно в условиях начального этапа запуска масштабных программ ВИЭ, когда затраты на стадии строительства еще достаточно высоки, а затраты на стадии эксплуатации и в завершении срока годности оборудования на его утилизацию распределяются на весь жизненный цикл (ЖЦ).

Например, контракт типа «строй – владей – эксплуатируй» BOO (Build - Ownand - Operate), укладывающийся в философию КЖЦ: покупка и монтаж оборудования, эксплуатация и техническое обслуживание на полном периоде его использования, утилизация по завершении эксплуатации, что кстати нашло отражение и в отечественной правоприменительной практике[286], но не

[285]Margolin A. M. Long-term liabilities. How to determine the effectiveness of the contract’s lifecycle. Information and analytical publication Bulletin operational data Moscow trading. 1,2014. P.49.

[286] Федеральный закон Российской Федерации от 5 апреля 2013 г. N 44-ФЗ "О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд" (статья 34, п. 16).

получило должного массового распространения при реализации проектов отечественной возобновляемой энергетики.

Рассмотрим применение КЖЦ на примере бюджетного проекта биоэнергетической генерации 2016 года реализации затраты которого на стадии строительства превышали в 1,5 аналогичные затраты проекта газовой генерации электроэнергии.

Приобретение государственной структурой электрической энергии при контракте КЖЦ в ценах 2015 года по 95 долл. / МВт, вырабатываемой биоэнергетическим предприятием и по 165 долл. / МВт, вырабатываемой с использованием невозобновляемого газового топлива на периоде ЖЦ, несмотря превышающие капитальные затраты в биоэнергию, суммарные дисконтированные затраты на восьмом году эксплуатации оказались ниже, чем в втором проекте (таблица 19).

Сектор биоэнергии позволяет производить топливо не только для автотранспорта, но и для авиации, что важно для удаленных фермерских хозяйств с учетом высокой стоимости доставки иных видов топлива, в также вырабатывать тепловую энергию для обеспечения отопления зданий и сооружений.

Возвращаясь к необходимости своевременного применения процедур оценки регулирующих воздействий[287], приведем в пример изменение лимита мощности биогазовых установок с 20 МВт до 100 МВт в 2015 году что, во-первых, привело к увеличению установленной мощности немецкого биосектора, а во-вторых, существенно снизило себестоимость производимой энергии, оптимизировав соотношение единицы мощности биоэнергии к влиянию на экологическую ситуацию. Биогазовые предприятия формируют минимальное экологическое воздействие по сравнению с невозобновляемой энергетикой. В 2015 году, замещая традиционную энергетику, немецкий

[287]Марголин А.М., Бучнев О.А. Правотворческая деятельность: оценка регулирующего воздействия // Проблемы теории и практики управления. 2014. № 1. С.14.

биоэнергетический сектор минимизировал выбросы углекислого газа на две трети по отношению к предыдущему году[288].

Таблица 19 Сравнительные дисконтированные затраты в различных проектах генерации электроэнергии.

Периоды контракта жизненного цикла	**Проект биоэнергии**		**Проект газовой генерации**	
	Затраты проекта	Дисконтированные суммарные затраты	Затраты проекта	Дисконтированные суммарные затраты
Капитальные затраты	1500	1500	1000	1000
Расходы на поставляемую электрическую энергию в 1 год эксплуатации	95	1587,88	165	1152,63
Расходы на поставляемую электрическую энергию во 2 год эксплуатации	95	1672,43	165	1305,25
Расходы на поставляемую электрическую энергию в 3 год эксплуатации	95	1756,98	165	1457,88
Расходы на поставляемую электрическую энергию в 4 год эксплуатации	95	1841,53	165	1610,50
Расходы на поставляемую электрическую энергию в 5 год эксплуатации	95	1926,08	165	1763,13
Расходы на поставляемую электрическую энергию в 6 год эксплуатации	95	2010,63	165	1915,75
Расходы на поставляемую электрическую энергию в 7 год эксплуатации	95	2095,18	165	2068,38
Расходы на поставляемую электрическую энергию в 8 год эксплуатации	95	**2179,73**	165	**2221,00**

Источник: Lazard's levelized cost of energy analysis и расчёты автора.

[288] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, BMEL. URL: https://www.bmel.de (дата обращения: 28.07.2018).

В среднесрочном периоде ФРГ планирует рассмотреть увеличение единичной мощности биопредприятий до 200 МВт для чего оценивается возможность использование иных технологических культур, например, ряд свекольных сортов в комбинации с отходами животноводческих крупных фермерских хозяйств. Оценивая перспективы развития биоэнергетического сектора в сельском хозяйстве, профильный министр ФРГ К. Шмидт отметил, что биоэнергия «слишком важна, чтобы ее бросать на алтарь краткосрочных трендов», тем более что сектор немецкой биоэнергетики формирует свыше 130 тысяч рабочих мест.

В качестве дополнительных сопутствующих рисков для экспортеров невозобновляемого природного газа, упомянутых ранее, добавим, что 135 предприятий биоэнергетического сектора производят биометан объёмом 0,7 миллиардов кубических метров в год, причём разрешенного для использования в трубопроводных газовых магистралях.

Суммируем оптимальность экономического и экологического применения сектора биоэнергетики как в локальных условиях удаленных регионов в силу универсальности производимых видов энергии (электричество, тепловая энергия, два вида топлива), так и в целом, минимизации нитратного загрязнения почвы, укрепление локальной экономики налоговыми поступлениями плюс сэкономленные существенные средства на создание инфраструктуры[289].

Завершая исследование основных тенденций развития сектора биоэнергии в мире, подчеркнем распространение не только немецких, но и китайских технологий, которые к 2030 году, обладая потенциалом доступной к использованию в секторе биоэнергетики биомассы, могут достигнуть выработки эквивалента энергии, соизмеримого с текущими годовыми

[289] Бучнев А.О. Особенности управления сектором биоэнергетики как универсального возобновляемого источника. Международная практическая конференция «Современный мегаполис: формирование зеленой экономики». Москва – 2019. С. 110.

энергетическими потребностями КНР[290]. Например, в Сьего-де-Авила на Кубе реализован проект биоэлектростанции, на основе китайских инновационных технологий. Но и германские инвестиции в объёме 70 миллионов евро успешно конкурируют с китайскими инвестициями на Кубе (провинц. Сьенфуэгос), обеспечивая создание биогазового завода, генерирующего тепло- и электроэнергию для 30 тысяч домохозяйств из отходов сахарного тростника (в сезон его сбора, в остальное время специфического сорняка - кустарника марабу), с нулевым выбросом углекислого газа[291]. Куба планирует довести долю ВИЭ до ¼ в производстве электроэнергии причем 66% обеспечит биоэнергетический сектор.

В странах, имеющих достаточно большие сектора сельского хозяйства, биоэнергия становится дополнительным источником благосостояния, например в Мексике биоэнергетика обеспечивает фермерам 9 миллиардов долларов США дохода, а возрастающий финансовый потенциал сбережения денежных средств мексиканских ВИЭ сохранит в национальной экономике 95,5 миллиардов долларов США к 2030 году[292].

По данным 2018 года мировое производство биотоплива увеличилось на 11,1%[293] по отношению к предыдущему периоду. 2019 год отметился вводом в эксплуатацию комбинированных биогазовых установок с повышенной производительностью, например в Верблеке, (Нижняя Саксония, ФРГ), компания ETW Energietechnik добавила к проекту биогазового генератора (2 МВт электроэнергии, 2,3 МВт тепловой энергии) комбинированный резервуар для хранения газа и тепла.

Данный проект представляет интерес для настоящего исследования тем фактом, что владелец биогазовой установки модернизируя её в течение

---

[290] Бучнев А.О. Стимулирование использования биомассы как универсального источника возобновляемой энергии на уровне государственных стратегий // Международный научный журнал. 2019. № 2. С.45.
[291] LAWI Engineering. URL: https://www.lawipower.com (дата обращения: 22.07.2018).
[292] The International Renewable Energy Agency. URL: https://www.irena.org (дата обращения: 18.07.2018).
[293] Oil World. URL: https://www.worldoil.com (дата обращения: 19.09.2018).

двадцатилетнего срока и прошел все стадии институционального становления сектора биоэнергии. До последней модернизации проект обеспечивал утилизацию отходов кукурузы, собираемых с 230 га, включая переработку всех видов отходов фермерского хозяйства и производил порядка 5,4 ГВт·ч в год электроэнергии и 4,1 ГВт·ч в год тепловой энергии. После модернизации установка улучшила эти показатели до 5,7 и 5,8 ГВт·ч в год, соответственно, реализуя излишки электроэнергии в региональную электросеть, тепловую - для отопления муниципальных зданий. Важно, что за обеспечение резервных мощностей, способных реагировать на пиковую потребность в данных видах энергии, владелец получает дополнительную премию 40 евро за каждый резервный кВт по договору с муниципальными властями на определенный период (5 лет) с последующей пролонгацией по тендерной процедуре.

Проведенная модернизация биогазовой установки позволяет извлекать владельцу дополнительную прибыль, одновременно гарантируя объектам локальной экономики своевременное оптимальное обеспечение необходимой энергией[294].

Завершая обзор прошедшего десятилетия перехода к ВИЭ еще раз отметим, что за данный срок было введено в строй 2,37 ТВт мощностей генерации электроэнергии, из них прирост солнечной генерации составил 638 ГВт, угольной генерации 529 ГВт, ветровой генерации 487 ГВт, газовой генерации 438 ГВт. Это подчеркивает тот факт, что мировое сообщество определило своим приоритетом переходного развития к углеродно-нейтральной экономике выработку энергии на базе возобновляемой энергетики, построив на 158 ГВт мощностей больше, чем за этот же период времени в углеродной энергетике[295]. Этому способствовал, как было

[294] Германская Flex operation адаптирует биогазовую установку для нужд фермеров. URL: http://energyland.info/news-show-tek-alternate-200908 (дата обращения: 30.07.20).
[295] A Decade renewable energy investment led solar, tops usd 25 trillion. URL: https://www.unenvironment.org/news-and-stories/press-release/decade-renewable-energy-investment-led-solar-tops-usd-25-trillion (дата обращения: 20.05.20).

показано в настоящем параграфе, существенный рост конкурентоспособности возобновляемых источников энергии и тот факт, что усредненная себестоимость электроэнергии уменьшилась за указанный период на 83% для генерации посредством солнца и на 48% для генерации посредством наземных ВЭС.

Подобных снижений в углеродной генерации отмечено не было.

Соответственно прямой макроэкономический эффект от применения ВИЭ для потребителей может быть определён из следующих соображений.

В структуре цены различных производств стоимость электрической энергии составляет от 3% до 65% и её планомерное снижение вызывает три последующих положительных процесса, либо увеличение прибыли от конкретного производства, которую можно направить в дальнейшее развитие бизнеса, либо в увеличение фонда заработной платы персонала, либо в снижение отпускной цены изделий производства, формула 5, что положительно скажется не только на его конкурентоспособности, но и приведёт к оживлению покупательской способности конкретного сегмента рынка.

$$Ц_{ОС} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(k_1 ЦИМ_i + k_2 ФОТ_i + k_3 ЦЭ_i + k_4 ЦИИ_i + k_5 ПР_i)}{n} \qquad (5)$$

$Ц_{им}$ – цена на приобретаемые материалы и комплектующие;
ФОТ – фонд оплаты труда с отчислениями;
$Ц_э$ – цена на приобретаемую электроэнергию;
$Ц_{ии}$ – цена иных источников энергии;
Пр – прочие расходы, включая административные;
n – количество производителей в отраслевом сегменте рынка;
k – удельный вес составляющей цены конкретного производителя;
$Ц_{ОС}$ – сложившаяся цена на товар отраслевого сегмента рынка.

Отметим, что в формуле 5 должно выполняться равенство, определенное формулой 6.

$$К_1 + К_2 + К_3 + К_4 + К_5 = 1 \qquad (6)$$

Таким образом, переход на возобновляемую энергию, стоимость которой постепенно снижается и становится существенно ниже невозобновляемой, приведет к определённой выгоде как для производителя, так и для покупателя, если производитель уменьшит цену на свой товар, не меняя других показателей составляющих цены.

Если же социально ответственный производитель, соответствующий критериям ESG, равномерно распределит экономию от приобретаемой энергии между такими показателями как ФОТ и норма прибыли, то экономический эффект от роста заработанной платы будет способствовать росту платежеспособного спроса в национальной экономике, а реинвестирование прибыли вызовет расширение производства и соответственно увеличение дополнительных рабочих мест. Отметим также, что при решении производителя перейти на собственную возобновляемую генерацию $К_З$ будет исключён из формулы 5, поскольку станет равным нулю.

В секторе частного потребления электроэнергии макроэкономический эффект не менее очевиден: минимизация стоимости электрической энергии снижает расходы домохозяйств, повышая уровень жизни населения.

На более всесторонних положительных последствиях макроэкономического эффекта, формируемого активном применением ВИЭ – создании новых подотраслей и производств, укреплении упоминаемого института просьюмеров и улучшением экологической обстановки – подробнее в последующих параграфах настоящей главы. Кроме этого, при разработке структуры концепции инновационного сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергетики в условиях перехода к низкоуглеродной энергетике в четвертой главе рассчитаем макроэкономический эффект для национальной экономики в целом, возникающий при массовом использовании ВИЭ с постепенной локализацией генерирующего оборудования для Российской Федерации.

Завершая параграф, отметим и финансовый интерес мирового сообщества к закреплению на рынке финансовых инструментов Green Bonds,

целью которых стала поддержка проектов ВИЭ, объём которых составил 163 миллиардов долларов США в 2018 году, что в 1,6 раза превысило результаты предыдущего года. По итогам 2020 года их объём ожидается на уровне 235 миллиардов долларов США. Таким образом, созданная институциональная среда активного развития возобновляемой энергетики, постепенно минимизируя необходимость государственной субсидиарной политики, обеспечила экономическую привлекательность и инвестиционную целесообразность активного массового перехода к возобновляемой энергии, в целях построения низкоуглеродной, а в дальнейшем, и углеродно-нейтральной экономики.

Перейдем к исследованию перспективных инновационных направлений развития, сопряженных с возобновляемой энергетикой, формирующих собственный макроэкономический эффект для национальных экономик и постепенно нивелирующих недостатки сезонной и суточной выработки энергии посредством ВИЭ и, как следствие, способствующих становлению и развитию качественно новой комплексной универсальной системы управления возобновляемой генерацией в условиях перехода к углеродно-нейтральной энергетике.

3.2. Инновационные технологии обеспечения хранения, управления и распределения возобновляемой энергии, и их влияние на социально-экономическое развитие.

Как отмечалось выше, созданные институциональные условия активного становления ВИЭ простимулировали не только развитие многочисленных производств генераторов различных видов возобновляемой энергии, создавших соответствующие рабочие места, сформировавших дополнительные налоговые отчисления в различные уровни бюджета, но и способствовали развитию новых подотраслей национальных экономик и соответствующих сегментов рынка.

Кроме загрузки сопряженных с ВИЭ машиностроительных отраслей возобновляемая энергия потребовала создания и активного инновационного развития рынка хранения и накопления энергии, а немного позже способствовала созданию систем цифрового управления и распределения энергии, в том числе и невозобновляемой, что содействовало совершенствованию эффективного баланса развития всех видов энергий.

Благодаря колоссальным инвестициям и, как следствие, множеству модифицирующих инноваций, рынок средств генерации электрической энергии на базе ВИЭ развивался галопирующими темпами.

Например, уже в 2019 году уже было несколько случаев, когда предложение «зеленой» электроэнергии Германии полностью обеспечивало спрос энергетики страны, но условно-предсказуемая нестабильность выработки по-прежнему остается одной из ключевых проблем сектора ВИЭ.

В связи с этим, всё большее число инвесторов привлекает рынок систем хранения энергии (СХЭ), развитие которого показывает востребованность данной технологии для нивелирования сезонной и суточной неравномерности выработки энергии посредством возобновляемой энергии, в основном от ВЭС и СЭС.

СХЭ позволяют не только выровнять потребление электроэнергии, но и усреднить её стоимость для конечного потребителя, совмещая решение

технологической и экономической задачи, а с течением времени и развитием технологий сформировать своему владельцу и дополнительный источник денежных поступлений.

Сформировался и укрепился тезис о повышенной надежности СХЭ не только для автономных энергетических объектов на базе ВИЭ, но и крупных сетевых узлов, в том числе как компенсационного механизма суточной нестабильности выработки энергии и управления пиковой нагрузкой при продолжающемся процессе постепенного снижения доли невозобновляемой ископаемой энергии[296].

В общем виде принцип работы СХЭ заключается в накоплении энергии в период её избыточного предложения (генерации) или недостаточного спроса (потребления) для возвращения в энергетическую систему при недостаточном предложении (выработки) или избыточном пиковом спросе.

Безусловно, в зависимости использования от конкретной технологии хранения энергии возникают её потери, в том числе необходимые для функционирования самой системы, но экономическая и энергетическая целесообразность была понятна еще до эпохи массового применения ВИЭ.

Ранее уже упоминались гидроаккумулирующие станции как пример сохранения рабочих мест в процессе ликвидации объектов угольной отрасли, в контексте настоящего параграфа вернёмся к их исторической значимости для понимания институциональных стимулов становления нового сегмента энергетики и экономики.

Фактически, это один из самых ранних типов СХЭ, где в качестве накопителя служит некий, не обязательно природный резервуар, в который принудительно нагнетается вода в период невостребованности возобновляемой (есть примеры и невозобновляемой) энергии для последующего её извлечения в пиковый период по принципу падающей воды как на традиционной гидроэлектростанции.

---

[296] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. URL: ise.fraunhofer.de (дата обращения: 25.03.20).

Если на первом этапе развития систем хранения подобные аккумулирующие гидроэлектростанции использовались преимущественно ночью (традиционное время низкого спроса на электроэнергию), то с вводом мощностей ВИЭ, достаточных для влияния на баланс малых и крупных энергетических систем, данные СХЭ позволили более гибко, нежели по ночному расписанию выравнивать уровень потребления электрической энергии.

В Германии уже несколько десятилетий используются гидроаккумулирующие станции и важно отметить, что одна из крупнейших в ЕС - Goldisthal (мощность 1,06 ГВт, построена в 2004 г.) находится также в этой стране, но, в силу ограниченной возможности строительства новых станций, принято наднациональное решение по развитию данного типа СХЭ в Швейцарии и Норвегии для хранения и использования энергии, выработанной на базе немецких ВИЭ.

ФРГ и Норвегия подписали соглашение о строительстве межстрановой энергопередающей линии мощностью в 1,4 ГВт для передачи хранимой энергии[297], что говорит о формировании межправительственных основ межрегионального рынка хранения и накопления энергии.

Возвращаясь к теме потерь, необходимо отметить, что гидроаккумулирующие станции имеют два технологических процесса, которые их обусловливают. Во-первых, это затраты насосного оборудования для наполнения резервуара, а во-вторых – соответствующий КПД при генерации.

Конечно, современные технологии повысили технологическую эффективность, но лучшим показателем в этом отношении обладают СХЭ аккумуляторного типа.

[297] TenneT to Break Ground for NordLink Mid-September. URL: https://gisprofi.com /gd/documents/nachato-stroitelstvo-elektricheskogo-soedineniya-moshchnostyu-1-4-gvtmezhd. html (дата обращения: 30.02.2018).

Существует достаточно типов аккумуляторов (литий-ионный – самый распространенный), но все они обладают ключевым отличием от прочих видов СХЭ – способностью прямого накопления электрической энергии. К числу их основных достоинств так же следует отнести отличную скорость работы, масштабируемость и отсутствие специальных требований к ландшафту. Неудивительно, что аккумуляторы используются повсеместно даже при наличии ряда недостатков, требующих поиска новых технических решений, среди которых долгое время зарядки (данный параметр постепенно улучшается, особенно для сегмента электромобилей), крайне низкая, но существующая вероятность самовозгорания, а также снижение ёмкости аккумулятора при низких температурах.

Определенные инновационные перспективы появились у аккумуляторов литий-полимерного типа, где в качестве электролита применяется твердая субстанция. Пионерный инновационный прорыв произошел благодаря компании Ionic Materials получившей твердый полимер, генерирующий ионы при обычном температурном режиме, что важно для исключения случаев самовозгорания, с существенно меньшими удельными затратами при его производстве[298].

Тем не менее, есть определенные ресурсные ограничения при его массовом производстве.

Редкоземельные металлы, применяемые при производстве литий-ионных и ряда других типов аккумуляторов, используются и в других областях. Отметим, что используемые также кобальт и литий имеют высокую востребованность промышленностью, которая непрерывно возрастает, ожидается, что за 5 лет спрос на них увеличиться втрое как для изготовления СХЭ, так и для производства электрического транспорта, о

[298] A Better, Safer Battery Could Be Coming to a Laptop Near You. URL: https://www.nytimes.com/2017/08/01/technology/alkaline-batteries-replace-lithium-ion.html (дата обращения: 30.11.2019).

быстрорастущем рынке которого упоминалось выше при исследовании особенностей развития ВИЭ в КНР.

Предельный прогноз предполагает десятикратный рост спроса на кобальт и литий, по данным МЭА (Международного энергетического агентства) на ближайшем десятилетнем периоде. Подчеркнём, что востребованность в кобальте формировалась на протяжение долгого времени как стратегического товара, существенного для различного рода производств, в отличие от лития, необходимость в котором появилась сравнительно недавно.

Скажем, национальные производства США как ведущей экономики мира значительно зависят от объёмов его импорта (кроме него по данным Минэнерго США промышленность зависит от импорта сорока видов металлов и минералов, включая производство СХЭ).

Китайская Народная Республика, лидирующая в развитии возобновляемой энергетики, экспортирует в Соединенные Штаты Америки десятки стратегически важных металлов, несмотря на существенную собственную потребность.

Понятно, что в условиях обострившейся торговой конфронтации, происходящей между США и КНР любое проявление дефицита редкоземельных металлов в условиях возрастающего производства СХЭ и электромобилей на китайском рынке, существенно ограничат их импорт в любой момент времени. Фактически, упомянутые ранее внутренние директивные ограничения использования энергии в КНР (повлиявшие на рынок металлического кремния) наглядно демонстрируют реализацию данной возможности на примере весьма доступного сырья, производство которого сконцентрировалось в силу преимущественно рыночных факторов, а не распределения ископаемый ресурсов.

Второй мировой поставщик, Республика Конго, контролирует 75 процентов мировой добычи кобальта, который необходим при производстве

катода литий-ионного аккумулятора, составляющий при современных технологиях 25 процентов от стоимости аккумулятора[299].

Ряд проведенных исследований показали перспективную возможность использования сплава никеля и марганца вместо кобальта в ряде технологических решений.

Крупные автомобильные концерны, постепенно переходящие на производство электромобилей с учетом возрастающего дефицита и стоимости лития и кобальта (рост стоимости тонны кобальта в 3 раза в 2018 году), сосредотачивают усилия на повышении контроля над их добычей, что важно с учетом прохождения пика продаж традиционных автомобилей с двигателем внутреннего сгорания (по данным Financial Times в 2018 году)[300].

Конкурентная ресурсоёмкость производства автомобильных аккумуляторов в условиях ограниченных ресурсов постоянно снижается, и если 10 лет назад при производстве аккумулятора электромобиля Tesla требовалось порядка 38 килограмм металла, то в современном производстве достаточно порядка пяти килограммов (снижение в 7,6 раза).

Рассмотрим ряд радикальных прогнозов ускорения потребления редкоземельных металлов.

Прогноз крупнейшего в мире автоконцерна Volkswagen считает, что производство автомобильных аккумуляторов в 2023 году потребует до одной трети всех запасов лития, доступных в настоящее время. Продление горизонта планирования потребления кобальта до двадцати лет, при неизменности современных технологий изготовления автомобильных аккумуляторов (с сохранением удельного потребления кобальта на единицу изделия), что уже по мнению автора маловероятно, и полным отказом в

[299] Lux Research. Owning the Energy Transition. URL: http://www.luxresearchinc.com (дата обращения: 21.01.2019).

[300] Combustion engine car sales to hit peak demand in 2018. URL: https://www.ft.com/content/62506c24-0aae-11e9-9fe8-acdb36967cfc (дата обращения: 30.10.2020).

мире от использования автомобилей с двигателем внутреннего сгорания вызовет рост потребления кобальта в 28 раз от уровня текущей добычи[301].

Тем не менее, динамика стоимости аккумуляторов на примере литий-ионных батарей за последнее десятилетие имеет отрицательный тренд и фактически снизилась на 85% за рассматриваемый период до 155 долларов США за кВт·ч (рис. 51).

Ожидается, что в 2024 году средняя стоимость кВт·ч литий-ионного аккумулятора составит 94 доллара США (снижение на 39%) и 62 доллара за кВт·ч в 2030 году[302].

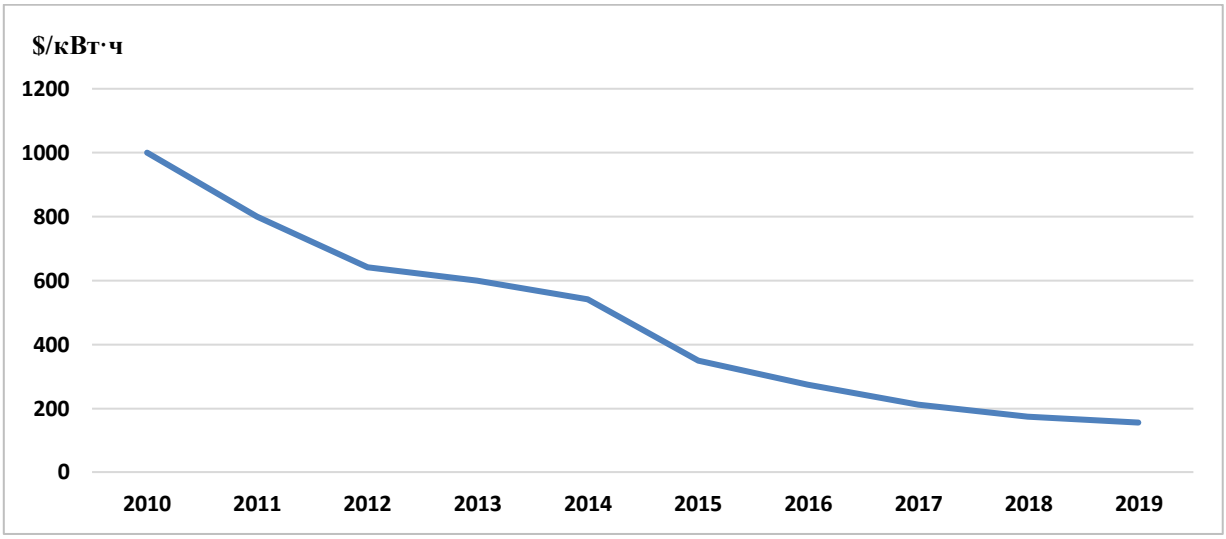


Рис. 51 Стоимость аккумуляторов на примере литий-ионных батарей, $/кВт·ч. Источник: BNEF.

Стоимость систем хранения энергии в целом обладает меньшим потенциалом к удешевлению, однако, в основном благодаря аккумуляторам, снизится на 27% к 2024 году[303]. Предполагается также, что дальнейшее снижение стоимости будет обеспечено общей унификацией прочих технологий и их удешевлением, в то время как способы снижения себестоимости аккумуляторов исчерпают себя в силу ресурсных и

[301] Форбс. URL: https://www.forbes.ru/biznes/358811-budushchee-chernogo-zolota-pochemu-rano-stavit-krest-na-neftyanoy-promyshlennosti (дата обращения: 30.11.2018).
[302] Bnef: тенденции развития аккумуляторов. URL: http://renewnews.ru/bnef-tendentsii-razvitiya-rynka-akkumulyatornyh-batarej (дата обращения 03.03.2020).
[303] U.S. Energy Storage Monitor: Q3 2019, Wood Mackenzie Power&Renewables/ESA U.S. 2019. P.30.

технологических ограничений (при условии отсутствия появления закрывающих инноваций в этой подотрасли, которые всегда возможны).

Экономическая целесообразность аккумулирования электрической энергии во многом обусловлена не столько фактором прямой экономии денежных средств на разнице тарифов, сколько конкурентной оптимизацией издержек[304].

Качество интеграции хранилища в энергетическую и информационную системы, определяющее скорость и эффективность реакции на изменение спроса и предложения, вспомогательные сервисные продукты, а также развитость нормативной базы непосредственно влияют на денежный поток, генерируемый инвестиционным проектом СХЭ. Так, более половины условного дохода крупных СХЭ, оперирующих на оптовом рынке электроэнергии, зависит от оперативности перераспределения накопленной энергии. Для проектов коммерческого и частного сектора большее значение приобретает управление транзакциями при единовременных колебаниях соотношения внутреннего спроса и предложения.

Эффект экономии от масштаба оказывает прямое воздействие на снижение удельной стоимости проекта. Если на протяжении жизненного цикла СХЭ в частном секторе емкостью 0,025 МВт/ч, приведенная удельная стоимость каждого МВт/ч перераспределения энергии составляет 560 долларов США, то для системы, функционирующей на оптовом рынке электроэнергии (200 МВт/ч) этот показатель составляет 121 доллар США. Стоит заметить, что в обоих случаях используются солнечные панели как источник возобновляемой энергии для накопления.

Для «зелёных» инвесторов сопряжение хранилища электроэнергии с генератором на базе ВИЭ служит немаловажным фактором улучшения экономической привлекательности проекта. Помимо отсутствия необходимости покупки электроэнергии происходит снижение всех видов

[304] Lazard's Levelized Cost of Storage Analysis – version 13.0, Lazard 2019. P.14.

основных затрат за счет уменьшения аккумулирующей мощности необходимой для нормального функционирования СХЭ (рис. 52, таблица 20). Так, приведенная удельная стоимость 1 МВт/ч системы хранения энергии в коммерческом секторе составляет 763 доллара США для варианта без использования ВИЭ и 304 доллара США для хранилища энергии с солнечным генератором.

По всем составляющим наблюдается снижение удельных расходов, включая капитальные затраты, более чем на 60%, операционные - около 33% и вдвое - прочие расходы от более дорогого варианта частного сектора.

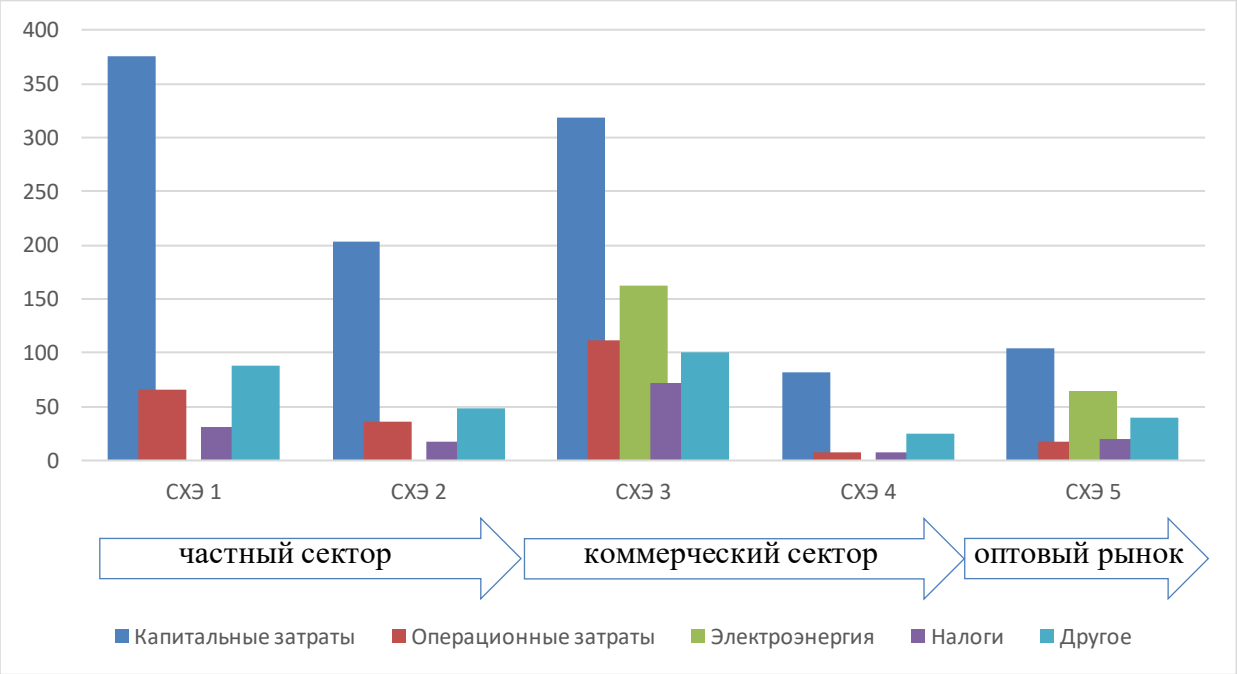


Рис. 52 Приведенная удельная стоимость э/э за 1 МВт/ч в зависимости от мощности применяемых СХЭ и структуры затрат в США (долл. США). Источник: Lazard's Levelized Cost of Storage Analysis, адаптировано автором.

Таблица 20 Ключевые параметры систем хранения энергии.

Усл. номер	**Мощность**	**Ёмкость**	**Капитальные Затраты****	**Операционные расходы**	**Приведенная стоимость**
Ед изм.	*МВт*	*МВт/ч*	*Долл. США за 1 МВт/ч*		
1	0,006	0,0025	757 500	9 300	560
2	0,5	2	536 500	11 300	304
3*	1	2	544 000	7 300	763
4	50	200	363 500	2 900	121
5*	100	200	333 500	2 650	245

*Система хранения энергии, не сопряженная с солнечной электростанцией

**Без учета оборудования преобразования солнечной энергии

Дальнейшее увеличение ёмкости и мощности СХЭ с использованием аккумуляторов обеспечивает их применимость на межстрановом уровне (по аналогии с примером гидроаккумулирующих станций Германии). Существование нормативной базы, в данном случае, служит благоприятным фактором снижения сопутствующих издержек при введении в эксплуатацию подобных систем, равно как и улучшения энергетической стабильности на макроуровне.

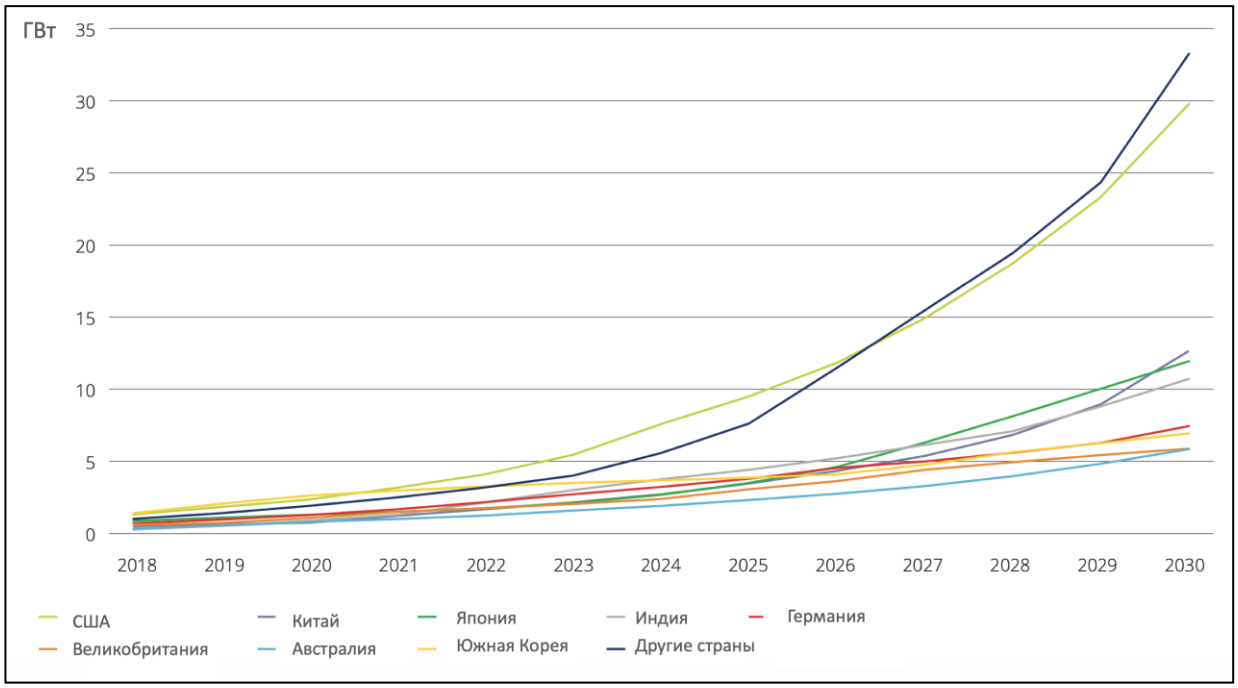


Рис. 53 Прогноз развития мощностей рынка хранения по странам лидерам данного направления, ГВт. Источник: BNEF.

Прогнозируется динамичное развитие рынка СХЭ (рис. 53), которое на текущем 10 летнем временном периоде превысит установленную мощность в 125 ГВт (ёмкость 305 ГВт·ч), инвестиционная ёмкость данного сегмента энергетики и экономики оценивается в 100 миллиардов долларов США[305]. 2/3 мировых установленных мощностей СХЭ сконцентрируются в таких странах-лидерах использования ВИЭ как Соединенные Штаты Америки,

[305] Bloomberg New Energy Finance. URL: https://about.newenergyfinance.com (дата обращения: 21.02.2018).

Китай, Федеративная Республика Германия, Индия, Великобритания, Япония, Южная Корея и Австралия.

Отметим, что треть всех потребителей США так или иначе владеют различными системами хранения и распределения энергии[306].

Отметим и 10 % ежегодное снижение стоимости традиционных литий-ионных аккумуляторов в среднем, что не менее важно и при минимизации геометрических размеров.

При сохранении динамики роста ёмкости мирового рынка хранения к 2040 году, достигнутые порядка 360 ГВт мощности СХЭ существенно сгладят суточную и сезонную неравномерности производства возобновляемой электроэнергии. По прогнозу Navigant Research мировой рынок систем хранения энергии к 2025 году достигнет 80 миллиардов долларов США[307].

Сопутствующим благоприятным фактором развития СХЭ служит возможность отказа от сохранения в резерве устаревших мощностей традиционных теплоэлектростанций, служащих для обеспечения увеличения в период предельного потребления, что позволит снизить их долю вдвое к 2040 году, соответственно вдвое сократив экологические последствия от их эксплуатации[308].

Следующим благоприятным фактором развития и активного применения СХЭ стала политика минимизации «зелёных» тарифов на приобретение у частных лиц избытка возобновляемой энергии, которая укоренила на фоне удешевления СХЭ понимание важности собственного хранения энергии на уровне домашних хозяйств для повышения их уровня

---

[306] Almost a third of consumers own some form of a distributed energy resource. URL: https://www.solarpowerworldonline.com/2017/11/almost-third-consumers-reported-form-distributed-energy-resources (дата обращения: 03.03.2018).

[307] Energy Storage for Renewables Integration – Navigant Research, 4Q 2017. URL: https://www.utilitydive.com/news/navigant-energy-storage-for-renewables-integration-to-reach-23b-by-2026/513846 (дата обращения: 30.10.2019).

[308] Global Storage Market to Double Six Times by 2030. URL: https://about.bnef.com/blog/global-storage-market-double-six-times-2030 (дата обращения: 14.02.2018).

автономности и надежности обеспечения электрической энергией в любое время суток в среднем с 25 процентов до 65 процентов[309].

Отметим, что ряд стран формирует отдельные меры институциональной поддержки для СХЭ, включая совершенствование налоговых льгот. Например, в Австралии применяется ряд инициатив, разработанных партиями в защиту окружающей среды помощи домохозяйствам вне зависимости от их финансового состояния при применении СХЭ.

Если в начале 2017 года в мире порядка 55 миллионов домохозяйств применяли компактные системы хранения, то ожидается, что к концу 2022 года данный показатель удвоится. В ФРГ порядка 2/5 систем управления энергии посредством бытовых солнечных батарей оборудовано аккумуляторами для хранения энергии.

Рассмотрим инновационное направление в области хранения энергии, которое позволяет владельцу электромобиля получать дополнительную прибыль. Концепция Vehicle-to-grid предполагает зарядку аккумулятора электромобиля в период незначительного спроса в ночные часы и возврат энергии при пиковом потреблении.

Дополнительная прибыль, формируемая аккумулятором электромобиля, составит для его владельца порядка 3500 долларов США в год в зависимости от мощности аккумулятора и времени стоянки электромобиля в зоне домашней сети. В Дании, Италии и Японии (пока в тестовом режиме) подобные технологии входят в повседневный обиход её жителей. Аккумулятор электромобиля в момент его стоянки используется не только как источник прибыли, но и в качестве дополнительного средства хранения энергии, сопряженного с домашней СХЭ, по аналогии с технологией Tesla Powerwall.[310]

---

[309] Бучнев А.О. Новые сегменты экономики, сопряженные с возобновляемой энергетикой. // Электронный журнал Вестник Московского Международного университета. 2018. № 1. URL: https://vestnik-mmu. ru/journal/article/php?id=2140 (дата обращения: 30.10.2018).
[310] Powerwall. URL: https://www.tesla.com/powerwall (дата обращения: 30.11.2019).

На сегодняшний момент времени предельная мощность крупнейшей промышленной СХЭ составляет 100 МВт (Южная Австралия, производство Tesla, емкость 129 МВт-ч), гарантирующей надёжное снабжение электрической энергией около тридцати тысяч домашних хозяйств.

Оценим развитие и других инновационных технологий в области хранения и накопления энергии[311], в основном четырех ключевых направлений: накопление энергии падающей воды (есть разработки по тому же принципу накопления потенциальной энергии через подъём грузов на высоту в башнях в невостребованный период ВИЭ), хранение энергии с использованием сжатого воздуха, системы аккумулирования солнечной энергии (SolarReserve) и проточные редокс - системы (окислительно-восстановительные проточные батареи).

Как было упомянуто выше, гидроаккумуляторы используют принцип перетока падающей воды между двумя резервуарами, расположенные на разных уровнях, принудительно нагнетая воду в верхний резервуар при минимальном спросе на электроэнергию. Германия и КНР использует для целей гидроаккумуляции выводимые из эксплуатации угольные шахты. Отметим, что из-за эффекта испарения воды и технологических потерь эффект регенерации энергии располагается в диапазоне 70 – 80 процентов.

Канадская компания Hydrostor направляет энергию сжатого воздуха в генератор электрической энергии в период повышенного спроса и компримирует его в период невостребованности ВИЭ, себестоимость данного типа хранения энергии имеет потенциал снижения, но в сравнении с другими технологиями он в настоящее время незначителен.

ОАЭ в рамках пилотного проекта направляют сконцентрированную солнечную энергию на разогрев соли, которую до 4 часов сохраняют в расплавленном состоянии, используя полученный от неё пар для генерации электроэнергии (технология SolarReserve). Отрабатывается инновация

[311] Бучнев А.О. Перспективы и преимущества инновационного развития возобновляемой энергетики как элемента парадигмы новой экономики. Москва : Антарес, 2020. С.80.

использования жидкого металла в качестве носителя, разработанная GT (США).

Применение аккумуляторов на базе проточных батарей (резервуаров токопроводящей жидкостью) оказалось достаточно эффективным, чтобы начать подготовку коммерческого проекта СХЭ в ФРГ с применением данной технологии.

Перечисленные принципы хранения и накопления энергии направлены в основном для её дальнейшего использования при производстве электроэнергии, есть и примеры СХЭ с последующим охлаждением помещений.

При невостребованности возобновляемой энергии она направляется в технологические цистерны охлаждения воды, где доводится до состояния льда, далее без дополнительной энергии в светлое время суток происходит процесс оттаивания, и вода с минимальной температурой направляется в системы охлаждения зданий.

Рассмотрим и принципиально новый инновационный подход к хранению возобновляемой энергии.

Отрабатываемый принцип промышленного получения газа из невостребованной в определенный момент времени энергии (power-to-gas, P2G). При нем возобновляемая энергии в ночное или невостребованное время направляется на процесс расщепления молекул воды на кислород и водород. Впоследствии водород используется для повторной генерации электроэнергии, либо как вид топлива для автотранспорта (выпускается серийный автомобиль с водородным двигателем компании Тойота)[312].

В продолжении данного подхода по использованию полученного «зелёного» водорода интересна инновация немецкой компании Thüga, на практике применившая (после продолжительных экспериментальных исследований) технологию добавления определенного процента водорода,

[312] Toyota Mirai первый в мире серийный автомобиль с водородным двигателем. URL: https://www.toyota.ru/world-of-toyota/technology/mirai (дата обращения: 30.01.2018).

полученного поле электролиза воды, в газовый поток стандартного газопровода.

Корпорация Thüga в течении 3-х летнего периода проводила эксперимент получения водорода на установке мощностью 315 кВт в объёме 60 $м^3$/час, добавляя его 2 % долю в магистральный газопровод от общего объёма газа (Eon провел эксперимент с добавкой 5 % водорода).

Основная идея проведенного эксперимента заключается в самой возможности хранения водорода, произведенного от избытка возобновляемой энергии и его последующим использовании в период повышенного спроса, однако ряд исследований доказал, что доля водорода в магистральном газовом трубопроводе может достигать десяти процентов об общего объёма газа, не только улучшая экологические последствия его применения, но и уменьшая на 1/10 потребности в его добыче.

Рассмотрим перспективный ряд макроэкономических эффектов, формируемых глобальным рынком хранения, накопления и распределения энергии. Прежде всего, это формирование новых технологических цепочек создания дополнительной стоимости, и, как следствие, генерация новых рабочих мест и дополнительных налоговых отчислений. Положительно влияя на локальную экономику эффективным сохранением финансовых ресурсов за счет отказа приобретения невозобновляемой энергии, комплексное развитие ВИЭ и СХЭ позволяет направить высвобождаемые средства на достижение целей устойчивого развития, таких как совершенствование социально-экономической политики, улучшение экологической обстановки, повышение надёжности энергоснабжения и уровня жизни.

Постепенная замена традиционных автомобилей на электромобили и автомобили с водородным двигателем сформирует свой вклад в улучшение окружающей среды (кроме непосредственного экологического эффекта от использования ВИЭ).

Чистый воздух, зеленая среда обитания внесут свою лепту в рост индекса счастья конкретной территории и положительно скажутся на росте общей производительности, повышения инвестиционной привлекательности и постепенно позитивно повлияют на увеличении средней продолжительности жизни, что в свою очередь скажется на оптимизации затрат в национальных системах здравоохранения.

Таким образом дальнейшее развитие возобновляемой энергетики будет тесно связано с совершенствованием СХЭ, приведём примеры политической поддержки данного направления.

По прогнозу Wood Mackenzie, в течении десяти ближайших лет глобальный рынок хранения электрической энергии будет стабильно увеличиваться на 31% в год. European Association for Storage of Energy совместно с Парламентом ЕС подчеркивает, что любые формы хранения энергии должны стать «ключевой темой энергетической политики»[313].

Оценивая национальные рынки хранения Wood Mackenzie предполагает, что тем не менее США существенно обгонит Европейский Союз, обеспечивая рост рынка хранения энергии на том же временном периоде, сформировав 49 процентов от глобального роста мирового рынка хранения. Китайская Народная Республика займет второе место и далее расположится Европейский Союз. Штат Калифорния (США), к примеру, ввёл в 2020 году 1,33 ГВт мощностей станций хранения энергии, а КНР, отнеся сегмент хранения энергии к ключевым приоритетам (всего 8 приоритетов) развития энергетики, до 2022 г. введёт 46 ГВт соответствующих мощностей СХЭ.

После этапа создания инновационного сегмента энергетики и экономики по выработке энергии из возобновляемых источников, который был успешно пройден, и последовавший за ним этап преодоления проблем

[313] Energy Storage Market To See Explosive Growth This Decade. URL: https://oilprice.com/Energy/Energy-General/Energy-Storage-Market-To-See-Explosive-Growth-This-Decade.html (дата обращения: 01.11.20).

неравномерности генерации ВИЭ путем её эффективного накопления и хранения, который активно развивается на настоящий момент времени. На примере Федеративной Республики Германии рассмотрим третий этап: активного вовлечения местных сообществ в создание интегрированных систем генерации, хранения и распределения энергии с получением соответствующей прибыли местным сообществом.

Прежде всего отметим, что в Германии приветствуется передача окончательного решения по применению проектов ВИЭ на локальный уровень: размещение генераторов, их параметров и сопутствующей инфраструктуры. Подобная инициатива приводит к росту инвестиционной активности местных сообществ, стимулирует применение новых банковских региональных продуктов.

Приведём в пример осуществленный проект ветровой генерации города Фрайбург, 1/3 которого профинансировали местные физические лица, а 2/3 инвестиций обеспечила кредитная линия местного банка.

Проведенный анализ экономической эффективности реализованного проекта показал превышение на 1,5 % прибыли физических лиц (6 %, определенных инвестиционным договором) над стоимостью действующей кредитной ставки, что вполне по мнению немецких властей, окупается массовым вовлечением граждан, проживающих в данном регионе, в реализацию экологических важных проектов и повышению сознания личного влияния на улучшение окружающей среды не только как потребителей чистой энергии, но и как частных инвесторов с гарантированным дополнительным доходом[314].

Подобный подход к привлечению частных инвесторов вполне повторим и отечественной практике.

Рассмотрим появление инновационных методов управления и

[314] Бучнев А.О. Стимулирование рынка возобновляемой энергии в условиях ресурсных ограничений: поддержка среднего класса и решение государственных задач // Труды Вольного экономического общества. 2019. № 5(219). С. 239.

распределения возобновляемой энергии (понимая в дальнейшем комплексное взаимное развитие ВИЭ и СХЭ), связанных с процессами цифровизации в данной области.

Обычно, как показывает практика, после восприятия рынком инноваций с абсолютной и относительной новизной в любой отрасли, происходит совершенствование процесса управленческих технологий, в том числе и их проникновение из других направлений развития экономики.

Приведём в пример блокчейн-технологию, основывающуюся на применении цепочки разнесённых по разветвлённой системе блоков транзакций, информация о которых доступна всем в ней задействованным участникам, способным подтвердить её достоверность на любом этапе.

Применение данной технологии в системе управления и распределения произведённой электрической энергии способствует не только инновационному совершенствованию управлению транзакциями, но и обеспечивает принципы открытости и достоверности. Под одной транзакцией в данном случае понимается объединенное в одну составляющую три разноплановых воздействия: данные о потребности на основании которой инициируется процесс генерации, данные об оплате генерации и данные физического этапа получения/потребления электрической энергии.

Следом за технологиями блокчейн в область управления и распределения произведенной электроэнергии пришла и криптовалюта. Необходимо отметить стимулирующий характер новой экокриптовалюты SLR, получившей название соларкоин (заключается в начислении одного соларкоина при выработке 1 МВт посредством солнечной генерации) с использованием защиты хранения средств (Proof of take time), что привлекает новых участников, как производителей, так и потребителей возобновляемой энергии.

Определённая новизна в повышении энергоэффективности и качества управления процессов генерации, хранения, распределения и контроля

энергии появилась в сегменте для небольших групп удаленных пользователей (от 100 кВт до 10 МВт), получившая название Microgrid (микросети), объединившая в единый технологический комплекс все стадии производства, хранения и распределения энергии с автоматизированным управлением. Microgrid может работать и с централизованной сетью, но в случае её аварии, Microgrid включает собственные резервные ВИЭ и работает полностью автономно. Появились и Nanogrid с мощностью до 50 кВт. Microgrid также использует технологии блокчейн.

Например, Brooklyn Microgrid использует блокчейн-платформу Ethereum, на базе которой в режиме online собирается информация о транзакциях и объёмах необходимого потребления, формируется соответствующая база данных, на основе которой корректируются режимы генерации, хранения и распределения энергии.

Соответственно возрастающая популярность Microgrid сформировала потребность в развитии сопряженного рынка MGC (Microgrid Controller) и инверторов.

Технология Microgrid, например в Нигерии, используется для обеспечения устойчивым энергоснабжением населённых объектов, минуя традиционные технологии, осуществляя инновационный прорыв в обеспечении четверти миллиона потребителей на базе объединённых 300 микросетей.

Фактически, данный проект сформирован на принципах инновационной концепции интернет-энергии, предполагающей свободный обмен энергии в рамках одной сети на базе интеллектуального управления потребления и производства электрической энергии, способного к более точному соответствию спроса и предложения без влияния человеческого фактора на данный процесс, практически сведя на нет необходимость диспетчеризации.

Цифровизация на основе концепции интернет-энергии потребует совершенствования соответствующей институциональной среды и будет

стимулировать эффективное управление балансом возобновляемой и невозобновляемой энергетики.

Активное развитие концепции интернет-энергии стимулирует рост класса упоминаемых выше просьюмеров, рост численности которых в современном обществе приводит к снижению проблемы локальной занятости, одновременно способствуя надежности местных энергосетей, сделав их более независимыми от сопутствующих рисков централизованных систем[315].

В отличии от невозобновляемой энергетики, где на всех стадиях производства электрической энергии доминируют крупные компании, сфера возобновляемой энергетики способствует формированию малого и среднего бизнеса, способных, по сути, генерировать соизмеримые объёмы энергии распределёнными силами, от единичных просьюмеров до местных сообществ на основе долевой собственности.

Понятно, что главный макроэкономический эффект от данного направления, кроме всех вышеперечисленных плюсов, приведёт к существенному росту уровня жизни в конкретной стране. Технически, объём генерации в данном случае практически не ограничен, однако именно для индивидуального уровня возможность локального, но интегрированного в общую сеть, производства энергии является новым и нетипичным источником положительного финансового потока по традиционно расходной статье затрат на энергию.

Стоимость электроэнергии в США составляет в среднем[316] около 45% от общего счета за коммунальные услуг, её среднемесячное потребление в

---

[315] Бучнев А.О. Взаимозависимость возобновляемой энергии с инновационными сегментами экономики: проявление новых функций. Международная практическая конференция «Современный мегаполис: формирование зеленой экономики». - Москва. 2020. С. 99.

[316] Utility Bills 101: Utilities Tips, Average Costs, Fees, and More. URL: https://www.move.org/utility-bills-101 (дата обращения: 15.11.2021).

2020 году – 893 кВт·ч[317], соответственно, с учетом упомянутого ранее КИУМ для частной солнечной генерации, можно утверждать о достаточности солнечных панели суммарной мощностью 8 кВт для выработки эквивалентного количества электроэнергии. Стоимость и неравномерность выработки электроэнергии, в данном случае, не имеет значение, поскольку среднемесячное сальдо её производства и потребления (как основа учета) стремиться к нулю. Следуя этой логике, дополнительных 10 кВт мощности будет достаточно для покрытия всей стоимости жилищно-коммунальных услуг, однако в условиях применения «зеленого» тарифа, эта величина будет обратно пропорциональна надбавке к базовому тарифу.

Даже если принять условие равенства тарифов покупки и продажи электроэнергии, полученные в данном примере 18 кВт установленной мощности являются предельным значением для достижения самоокупаемости усредненного американского домохозяйства, поскольку, как уже отмечалось ранее, использование энергии солнца является наименее эффективным из видов микрогенерации. Благодаря широкому спектру решений в области ВИЭ существует множество оптимальных комбинаций генераторов как по типу используемого ресурса, так и по мощности, однако конечный выбор должен быть произведен исходя из лучшего сочетания экономических, нормативно-правовых, технологических, географических и даже эстетических соображений. В тоже время, солнечные панели обладают отличной масштабируемостью и просты в установке, что в сочетании с поощрительными мерами государственной поддержки делает их особенно популярными в США. Также, благодаря универсальности ВИЭ, владелец домохозяйства может экспериментировать с разными видами генерации, не осуществляя при этом лишних затрат, поскольку все оборудование сравнительно просто интегрируется в условиях микрогенерации и способно наращивать мощность сообразно росту собственной заинтересованности в

[317] How much electricity does an American home use? URL: https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=97&t=3 (дата обращения: 15.11.2021).

этой деятельности и потенциальной возможности получения сверхнормативного дохода.

В дополнение к этому и, в том числе за счет микрогенерации, домашняя система может быть расширена генератором тепла или холода в зависимости от региона, а также системой хранения энергии. Использование электромобиля как СХЭ в данном случае создаст практически идеальное домохозяйство в контексте инновационных подходов к использованию энергии, наряду с её перераспределением и упрощением процедуры утилизации аккумуляторных батарей (автомобиль становится средством их транспортировки).

Таким образом, несмотря на прямую связь микрогенерации с вопросами энергетики, при условии массового роста класса просьюмеров, она является серьёзным фактором улучшения благосостояния населения и достижения глобальных экологических задач.

Отдельно стоит отметить, что целесообразность использования упомянутых ранее технологий ТСН именно в отношении проблемы накопления энергии представляется крайне низкой по причине их функционирования в автономном режиме. Так, в случае отсутствия потребности в горячей воде (неподходящее время дня или отсутствия владельца) преобразование солнечной будет происходить без фактического потребления, в то время как подключенная к сети центрального электроснабжения СЭС продолжит формировать положительный финансовый поток для владельца.

Стимулирование локальных генераций в странах-лидерах ВИЭ привело к развитию и становлению не только сопряженного с возобновляемой энергии сектора СХЭ, но и сформировало сегмент обеспечения цифровизации энергетики, объёмы инвестиций в который непрерывно возрастают. Инвестиции в элементы цифровой энергетики управления и распределения возобновляемой энергии представлены на рисунке 54.

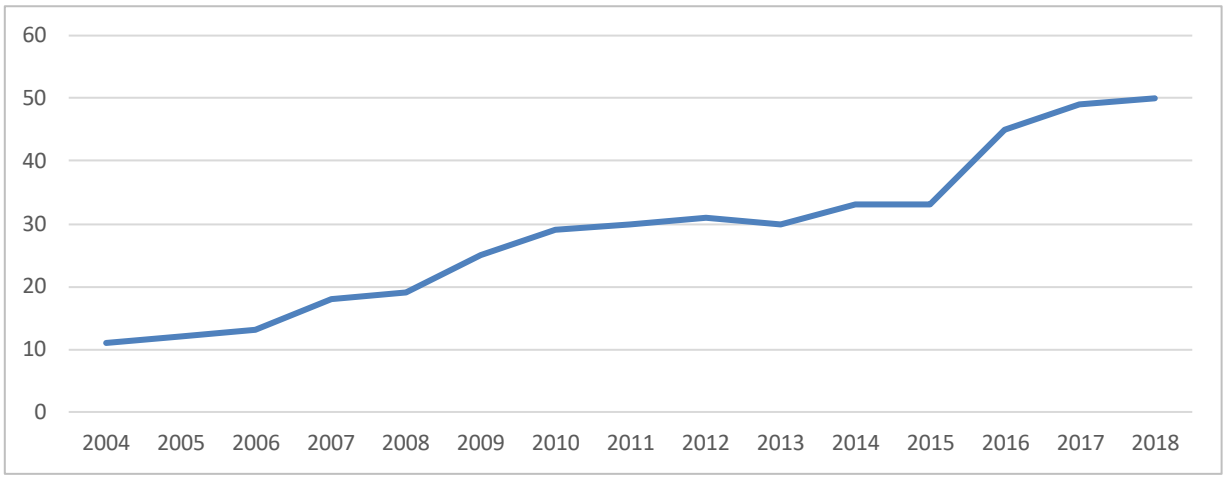


Рис. 54 Инвестиции в элементы цифровой энергетики, млрд. дол. США.

Отметим, что не только средний класс активно вовлекается в извлечение экономических и экологических плюсов использования возобновляемых источников энергии, но и владельцы крупнейших мировых состояний осуществили значительные пожертвования в экологические фонды в целях ускорения энергетического перехода и построения углеродно-нейтральной экономики, например Б.Гейтс предоставил два миллиарда долларов США для «смены нерадивого подхода борьбы с изменением климата»[318]. Фонд Рокфеллеров, со дня основания направлявший значительные инвестиции в добычу невозобновляемых ископаемых ресурсов, в 2016 году постепенно сократил их долю в проектах традиционной энергетики, выпустив программное заявление для своих участников об неправильности вложений в ископаемую энергетику, особенно когда «мировое сообщество работает над сокращением использования ископаемого топлива»[319]. Данное решение старейшего фонда явилось авторитетном примером, который поддержали 688 институциональных и 58400 частных инвесторов, прекративших работу с инвествложениями в проекты ископаемой энергетики.

[318] Билл Гейтс жертвует $ 2 млрд. на исследования возобновляемых источников энергии. URL: http://www.city-n.ru/view/368350.html.11.2015 (дата обращения: 18.01.2016).
[319]Фонд Рокфеллеров перестает инвестировать в углеводороды. URL: http://ria.ru/economy /20160324/1395852329.html#ixzz43nVE4GiW (дата обращения: 05.04.2016).

Крупные потребители электрической энергии в течении пяти последних лет активно осуществляют переход на возобновляемую энергию.

Одна из первых, осуществивших переход к полному использованию ВИЭ в 2016 году, совершила корпорация Intel[320]. В том же году World Bank Group решил прекратить инвестиции в добычу ТИЭ с 2019 года, как и Нефтяной фонд Норвегии.

Тем не менее отметим, что появление избыточно оптимистичных прогнозов об ускоренном переходе на возобновляемую энергетику к 2030 году и полном отказе от ископаемых энергоресурсов (например прогноз университета в Стэнфорде[321]), были исправлены в сторону уменьшения доли ВИЭ к указанному году с окончательным переходом на возобновляемую энергию к 2050 году, что существенно ближе к реальности[322]. Справедливости ради отметим, что указанный конкретный прогноз охватывал ускоренный перевод ста тридцати девяти стран на возобновляемую энергию, предполагавший формирование пятидесяти миллионов рабочих мест.

Совершенно очевидно, что такой сектор экономики, как возобновляемая энергетика с многомиллиардными ежегодными долларовыми инвестициями, существенно влияет на сопряженные с ней промышленные отрасли. Приведём в пример исследование, проведенное компанией Wood Mackenzie, посвященное анализу состоянию дел с заказами на ВЭС, не снизившимися в такой непростой период, как первый квартал 2020 года, осложнённый эпидемиологической обстановкой. За данный период было оформлено заказов на производство ветрогенераторов на 13,4 миллиарда долларов на общую мощность порядка 14 ГВт, что

---

[320]Intel является лидером в пятерке крупнейших потребителей зеленой энергии в США. URL: http://aenergy.ru/4114 (дата обращения: 15.02.2016).

[321] Jacobson M.Z., Delucchi M. A. How to get all energy from wind, water and solar power by 2030. // Scientific American. November 2009. P.65.

[322]A world powered by the wind, water, and sun is not only possible – it’s already happening URL: http://thesolutionsproject.org (дата обращения: 07.02.2018).

фактически было соизмеримо с аналогичным периодом 2019 года и явилось по сути максимумом за последнее десятилетие. Причем, порядка 12,5 ГВт составляли заказы на ветрогенераторы, предназначенные к эксплуатации на материке, 1,5 ГВт мощности – для офшорных ветропарков.

Отметим также, что на увеличение мощностей производства ветрогенераторов (в частности в КНР) перестал оказывать воздействие объём соответствующих стимулирующих субсидий (практически сведённый к минимуму), поскольку увеличение фактического спроса и действующие государственные политики, включая расставленные приоритеты на развитие офшорных ветрогенераторов в странах АТР (особенно соответствующие корректировки национальных стратегий развития возобновляемой энергетики Японии и Тайваня) оказались достаточными мерами для стабильного производства, сопряженного с ВИЭ направления.

Подчеркнём, что созданные новые сопряженные отрасли с возобновляемой энергетикой формируют свои долгосрочные планы развития производственных мощностей на основе стратегических прогнозов применения ВИЭ.

Например, ассоциация SolarPower Europe, прогнозируя ежегодный рост установленных мощностей солнечной энергетики в объёме 200 ГВт к 2024 году, намечает развитие производственных мощностей по выпуску компонентов солнечной генерации в достаточных соответствующих объёмах, а также оценивает планируемые производственные мощности к вводу в эксплуатацию как достаточные для обеспечения реализации стратегических прогнозов к указанному временному периоду[323].

Выше мы рассмотрели примеры развития рынка систем хранения энергии на базе аккумуляторных батарей электромобилей, некоторые из которых были реализованы под брендом пионера электромобилей нового

[323] SolarPower Europe. URL: https://www.solarpowereurope.org/global-market-outlook-2020-2024 (дата обращения: 17.07.2020).

времени – компании Tesla. Компания, основанная И.Маском, в контексте настоящего исследования представляет интерес, поскольку имеет ряд специфических особенностей.

Осуществив продажу квот на выбросы CO_2 на сумму 397 миллионов долларов США (электромобили Tesla имеют нулевой выброс), при росте поставок её продукции за указанный период года на 44 процентов, Tesla оказалась на пике рентабельности в истории компании. В третьем квартале 2020 года оборот компании возрос на 39 процентов и составил 8,77 миллиардов долларов США. Увеличив инвестиции в производственные мощности (Шанхай - 2 миллиарда долларов США, Берлин - 4 миллиарда долларов США, Техас - 1 миллиард долларов США) компания планирует выйти на продажи в объёме 500 тысяч автомобилей в год[324].

Tesla, в соответствии с американскими государственными программами, региональной ZEV (zero-emission vehicle, транспорт с нулевыми выбросами) и федеральной CAFE (corporate average fuel economy, средний расход топлива по компаниям), с начала 2020 года получила 1,18 миллиарда долларов США, превысив вдвое результат 2019 года. На начало 4 квартала 2020 года объём свободных денежных средств компании составил 14,5 миллиардов долларов США.

Рассмотрим распространение инноваций зеленой энергетики на рынок электромобилей в целом и то влияние, который он оказывает на тесно сопряженный с ним рынок производителей автомобильного топлива.

Начнем с примера той же корпорации Tesla, её model S, которая обеспечила норвежским владельцам суммарную налоговую выгоду с сочетанием ряда субсидируемых национальным правительством льгот в размере, превышающем стоимость автомобиля (порядка 135 тыс. долларов США при стартовой стоимости электромобиля 112 тыс. долларов США),

[324] Tesla не устает удивлять. URL: https://www.finam.ru/analysis/newsitem/tesla-ne-ustaet-udivlyat-20201025-11000/?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop (дата обращения: 30.10.2020).

которые состоят из налогового вычета при расчете транспортного налога мощности тяговых электродвигателей, бесплатной парковки для электромобиля, пониженных ставок автомобильного кредита, бесплатного движения электромобиля по выделенным полосам общественного транспорта, бесплатного пользования паромными переправами[325].

Подчеркнём, что с 2014 году в Норвегии с начала действия данной программы популяризации электрического транспорта, сочетающей налоговые и прочие преференции наравне с возрастающей финансовой нагрузкой для владельцев обычных автомобилей, сформировался заметный новый класс потребителей, согласующих выбор своих потребительских предпочтений со стимулирующей экологической государственной политикой. В последующие годы, по мере роста рынка электромобилей и появления соответствующей инфраструктуры их обслуживания, объём стимулирующих дотаций был существенно снижен, но сформированное государственной политикой экологическое сознание личной ответственности потребительского класса за состояние окружающей среды осталось.

Отметим, что не только постоянно ужесточающийся экологический норматив ускоряет спрос на электромобили[326].

Преодоление одного из сдерживающих факторов массового спроса на электромобили - долгое время их зарядки, которое в 2020 году снизилось до рекордных 7 минут, что практически стало сопоставимо с временем традиционного метода заправки бензином, существенно усилило потребительский интерес к инновационному виду транспорта.

В целом, снижение затрат по миру для производства электромобилей позволяет к 2024 году ожидать, что стоимость автомобиля и электромобиля

---

[325] Tesla Owners In Norway Get $134,000 Tax Break, Which Is More Than The Base Price Of The Model S// International business times. URL: https://www.ibtimes.com/tesla-owners-norway-get-134000-tax-break-which-more-base-price-model-s-1507740 (дата обращения: 25.11.2015).

[326] Стоимость производства электромобилей к 2024 году сравняется с классическими машинами. URL: https://speedme.ru/posts/id-32670-3uqses9tspzof9dghf4k (дата обращения: 30.10.2020).

сравняется[327], причём, как мы выяснили выше, в основном за счет существенного снижения стоимости аккумуляторных батарей.

Аналитики UBS полагают, что к 2025 году электромобили составят семнадцать процентов от мирового автопарка, а к 2030 году порядка сорока процентов, не говоря о существовании более радикальных прогнозов.

Если учесть динамику удешевления аккумуляторных батарей, относительно высокая стоимость которых сдерживает массовый переход на электромобили, и темпы развития необходимой инфраструктуры, можно предположить, что к 2025 году 25 процентов электромобилей уверенно займут свою нишу рынка развитых стран, а к 2030 году процент вытеснения машин с двигателем внутреннего сгорания составит половину мирового автопарка.

При сопоставлении данного прогноза с тем фактом, что порядка 65 процентов всей добываемой нефти используется для производства различных марок автомобильного бензина, можно ожидать предельное высвобождение объёмов нефти на уровне 32,5 процентов от общей добычи уже в среднесрочной перспективе.

Этот вывод важен для оценки дополнительных рисков стран-экспортеров нефти, наиболее предпочтительной стратегией для которых должен стать плановый отход от реализации сырой нефти и инвестирование в глубокую переработку нефти для создания продуктов с высокой добавленной стоимостью.

Данный прогноз можно усилить на 4 – 5 процентов (или ухудшить для корпораций, добывающих и экспортирующих сырую нефть, ожидаемым падением спроса на 36,5 – 37,5 процентов) динамичным развитием автомашин, использующих вместо традиционного бензина биоэтанол (этот процесс был подробно рассмотрен во 2 главе, когда исследовался опыт

---

[327] Electric cars 'as cheap to manufacture' as regular models by 2024. URL: https://www.theguardian.com/environment/2020/oct/21/electric-cars-as-cheap-to-manufacture-as-regular-models-by-2024 (дата обращения: 30.10.2020).

Бразилии), а также применением гибридных двигателей на переходный период, требующих вдвое меньше автомобильного бензина.

В отношении биотоплива стоит отметить, что его использование в транспортном секторе является модернизирующей инновацией и не несет столь радикального изменения в подходах к преобразованию энергии, как это происходит в случае с полностью электрифицированными транспортными средствами. Вне зависимости от допустимой доли использования биотоплива (на примере автомобильного транспорта), общий принцип использования этого топлива посредством двигателя внутреннего сгорания не изменился с момента его изобретения, что в свою очередь оставляет возможность для обратной адаптации к традиционным видам топлива при соответствующей конъюнктуре. Полностью электрические автомобили, в свою очередь, подразумевают безальтернативный отказ от горючего топлива и рост их популярности по этой причине несёт сравнительно большие риски для рынка нефтепродуктов в долгосрочной перспективе.

Рассмотрим ряд ожидаемых и уже введённых мер регулирующего воздействия в данном сегменте современной экономики.

В 2025 году Норвегия введет запрет на бензиновые и дизельные двигатели, в 2030 году к данному запрету присоединится Великобритания, Германия, Ирландия и Нидерланды, к 2040 году - Франция[328]. Можно отметить, что автоконцерн Honda (Япония) с 2022 года прекратит реализовывать в Европе продукцию с дизельными и бензиновыми моторами, оставив в продаже гибридные модели и электрокары.

Великобритания в конце 2021 года подготовила утверждение Парламентом новых экологических стандартов эксплуатируемых автомобилей на территории страны с целью увеличения количества электромобилей с 7% авторынка в 2020 году (плюс 25% с гибридными

[328] Honda ditches diesel and phases out pure petrol models three years early. URL: https://www.thetimes.co.uk/article/honda-ditches-diesel-and-phases-out-pure-petrol-models-three-years-early-mtpfstnzp (дата обращения: 30.10.2020).

двигателями) до 14% в 2022 году. Для этого, кроме жестких экостандартов, предусмотрены как налоговые льготы, так и опережающее строительство новых стационарных зарядных станций, суммарно на 0,67 миллиарда долларов США[329].

Очевидно, что столь революционный переход к использованию электромобилей приведет не только к существенному улучшению экологической ситуации, но и внесёт свою лепту в существенное снижение потребления и добычи невозобновляемых ресурсов.

Таким образом, распространение возобновляемой энергии простимулировало создание новой подотрасли экономики (производство и активное распространение систем хранения энергии), которая в свою очередь оказала прямое стимулирование на производство и реализацию электромобилей, обеспечив постепенное замещение традиционного автотранспорта, что постепенно приведет к снижению потребления автобензинов и, соответственно, исходного энергетического ресурса на треть в среднесрочной перспективе.

Кроме этого, комплексное развитие ВИЭ и СХЭ потребовало совершенствования цифровых технологий в системе управления и распределения электроэнергии, таких как блокчейн, криптовалюты и микросети, способствуя укреплению класса просьюмеров.

Рассмотрим подробнее экологические особенности, сопутствующие применению возобновляемой энергии.

[329] Ban on new petrol and diesel cars in UK from 2030 under PM's green plan. URL: https://www.bbc.com/news/science-environment-54981425 (дата обращения: 30.10.2020).

3.3. Экология использования возобновляемой и невозобновляемой энергии.

Важно понимать, что углеродная нейтральность, как таковая, не обязательно означает отсутствие выбросов CO2. Безусловно, в контексте Целей устойчивого развития, модификация деятельности с высоким углеродным следом для снижения загрязнения, является прямым и наиболее эффективным способом, однако, в случае невозможности проведения оперативных мероприятий по вмешательству в производственных процесс или чрезмерных затрат на текущем этапе может быть применен компенсаторный механизм благодаря участию в углеродно-отрицательном проекте.

В тоже время, неприродные углеродно-отрицательные проекты, несмотря на высокую инновационную составляющую, пока еще требуют значительного количества энергии[330], что при избыточной популяризации без учета сопутствующих экологических рисков может привести к нивелированию того позитивного результата, который являлся целью разработки этих проектов, особенно при учете углеродного следа не только используемой энергии, но и оборудования её производящего, а также цепочек поставщиков прочих комплектующих. По совокупности факторов, естественное восстановление биосферы путем прекращения обезличивания и прочие аналогичные меры являются наиболее эффективным способом увеличения поглощаемости углекислого газа и декарбонизации региона присутствия.

Рассмотрим процесс декарбонизации энергетики и экономики на примере Европейского Союза, который кроме вышеперечисленных целей по возобновляемой энергетике поставил задачу по выстраиванию к 2050 году климатически нейтральной экономики.

---

[330] Negative emissions have ‘limited potential’ to help meet climate goals. URL: https://www.carbonbrief.org/negative-emissions-have-limited-potential-to-help-meet-climate-goals (дата обращения: 30.10.2020).

Как было рассмотрено в первой главе, ко всем достоинствам возобновляемой энергии следует отнести их ключевую роль в сохранении экологического и климатического равновесия не только для живущих поколений на Земле, но и для будущих.

Становление эколого и социально ответственных инвесторов, оценивающих перспективные инвестиции с точки зрения принципов ESG, дополнительно стимулируют национальные и международные компании соответствовать современным трендам создания экономики будущего как в отношении создания безуглеродной продукции, так и в социально – экономическом отношении к собственной кадровой политике, формируя программы повышения внутренней клиентоориентированности, и в отношении к сторонним организациям (программы внешней клиентоориентированности).

Аббревиатура ESG является знаком качества для компании, операционная и стратегическая деятельность которой идеологически и практически совместима с концепцией устойчивого развития. По сути, базовые направления ESG оценки являются способом классификации Целей устойчивого развития и усилий отдельно взятой компании, предпринятых для их достижения. В этой связи, ESG-трансформация представляется приоритетом прежде всего для крупнейших транснациональных корпораций (ТНК), обладающих соответствующим масштабом и ресурсами для влияния на глобальные процессы, но, в то же время, именно благодаря масштабу и ресурсам ТНК в большинстве случаев уже обладают необходимыми компетенциями в области позитивного влияния на устойчивое развитие. Иными словами, на фоне общего тренда ESG-трансформации бизнеса ТНК в большей степени обрели форму оценки нефинансовых показателей существующих инициатив, чем непосредственный ориентир развития, который, в свою очередь, является таковым для прочих, более мелких компаний. Около 10% добавленной мощности возобновляемой энергетики в 2021 были прямо приобретены корпоративным сегментом, почти 2/5 ёмкости

которого составили Amazon и Microsoft. Обе эти компании имеют целевой ориентир на достижение углеродной нейтральности. Однако, согласно заявлению главного исполнительного директора С.Нанделлы в январе 2020[331] года, Майкрософт уже к концу десятилетия станет углеродно-отрицательной компанией, а к 2050 году полностью ликвидирует углеродный след, накопленный с момента основания в 1975 году. Наравне с этим было также объявлено об инвестировании 1 млрд. долл. США в фонд по развитию технологий улавливания углекислого газа из атмосферы. Будет уместно упомянуть, что эта компания, известна социальной направленностью инвестиций и является признанным лидером в области корпоративной социальной ответственности (КСО).

Фактически, инициативы в области КСО, которые в большей мере являлись двигателем формирования благоприятной деловой репутации отраслевых лидеров, стали одним из ключевых критериев ESG-метрики для количественной оценки инвестиционной привлекательности компаний в целом. Безусловно, особая специализация или малый масштаб в данном отношении могут играть сдерживающую роль для самой возможности комплексного достижения конечных целей устойчивого развития, однако, по мере распространения культуры оценки ESG критериев, для компании, пренебрегающих ESG-трансформацией, возрастают риски не только репутационного характера, но и прямых финансовых потерь вследствие оттока инвестиций.

Стоит отметить, что востребованность принципов устойчивого развития с появлением ESG оценок имеет двунаправленный характер, поскольку ожидания многих социально ответственных инвесторов также включают понимание дополнительных издержек для ведения соответствующего бизнеса и подразумевают долгосрочное сотрудничество.

[331]Microsoft announces it will be carbon negative by 2030. URL: https://news.microsoft.com/2020/01/16/microsoft-announces-it-will-be-carbon-negative-by-2030 (дата обращения: 2022.01.30)

Последнее особенно важно, поскольку даже в условиях финансовой неопределенности 2020 года приток ESG-инвестиций не показал спада. На данный момент объем активов фондов ESG достиг почти 10% от общемировых инвестиционных фондов в целом. Несмотря на естественные различия как в методике раскрытия информации со стороны компаний, так и составления рейтингов со стороны крупных агентств, ESG-фактор уже стал важной частью инвестиционных решений. Согласно опросу[332] Ernst & Young 72% институциональных инвесторов проводит структурированный анализ нефинансовых показателей. Важно заметить, что среди респондентов наблюдается возрастающее недовольство к раскрытию экологических рисков как важного фактора долгосрочной устойчивости.

Сектор возобновляемой энергетики в данном отношении, как в части производства энергии, так и её перераспределения в практически в полной мере отвечает Е-критериям в силу очевидного позитивного воздействия на окружающую среду, в то время как ликвидация энергетической бедности и социальное выравнивание, раскрытое в 1 главе настоящего исследования, можно отнести к наиболее явным S-факторам. Стоит отметить, что массовая микрогенерация и, как следствие, формирование класса просьюмеров является частным случаем для сектора ВИЭ в целом, но, в то же время, имеет не менее значимый социально-экономический эффект, в силу распространения непосредственно на индивидуальном уровне. Что касается третей составляющей, корпоративного управления, то она также имеет определенные предпосылки для соответствия по умолчанию, поскольку ВИЭ, это сравнительно новый сектор энергетики (относительно прочих), что подразумевает формирование наиболее современной корпоративной культуры, не говоря про текущее обеспечение непрерывного роста сектора за счет новых компаний, изначально организованных в соответствии с

[332] How will ESG performance shape your future? URL: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/assurance/assurance-pdfs/ey-global-institutional-investor-survey-2020.pdf (дата обращения:27. 01. 2022).

философией ESG. Безусловно, современный принцип прозрачного и справедливого корпоративное управления предъявляет более широкий набор требований к компании, нежели подробную отчетность и предельное внимание к реакции акционеров и внешнего мира на её деятельность. Однако, условная компания, занимающаяся возобновляемой энергией, в этом отношении не имеет отличий от любой другой неэнергетической компании и полностью зависит от исполнительного менеджмента.

Таким образом, по причине благоприятных исходных предпосылок, наблюдается базовое соответствие сектора ВИЭ основным критериям ESG, что, с учетом возрастающего интереса к нефинансовым показателям со стороны инвесторов, служит дополнительный фактором устойчивого финансового обеспечения возобновляемой энергетики, в том числе со стороны непрофильных инвесторов, ориентирующихся исключительно на ESG-метрики. Подготовленный ассоциацией Eurelectric индикативный сборник «Power Barometer» отмечает, что уже более 60 процентов европейской электроэнергии, выработанной в первом полугодии 2020 года, не имеет выбросов углеродного следа.

Не менее важной экологической составляющей, присущей возобновляемой энергии, данный индикативный сборник считает показатель снижения использования ископаемого топлива на 18 процентов, что опережает индикаторы долговременной стратегии Европейского Союза по отказу от угольной генерации, которая предполагает завершение применения угольной генерации к 2030 году в двадцати странах ЕС.

Напомним, что к 2030 году 4/5 всей электроэнергии ЕС не будет иметь углеродного следа. Справедливости ради отметим продолжающийся многолетний вывод грязных производств из ЕС в другие страны, и вполне возможно, что центры эмиссии парниковых выбросов также переместятся в третьи страны при производстве голубого водорода[333].

[333] Догуаб А.А. «Зеленая сделка» - реальность, в которой надо жить // Энергетическая политика. 2020. №10 (152). С.36.

ЕС разработал плановые показатели создание углеродно-нейтральной экономики к 2050 году, сформулировав программный документ Green Deal (упоминается в первой главе), закрепляющий ключевые параметры минимизации выбросов CO_2 на основе активного применения ВИЭ.

Поэтому стоит отдельно подчеркнуть тот факт, что в импортируемой сегодня электроэнергии Европейским Союзом из стран, не уделяющих должного внимания развития ВИЭ, интенсивность углеродного следа выше в 3 раза, чем в странах ЕС.[334]

Не менее авторитетный доклад компании Ember (Великобритания)[335] констатирует опережение увеличении доли ВИЭ на первое полугодие 2020 года невозобновляемых источников, сравнивая уже известные нам 40 процентов ВИЭ с 34 процентами ископаемого топлива (6% - газ, 32% - угль). Доля электростанций на базе ВИЭ выросла на 11 процентов. Если вычесть мощности гидро- и биоэлектростанций, то чистая доля солнечной и ветровой энергетики составила 22 процента. Соответствующий прирост 2020 года по отношению к 2019 году достиг 4,4 процента. Ожидается, что динамика прироста установленных мощностей возобновляемой энергетики сохранит набранный темп.

Доклад подчеркивает и экологические особенности применения возобновляемой энергетики стран ЕС: в Дании доля ветровой и солнечной энергии приблизилась к 2/3 от общей доли выработанной в стране энергии, а Польша осталась «лидером» в ЕС по применению экологически «грязной» угольной генерации.

Для успешного воплощения в жизнь индикаторов Green Deal Европейский Союз разработал регулятивный документ EU Taxonome.

---

[334] Доля ВИЭ в выработке электроэнергии в ЕС достигнет 60% к 2030 году. URL: https://energy.hse.ru/Wiie (дата обращения: 21.09.20).

[335] В Евросоюзе ВИЭ впервые опередили ископаемое топливо в генерации электроэнергии. URL: https://renen.ru/vie-vpervye-operedili-iskopaemoe-toplivo-v-generatsii-elektroenergii-v-es (дата обращения: 20.08.20).

По сути, данный документ, определяющий институциональные ключевые цели, способствует устойчивому экологическому развитию ЕС[336], достижение которых внесёт существенный вклад в смягчение последствий изменения климата, адаптацию к его изменению, бережливое применение и сохранение водных ресурсов, создание экономики на циркулярных принципах (3R), противодействие загрязнению окружающей среды, защиту и восстановление биоразнообразия и экосистем. Таким образом, EU Taxonome является основополагающим ключевым инструментом, стимулирующим дальнейший процесс декарбонизации экономики в Европейском Союзе.

Данный документ вводит понятие «стимулирующей деятельности», которая рассматривается как вносящая существенный вклад в достижение одной или нескольких вышеперечисленных экологических целей, являясь определенным ориентиром для инвесторов ESG, поддерживающих переход к климатически нейтральной экономике в соответствии с путем ограничения повышения температуры до 1,5 °C выше доиндустриального уровня.

Подчеркнём следующее. Документ оказывает поддержку инвестиционной деятельности, которая имеет уровни выбросов парниковых газов, соответствующие лучшим показателям в секторе или отрасли, не препятствует разработке и внедрению низкоуглеродных альтернатив, и, что достаточно важно, не приводит к блокированию углеродоёмких активов, учитывая экономический срок службы этих активов[337]. Таким образом, данный документ является продолжением разумного государственного регулирования взаимного развития возобновляемой и невозобновляемой энергетикой.

---

[336] EU Taxonomy Regulation. URL: https://www.ey.com/en_lu/wealth-asset-management/luxembourg-market-pulse/eu-taxonomyregulation#:~:text=On%2022%20June%202020, was%20published %20on%20the%20Official (дата обращения: 12.03.2021).

[337] Бучнев А.О. Экологические особенности использования возобновляемой энергии в свете достижений Целей устойчивого развития // Государственная служба. 2021. № 4. С. 62.

Интересно отметить, что раскрытие информации о компаниях-объектах инвестиций должно позволять инвестиционным фондам сообщать о доле своего фонда, инвестированного в деятельность, согласованную с EU Taxonome, для каждой компании - объекта инвестиций.

Для смягчения последствий изменения климата конкретный вид деятельности может быть признан достойным поддержки, если его экономическая деятельность соответствует техническим критериям отбора EU Taxonome. Компании, раскрывающие свои капитальные вложения в экономическую деятельность в рамках плана, подлежащего приведению в соответствие с EU Taxonome, должны предоставлять полную информацию для построения «зеленых» портфелей, а также для анализа планов перехода компаний и/или показателей стратегий достижения экологической устойчивости.

Почему автор так подробно остановился на данном документе именно в разделе экологии, а не в изучении практического опыта ЕС в деле внедрения «зеленых» технологий? Потому что включение в EU Taxonome той или иной технологии повышает её жизнеспособность и обеспечивает ей существенные меры поддержки. Фактически, положения данного регулятивного документа определяют инвестиционную привлекательность в отношении источников энергии на территории ЕС и, в случае их несоответствия, предопределяет планомерное выбытие из энергетического баланса.

Немного об экологических особенностях атомной энергетики, которую в принципе нельзя отнести к невозобновляемым источникам энергии.

Однако, такие предложения существуют, в частности в ЕС оценивается возможность приравнять атомную энергию к ВИЭ, хотя по сравнению с использованием возобновляемой энергии, атомные электростанции – это опасный источник загрязнения природной среды.

Тем не менее, Франция, как лидер использования АЭС (а также Чехия и еще 5 стран ЕС), настаивают о включении в данный документ генерации на базе атомной энергии как полноправно, по их мнению, относящейся к

возобновляемой энергетике. Положительному решению данного вопроса противодействует Германия (а также Италия и еще 17 стран ЕС), делая упор на наносящую урон экологии технологию захоронения радиоактивных отходов. Эксперты JRC (JOINT RESEARCH CENTER) разработали отчет о современных технологиях атомной энергии, её стадиях, последствиях, включая экологические, в том числе хранения отходов.[338]

Основной экологический аспект отчета делается на сравнительный анализ вредных веществ за жизненный цикл генератора электрической энергии, включая CO_2, PM2.5 (мелкодисперсного аэрозоля размером 2,5 мкм), NO_X (оксиды азота), SO_2 (двуокиси серы), доказывая их соразмерность в жизненных циклах генераторов ветровой, солнечной и атомной энергии.

Однако, атомная энергетика несоизмеримо больше потребляет водный ресурс и существенно формирует тепловое загрязнение (испарение воды в градирнях, перегрев охлаждающих водоемов, формирование искусственной инверсии температур над источником, развивающем микроциркуляцию атмосферы, меняющей микроклимат и ускоряющей перенос загрязнений).

Доклад допускает наличие технологий относительно безопасного захоронения отходов в глубоких скальных отложениях, но подчеркивает отсутствие единого мнения у экспертов по данному поводу. Эксперты утверждают, что усредненный углеродный след атомной энергии (28 г/кВт·ч) выше, чем у ГЭС и ВЭС (26 г/кВт·ч), но ниже чем у СЭС (48 г/кВт·ч, причём по причине использования ископаемой энергии при производстве СЭС в КНР у ряда СЭС этот параметр доходит до 85 г/кВт·ч) и биоэнергии (45 г/кВт·ч). Отметим, что у газовой генерации составляет 500 г/кВт·ч, угольной 888 г/кВт·ч, при пороге включения в EU Taxonome – 100 г/кВт·ч.

Приведём в пример выводы исследования Университета Сассекса, которое на двадцатипятилетнем временном горизонте рассмотрело 123

[338] Technical assessment of nuclear energy with respect to the ‘do no significant harm’ criteria of Regulation (EU) 2020/852 (‘Taxonomy Regulation’). European Commission Joint Research Centre, Petten, 2021. P. 271.

национальных экономики, разделив их на три группы: развивающих только ВИЭ, атомную энергию и ВИЭ одновременно и исключительно атомную энергию[339]. Тридцать стран сделали ставку на атомную энергию, а сто семнадцать стран на возобновляемую энергию, соответственно исследование выделяет страны, развивающие оба виды энергии.

Относя к приверженцам атомной энергии Китай, Россию, США, Францию, Индию, Пакистан (перечислены только крупные производители), а ко второй группе Германию, Данию, Исландию и другие страны, исследование делает вывод, что одновременное развитие обоих видов энергии не эффективно как из-за отвлечения средств, так и отсутствием корреляции развития атомной энергии и снижения вредных выбросов.

Данное явление связанно не только с высокой стоимостью утилизации отработанных отходов атомной энергии и потенциально опасного ущерба окружающей среде, описанного выше, но и их существенно возросшей стоимостью строительства новых энергоблоков (в том числе из-за мер безопасности повышения эксплуатации), большим сроком строительства, существенной разовой концентрации инвестиций в строительство АЭС, что не требуется при использовании ВИЭ.

Гидроэнергетика традиционно воспринимается как надежный и крупный сектор не только возобновляемой, но и всей энергетики в целом. За более чем вековую историю использования гидроресурсов для производства электрической энергии объемы её выработки хорошо прогнозировались даже с учетом значительных сезонных колебаний в некоторых из регионов с переменчивыми погодными условиями. Благодаря накоплению гидроресурсов на ГЭС дамбового типа появилась возможность управлять уровнем воды ниже по течению, что несмотря на экологически негативные последствия затопления территорий до самой дамбы, приобрело важную

[339] Атом, солнце или ветер: ученые выяснили, что экологичнее. URL: https://www.gazeta.ru/science/2020/10/13_a_13318051.shtml?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop&nw=1602617489000 (дата обращения: 22.09.20).

функцию предотвращения чрезвычайных ситуаций.

Тем не менее, отдельные случаи избыточного паводка или прочих внешних факторов, превышающих предельные эксплуатационные возможности дамб, приводили к катастрофам национального масштаба, что предъявляло дополнительные требования к безопасности при возведении новых станций, но не означало абсолютную устойчивость к стихийным бедствиям. Так, во многом по причине тайфуна Нина в 1975, натиска воды не выдержали в общей сложности 62 дамбы в Китае, крупнейшей из которых стала дамба Баньцао, построенная из расчета предельной нагрузки в объеме 306 мм осадков в день при среднегодовом объеме показателя на уровне 800 мм. Но не только избыток осадков входит в число факторов происшествий техногенного и природного характера, поскольку их отсутствие также может иметь негативные последствия при истощении запасов водных ресурсов. Глобальное изменение климата привело к увеличению как частоты, так и силы подобных происшествий, что в том числе стало играть роль критического риска для гидроэнергетики.

Засушливый период весны и лета прошлого года сказался на энергетики сразу нескольких регионов мира. Так, в США производство электроэнергии на ряде крупных ГЭС[340] упало на четверть и более, одна станция была вовсе остановлена, что случилось впервые с её введения в эксплуатацию в 1967 году. Во избежание веерных отключений и снижения нагрузки на энергосистему Калифорнии, губернатор Гэвин Ньюсом был вынужден издать указ о временном разрешении на использование локальных генераторов на традиционном топливе, которое было законодательно ограничено в связи с экологическими нормами. В Бразилии был повышен тариф на электроэнергию в 1,5 раза, и временно увеличены объемы производства на электростанциях, использующих традиционное топливо.

[340] Droughts shrink hydropower, pose risk to global push to clean energy. URL: https://www.reuters.com/business/sustainable-business/inconvenient-truth-droughts-shrink-hydropower-pose-risk-global-push-clean-energy-2021-08-13 (Дата обращения 15.11.2021)

Для этой страны, как было отмечено ранее, характерна значительная приверженность гидроэлектроэнергетике, установленная мощность которой не прекращает увеличиваться, в том числе за счет малых ГЭС и трансграничных проектов в этой области. Однако, со стороны правительства также признан высокий риск перебоев с энергоснабжением в связи с климатическими изменениями, во избежание которого спешно развивается единая энергетическая сеть для перераспределения мощности, в первую очередь со стороны регионально избыточных солнечных и ветровых электростанций. Для Китая засуха сказалась в большей мере на провинции Юньнань, являющейся одним из двух основных поставщиков гидроэлектроэнергии страны. Это второй случай с 2010 года, когда засуха сказалась на многих провинциях центрального и юго-восточного Китая, а также некоторых сопредельных государствах. По данным китайских специалистов изменения климата неизбежно скажется на динамике образования гидроресурсов региона, для нормализации потребления которых необходимо увеличение объема водохранилищ, что, в свою очередь, также несет экологические риски. В целом, внутреннее потребление электроэнергии региона снизилось на 1/3, вызвав сокращение производств на 1/10.

Популяризация нефинансовых критериев оценки инвестиций, связанных преимущественно с экологией использования энергии, дополнительно вынуждает все больше компаний традиционного энергетического сектора проявлять внимание как к процессу декарбонизации, так и общей вовлеченности в улучшение E-критериев в формирующихся ESG-метриках.

Необходимо отметить, что ряд российских нефтяных компаний, например Лукойл, задумались об инвестициях в возобновляемые источники энергии именно с целью снижения вредных выбросов. В рамках реконструкции комплекса сооружений Краснополянской гидроэлектростанции, включающую малую ГЭС, мощностью 1,5 МВт,

Лукойл увеличил долю возобновляемой энергии до 6 процентов в общем балансе коммерческой выработки электроэнергии, отметив, что ВИЭ будут способствовать снижению вредных выбросов на 500 тысяч тонн CO_2-эквивалента в год[341]. Эта компания также инвестирует в выработку электроэнергии на основе ветра на базе ветропарка Land Power (84 МВт), солнечные электростанции в Волгограде, Румынии, Болгарии (21 МВт) и гидроэнергию (291 МВт)[342]. Отметим, что и крупнейшая мире нефтетранспортная компания Транснефть осваивает использование ключевых видов возобновляемой энергии для собственных нужд. Более подробно развитие возобновляемой энергетики в отечественных условиях рассмотрим в четвертой главе.

В то же время, хотя ВИЭ и представляются наиболее перспективными энергетическими ресурсами с точки благоприятного воздействия на экологию, отдельные технологии производства энергии на их базе вызывают весьма много дискуссий относительно безопасности для окружающий среды, а также требуют решения в вопросах утилизации данного оборудования.

Рассмотрим ряд аспектов утилизации отработавшего оборудования ВИЭ. Как и любое оборудование, имеющего понятие физического износа, срока и норм амортизации, определяемых требованиями бухгалтерского и налогового учета, так и генераторы возобновляемой энергии подлежат своевременной замене и утилизации. Как было отмечено выше, постоянное использование модифицирующих инноваций при замене оборудования, повышает удельную производительность генераторов (с 1 МВт до 15 МВт и это не является пределом).

Рассмотрим, как процессы утилизации продлевают полезное

---

341 "Лукойл" увеличит выработку зеленой энергии. URL: https://rueconomics.ru/471305-lukoil-uvelichit-vyrabotku-zelenoi-energii?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop&nw=1602618064000 (дата обращения: 14.10.20).

342 «Лукойл» нарастит выработку зеленой энергии после модернизации ГЭС. URL: https://lenta.ru/news/2020/10/12/lukoil/?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop&nw=1602618064000 (дата обращения: 14.10.20).

использование материалов бывшего в употреблении оборудования ВИЭ.

По предварительным оценкам в Европейском Союзе подойдут к предельному сроку службы порядка четырнадцати тысяч ветроприводов генераторов (лопастей) к 2023 году[343]. Группа экспертов WindEurope отмечает сложившуюся практику утилизации ветроустановок, включая составляющие несущей конструкции и самой гондолы, где расположены механизмы управления и генератор. Уровень переработки достигает девяносто процентов от общей массы.

Учитывая, что использование композитных материалов для обеспечения долговечности лопастей и минимизации их веса усложняет технологию переработки, немецкие компании, специализирующиеся на их утилизации, объявили о расширении своих производственных мощностей, позволяющих использовать переработанные материалы при производстве некоторых видов цемента, чтобы исключить практику свалочного захоронения не переработанных элементов лопастей.

Эксперты Cefic (Совет химической промышленности ЕС), совместно с EUCIA (Ассоциация производителей композитов ЕС), отмечают необходимость развития и других инновационных технологий переработки, называя в приоритете использование расщепление ионами растворителя (технология сольволиз) и сепарация сложных молекул под тепловым воздействием на простые звенья (пиролиз). Однако, по мнению автора, необходимо существенно уменьшить энергоёмкость предложенных технологий, или провести отдельное исследование, оценив выработанную энергию ветрогенератором за весь его жизненный цикл и сравнив её с требуемой энергией на его утилизацию.

Также необходимо отметить, что и в производстве солнечных батарей, раскрытым ранее в разделе ресурсных ограничений отдельных промежуточных видов продукции для солнечных генераторов в Китае и

[343] Европе предстоит утилизировать 14 тысяч лопастей ВЭУ. URL: https://rawi.ru /2020/06/evrope-predstoit-utilizirovat-14-tyisyach-lopastey-veu (дата обращения: 10.07.20).

являющимся чрезвычайно энергоемким производством, добавляется необходимость снижения углеродного следа не только за счет уменьшения объемов производств, но и соответствующего совершенствования технологий. К указанным ранее материалам добавим, что национальное министерство промышленности и информационных технологий постоянно обновляет промышленные стандарты качества[344], поскольку уже в ближайшем десятилетии планируется строительство крупных солнечных электростанции общей мощностью порядка 0,5 ТВт с минимальным углеродном следом производства. По итогам 2019 года выпуск новых солнечных электростанций превысил мощность 170 ГВт или, что более впечатляюще, девяносто четыре процента от всего мирового производства солнечных батарей (порядка 70 процентов производства поликремния, необходимого для создания гелиопанелей контролируется КНР).

Постепенно ужесточая экологические нормы предельных затрат на используемую воду и энергию, а также повышая стандарты качества производства СЭС, Китай стимулирует генерацию инноваций в технологическом процессе их производства, обязав компании данного направления финансировать разработку новых производственных технологий в объёме не менее трех процентов от общего оборота компаний.

Напомним пример формирования налогового стимулирования (не принуждения) применения зеленых технологий на индивидуальном уровне правительством Норвегии. Отметим и такой важный аспект, который можно отнести как к экономической, так и экологической эффективности возобновляемой энергии. На продолжительном временном периоде наблюдалось определенное искажение оценки экономической эффективности возобновляемой энергии, которое формировалось отсутствием в тарифах ВИЭ их нулевого или минимального в зависимости от

[344] Китай намерен сократить чрезмерное производство солнечных панелей. URL: https://gisprofi.com/gd/documents/kitaj-nameren-ostanovit-chrezmernoe-proizvodstvo solnechnyh-panelej.html (дата обращения: 21.10.20).

категории ВИЭ воздействия на экологическую обстановку (приложение 7, таблица 38). Один из первых сравнительных анализов 2014 года внешних издержек, проведенного в ФРГ на генерацию электрической энергии из ВИЭ и ТИЭ (традиционные источники энергии), показало больший вред от группы ТИЭ (рис. 55).

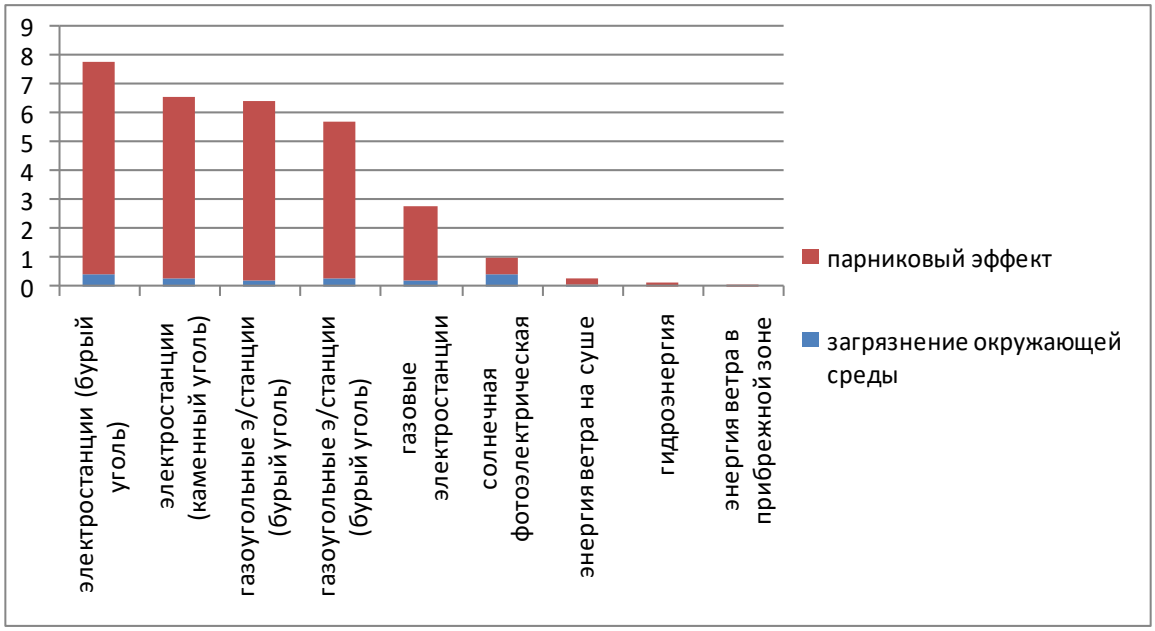


Рис. 55 Внешние издержки генерации электроэнергии посредством ВИЭ и ТИЭ в евроцентах/кВт·ч. Источник: NUIE.

Оплата за выбросы углекислого газа составляла 70 евро/т CO_2. Соответственно в генерации электрической энергии на базе каменного и бурого угля внешние издержки находились в интервале 0,058 - 0,078 евро/кВт·ч, на базе природного газа – 0,028 евро/кВт·ч, посредством различных видов возобновляемой энергетики в интервале – 0,001 - 0,01 евро/кВт·ч.

Современная ситуация в области снижения выбросов углекислого газа при выработке электрической энергии следующая. После незначительного роста выбросов CO_2 в течении двух лет, в 2019 году отмечено незначительное их сокращение в объеме 0,2 % процента. Отчасти это произошло из-за снижения на 2,1 процента потребления электроэнергии, но и заметной

минимизации удельного выброса CO_2 на 3,2 процента или 443 г CO_2/кВт·ч из-за увеличения доли в топливно-энергетическом балансе мира ВИЭ.

Кроме этого, необходимо отметить и вклад замещения угольной генерации газовой генерации как наиболее оптимального невозобновляемого источника в качестве перехода к углеродно-нейтральной энергетике. Подчеркнем, что основным источником производства энергии на переходный период в экологически чистое будущее будет оставаться природный газ[345].

Рассмотрим вклад национальных экономик, обеспечивших стабилизацию и некоторое снижение выбросов углекислого газа. Порядка 3,9 процента снижения выбросов обеспечил Европейский Союз (отметим существенный вклад таких стран как ФРГ, Великобритании, Испании), следующие 2,4 процента – вклад в снижение выбросов внесли Соединенные Штаты Америки. Ряд экспертов отмечает вклад умеренных температур, наблюдаемых в 2019 году, а также тенденций замедления экономического развития. Несмотря на прилагаемые усилия в сегменте прорывного развития возобновляемой энергии в Китайской Народной Республике отмечен рост выбросов CO_2, но с существенным замедлением динамики, к предыдущему периоду рост составил 2,8 процентов. Абсолютное значение показателя интенсивности выбросов углекислого газа в Китайской Народной Республике, по-прежнему, является наивысшим в мире (рис. 56). В Индии, как отмечалось во второй главе, благодаря государственному регулированию баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии и существенному снижению использования угольной генерации, произошло снижение выбросов углекислого газа. Южная Корея постепенно осуществляет замещение угля технологиями СПГ и ВИЭ также уменьшила показатели выбросов CO_2. Российская Федерация, находясь на четвертом месте по уровню выбросов CO_2, сохраняет существующие тенденции выброса

[345] Deng Y., Blok K., Leun K. Transition to a fully sustainable global energy system // Energy Strategy Reviews, Volume 1, Issue 2, September 2012. P.109.

углекислых газов[346]. Данный показатель в контексте национальной экономики будет более подробно рассмотрен в параграфе 4.1., посвященному ресурсному потенциалу России.

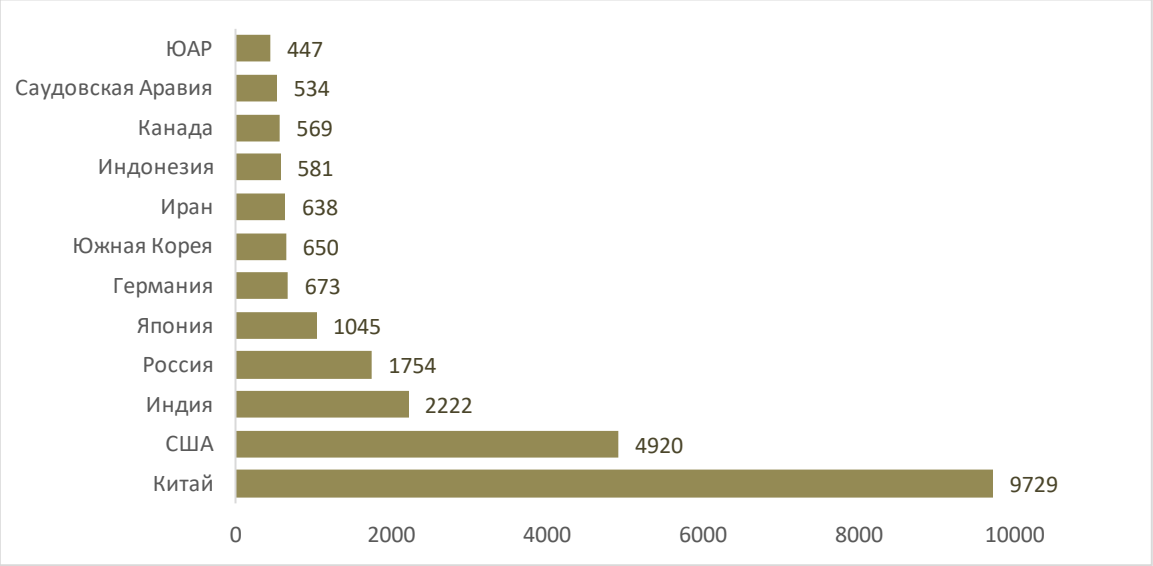


Рис. 56 Интенсивность выбросов CO_2 ключевых стран, Мт. Источник: Enerdata.

Отметим отсутствие Франции в «лидерах» по интенсивности выбросов CO_2, и приведём характерный пример французской компании Total, решившей провести конверсию своего нефтеперегонного завода, перепрофилировав производство под выпуск renewable diesel, в том числе и для авиационной промышленности, массовое изготовление биопластиков на базе двух солнечных электростанций. В контексте данного параграфа важно отметить, что решение о прекращении переработки нефти было принято не только по соображениям перспектив отказа в ближайшем будущем от автомобилей с ДВС, но и с учётом жестких требований к экологическим параметрам современных самолетных двигателей.

Представляется важным, что исходным посылом подобного решения стал результат аудита трубопровода PLIF Иль-де-Франс (260 км), транспортировавшего сырую нефть на НПЗ, остановленным из-за периодических утечек на 5-месячный срок в 2019 году. Аудиторы разрешили

[346] Yearbook. enerdata. URL: https: //yearbook.enerdata.ru/co2-fuel-combustion/CO2-emissions-data-from-fuel-combustion.html (дата обращения: 21.10.2020).

работу трубопровода после устранения утечек на режиме пониженного давления и НПЗ работал на неполной загрузке: две трети нормативной мощности, что мгновенно сказалось на финансовых показателях. Реконструкция, стоимостью около 0,6 миллиарда евро, предполагала практически полную замену трубопровода, а выше заявленный конверсионный (в данном случае энергетический) переход стоил 0,5 миллиарда евро, что и предопределило экологически правильный и финансово подтвержденный вывод о необходимости коренной энергетической трансформации производства. Более того, в 2020 году глобальная мировая компания Total взяла на себя климатические обязательства обеспечить нулевые выбросы к 2050 году[347].

Напомним о новых публичных обязательствах по объёмам снижения парниковых газов, определенных Парижскими соглашениями 2015 года на конференции ООН по проблемам климата[348]. Документ ратифицирован 55 странами, ответственными за половину всех глобальных парниковых выбросов. Сокращение объёма годовых выбросов CO_2 за период 2015 - 2020 годов оценивалось в диапазоне 220–560 миллиардов тонн[349]. Российская Федерация в лице своего представителя на данной конференции заверила мировое сообщество о возможностях страны в построении углеродно-нейтральной экономики. Учитывая, что большинство стран-участников данной конференции выполняют взятые на себя публичные обязательства по снижению углеродного следа в производстве национальных товаров, происходит определенная смена критериев оценки успешности стран и бизнеса по их вкладу в деле защиты окружающей среды.

---

[347] Новое обязательство Total: «чистые нулевые выбросы» углерода к 2050 году. URL: https://renen.ru/novoe-obyazatelstvo-total-chistye-nulevye-vybrosy-ugleroda-k-2050-godu (дата обращения: 30.10.2020).

[348]Конференция ООН по проблемам климата в Париже. URL: http://ria.ru/trend/paris_climat_conference_un_28112015 (дата обращения 10.04.2016).

[349]Special Report on Renewable Energy Source Sand Climate Change Mitigation. URL: http://www.srren.org (дата обращения 17.09.2015).

Появление крупных рейтинговых агентств, оценивающих бизнес с точки зрения эффективности упоминаемых выше критериев ESG, говорит о возрастающем интересе мирового сообщества к Целям устойчивого развития и способам их скорейшего достижения.

Обратив внимание в начале параграфа, что в импорте электроэнергии Европейского Союза из стран, не уделяющих должного внимания развитию возобновляемой энергетике, интенсивность углеродного следа выше в 3 раза, чем в странах ЕС, кратко остановимся на возможных последствиях для отечественных экспортеров ископаемых традиционных ресурсов данного соотношения. Планируемое применение углеродного налога на импорт в ЕС товаров, который, по предварительной оценке, может составить до 7 миллиардов евро в год от оборота ввозимых товаров, в основном сырьевого характера из Российской Федерации, что потребует ускоренного применения отечественными компаниями переход на «зеленые» технологии, чтобы соответствовать требованиям ЕС в краткосрочной перспективе.

Отметим также, что документ Green Deal не планирует компенсаторных страновых положений по минимизации углеродных выбросов, кроме учета поглощаемости так называемых управляемых лесов и становится реальным стимулом для оценки последствий не только сокращения импорта традиционных видов энергии путем замещения их ВИЭ, но и экономических потерь для стран экспортеров оставшейся доли импорта из-за обложения дополнительным экологическим налогом.

Поэтому необходимо поддержать ряд инициатив по внедрению реестра углеродных единиц, когда компания, инвестировав средства в экологически чистый проект, например, восстановления лесного массива, может использовать созданную углеродную единицу для соблюдения собственной квоты на выбросы CO_2.

В выступлении Президента Российской Федерации В.В.Путина на ПТЭФ-2021 дана оценка оборота проектов климатической отрасли до 50

миллиардов долларов в год.[350] В ряде статей и исследований[351] во избежание подобных издержек оцениваются спешные меры по уменьшению углеродного следа рядом американских и европейских компаний в основном путём применения «зеленых» технологий, подчеркивается, что процессы декарбонизации экономики возрастают, но кроме возобновляемых источников энергии проводятся исследования по применению «зеленого» водорода, подчёркивая, что энергия для получения которого также должна иметь экологически чистое происхождение.

Завершая параграф важно отметить, что во главе принципа государственного регулирования и стимулирования возобновляемой энергетики лежит факт осознанного признания необходимости энергетической трансформации в сторону углеродно-нейтральной модели построения энергетики с чистой «зеленой» экономикой, обеспечивающей восстановление экологической сферы ради будущего нашей планеты. Данный процесс невозможен без использования ВИЭ, однако само генерирующее оборудование на их базе также должно соответствовать самым жестким экологическим нормам на всем жизненном цикле, включая его производство и утилизацию со всеми сопутствующими технологическими цепочками, что входит в число передовых регуляторных документов в этой области и должно быть распространено повсеместно.

Перейдём к изучению перспективных инновационных решений, которые приведут к большей интеграции ВИЭ в энергетику и экономику и, как следствие, обеспечат их более ускоренное становление в качестве ключевого инструмента формирования новой энергетической парадигмы, оценим интегральный макроэкономический эффект от активизации применения ВИЭ.

---

[350] Пленарное заседание Петербургского международного экономического форума. URL: http://kremlin.ru/events/president/news/65746 (дата обращения: 10.08.2021).

[351] Пусенкова Н.И. Политика декарбонизации европейских и американских нефтяных компаний // «Общество и экономика». 2021. № 5. С.55.

3.4. Интегральный макроэкономический эффект применения ВИЭ и перспективные инновации, направленные на его рост.

Для качественной оценки интегрального макроэкономического эффекта, возникающего от применения и активного распространения возобновляемой энергии, в дополнение к параграфу 3.1. (формула 5 оценки эффекта для потребителей возобновляемой энергии) рассмотрим ВИЭ как сегмент экономики, формирующий добавленную стоимость и одновременно перераспределяющий её в другие сопряженные подотрасли экономики[352] в рамках технологической цепочки: ВИЭ – СХЭ – система распределения и управления накопленной энергии.

Как мы выяснили в предыдущих параграфах, перед тем как данная технологическая цепочка начинает генерировать добавленную стоимость на создаваемый продукт, предварительно формируются принципиально новые отраслевые связи с металлургическими (основы несущих конструкций ВЭС и СЭС, машиностроительными (генераторы ВЭС, ПЭС и биоэнергии), химическими (полимерные композитные материалы для лопастей ВЭС и не только), IT-отраслями (системы управления интернет-энергией и разработка программного обеспечения), производство аккумуляторов разной мощности. Сегмент производства аккумуляторов встраивается и в другую технологическую цепочку – производство электромобилей, которые в свою очередь, формируют требование к инфраструктурному обеспечению в виде строительства станций подзарядки, которые в качестве первичного источника всё больше начинают использовать ВИЭ и СХЭ, формируя дополнительную добавленную стоимость.

Общеизвестно, что каждая из перечисленных отраслей перераспределяет добавленную стоимость в свои сопряженные

---

[352] Gereffi G., Korzeniewicz M. (eds.) Commodity Chains and Global Capitalism, Westport, CT: Greenwood Press, 1994. P. 245.

технологические цепочки: машиностроение – металлургическая отрасль – горнодобывающая промышленность, формируя несколько технологических переделов, что проиллюстрировано в сочетании с основными прямимыми и косвенными связями ВИЭ на рисунке 57.

По сути, аббревиатура ВИЭ вышла за пределы термина, означающего исключительно производство энергии и больше означает философию формирования углеродно-нейтральной экономики будущего, в ядре которой находится принцип использования преимущественно возобновляемой энергии в качестве надёжного и доступного энергетического ресурса, обеспечивающего постепенное решение экологических и социально-экономических проблем.

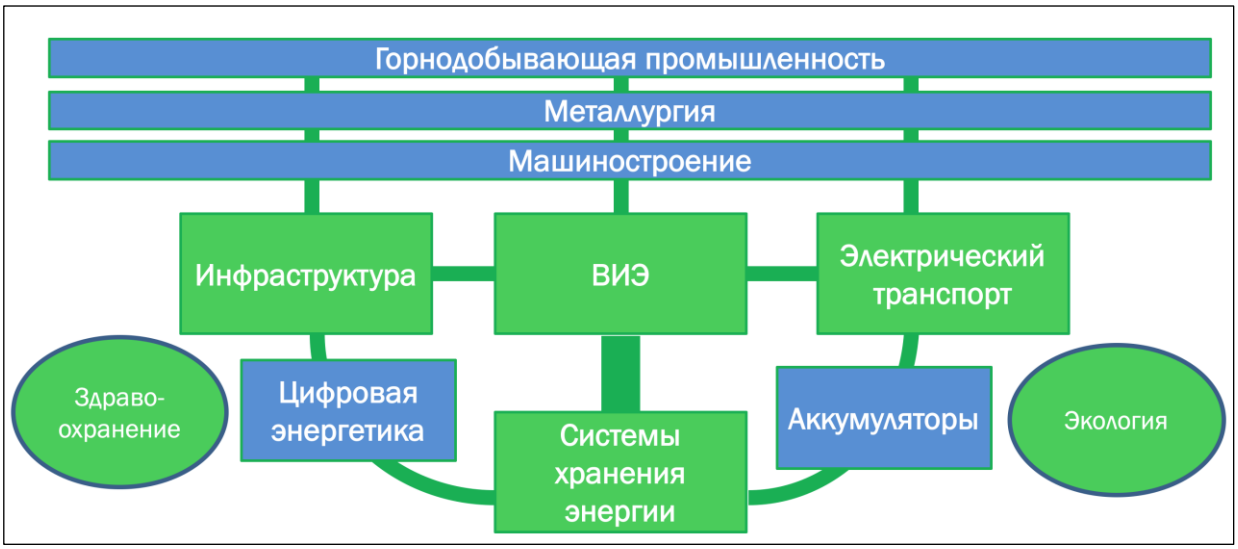


Рис. 57 Иллюстрация производственных связей ВИЭ. Разработано автором.

Как было отмечено в предыдущем параграфе формируются новые технологические цепочки и по утилизации отработавшего оборудования, например, отслужившие свой срок лопасти ВЭС – переработка – производство строительных плит.

В каждой из перечисленных технологических связей генерируется свой экономический оборот, связанный с производством, логистикой и монтажом оборудования, который обеспечивает налоговые отчисления в различные уровни бюджета, новые рабочие места, положительные финансовые потоки,

включающие банковские кредиты на развитие производств и пополнение оборотных средств.

Новые рабочие места оживляют общий потребительский спрос, положительно влияя на социально-экономическую обстановку в национальных экономиках.

Таким образом, достоверная оценка формирования добавленной стоимости в сопряженных с ВИЭ сегментах экономики требует отдельного исследования как в рамках методики исследования эффективности межотраслевых связей, предложенной IDS (Institute of Development Studies)[353], так и на базе производственного межотраслевого баланса (МОБ), оценивающего степень перераспределения товаров и услуг (таблицы «Затраты – Выпуск»), предложенного нашим соотечественником В.В. Леонтьевым[354], которые периодически разрабатываются Росстатом по данным статистического наблюдения[355].

Однако данные методические подходы не позволяют оценить макроэкономический эффект от активного применения ВИЭ, возникающего в создаваемых климатических отраслях экономики, лишь косвенно учитывая исключение экологических последствий от замещения ВИЭ ископаемой энергетики, не говоря уже о всех положительных социально-экономических последствиях укрепления института просьюмеров, обеспечивающего дополнительную прибыль значительному числу граждан и вовлечение в экономическую деятельность дополнительных ресурсов, увеличение

---

[353] Bazan L., Navas-Aleman L. The Underground Revolution in the Sinos Valley: a Comparison of Upgrading in Global and National Value Chains / Huber Schmitz: local Enterprises in the Global Economy. Edward Elgar Publishing Ltd. 2004. P. 114.

[354] Леонтьев В. В. Межотраслевая экономика / Василий Леонтьев; [Науч. ред. и авт. предисл. А.Г. Гранберг]. – Москва : Экономика, 1997. С. 349.

[355] Приказ Росстата №555 от 10.09.2021 года «Об утверждении основных методологических и организационных положений федерального статистического наблюдения за затратами на производство и продажу продукции (товаров, работ и услуг) для разработки базовых таблиц «затраты - выпуск» за 2021 год». URL: https://rosstat.gov.ru/zatr-vp (дата обращения: 20.09.2021).

продолжительности жизни, предотвращение ущерба от инфраструктурных аварий.

Для оценки общественного эффекта применения возобновляемой энергии на государственном уровне представляется целесообразным включить следующие составлявшие:

- выручка от производства генераторов возобновляемой энергии;
- выручка подрядных специализированных организаций по монтажу генераторов ВИЭ и сопутствующего оборудования;
- суммарные налоговые отчисления от производства и монтажа оборудования;
- оценка дополнительного платежеспособного спроса от созданных рабочих мест производства и монтажа оборудования ВИЭ;
- оценка роста финансовых результатов банковской сферы от предоставления специализированных кредитов и займов на расширение производственных линий в сфере генераторов ВИЭ;
- оценка интегрального эффекта от роста численности просьюмеров;
- оценка экономии средств органов правопорядка и Минздрава от улучшения социально-экономической и экологической ситуации;
- оценка экономии средств от отсутствия последствий применения невозобновляемой энергетики на окружающую среду.

При наличии качественно новых результатов при реализации проекта не представляющих возможность количественного расчета и прямого включения в оценку его эффекта, возможен их учет как сопутствующих показателей общественной эффекта[356].

Таким образом, в целом общественный эффект массового применения ВИЭ выразить формулой 7.

[356]Clark J.M. The Economics of Planning Public Works. – Washington, DC : U.S. Government Printing Office, 1935. P.65.

$$Э_{ОЭ} = \sum_{i=1}^{n} НПР_i + \sum_{i=1}^{j} НКП_i + \sum_{i=1}^{k} ЗЭ_i + \sum_{i=1}^{t} ППР_i + МЗ + ЗУИ + \sum_{i=1}^{m} ЭЗ_i \quad (7)$$

где

$Э_{оэ}$ – экономическая оценка общественного эффекта;
$Н_{пр}$ – налоговые поступления, формируемые от генерации возобновляемой энергии;
$Н_{кп}$ – налоговые поступления, формируемые сопряженными с ВИЭ отраслями;
$З_{э}$ – экономия затрат на приобретение невозобновляемой энергии;
$П_{пр}$ – затраты на обеспечение деятельности энергетических просьюмеров;
$М_{з}$ – экономия затрат национальной системы здравоохранения от уменьшения заболеваний, связанных с плохой экологической обстановкой;
$З_{уи}$ – экономия затрат на предотвращение ущерба от инфраструктурных аварий;
$Э_{з}$ – экономия затрат на возмещение экологического ущерба от применения ТИЭ;
n – количество экономических агентов, занятых генерацией ВИЭ;
j – количество экономических агентов в сопряженных с ВИЭ отраслях;
k – количество экономических агентов приобретающих возобновляемую энергию;
t – количество энергетических просьюмеров;
m – количество экономических агентов, генерирующих и использующих ТИЭ.

Формулу 7 можно дополнить элементом, включающем в себя оценку отсутствия затрат ликвидации последствий нитратного загрязнения почв и грунтовых вод, с одновременной выработкой биоэнергии, определяемую по формуле 8.

$$Э_З = \sum_{i=1}^{n} (Ш_i + ЗЭ_i + ЗТ_i) \quad (8)$$

где

Ш – экономия на штрафах за загрязнение почв и грунтовых вод;
$З_{э}$ – экономия на затратах на приобретаемую электроэнергию;
$З_{т}$ – экономия на затратах приобретаемой тепловой энергии;
n –количество агентов
$Э_{з}$ – суммарная экономия затрат.

Общество в целом, поставив задачу к переходу к углеродно-нейтральной экономике, решает множество комплексных задач, в том числе по ускорению инноваций и их дальнейшему массовому применению.

В классических трудах по маркетингу сформировано понимание, что кратковременные рыночные ориентации современного бизнеса не

способствуют росту долговременной конкурентоспособности, имитируя инновации, кратковременно воздействуя на рынок (стратегический маркетинг отклика)[357]. Долговременной конкурентоспособности содействуют, как в области энергетики, так и в любой другой области, использование абсолютных инноваций[358], которые, в случае ориентации бизнеса на принципы ESG, соответствуют Целям устойчивого развития и способствуют построению углеродно-нейтральной экономики.

Современная компания, работающая в соответствии с критериями ESG формирует и укрепляет собственный гудвилл, что начинает играть значительную роль с точки зрения её инвестиционной привлекательности и что было более подробно раскрыто в предыдущем параграфе.

Взаимозаменяемость и сохраняющаяся взаимозависимость национальных энергетических рынков, возросшая мировая конкурентоспособность экспорта ископаемых ресурсов, в том числе и в способе их доставки, активное вытеснение долгосрочных контрактов поставки энергоносителей спот и своп сделками, отсутствие затрат на источники возобновляемой энергии при развитии автономных систем ВИЭ с СХЭ, сделали предельно прозрачными проблемы спроса и предложения энергии[359], которые к сожалению время от времени избыточно политизируются, затормаживая переход к построению углеродно-нейтральной экономики.

Становление инновационной возобновляемой энергетики как самостоятельной отрасли современной экономики, встроенной в технологические цепочки взаимосвязанных объектов от этапа генерации экологически чистой энергии (потребовавшей инновационных материалов,

---

[357] Ламбен Ж.Ж. Менеджмент, ориентированный на рынок : Стратег. и операц. маркетинг / Жан-Жак Ламбен ; [Перев. с англ. С.Жильцова]. – Москва [и др.] : Питер, 2004. С. 247.

[358] Инновационная экономика. Под ред. А. А. Дынкина и Н. И. Ивановой ; Рос. акад. наук, Ин-т мировой экономики и междунар. отношений (ИМЭМО). - [2-е изд., испр. и доп.]. Москва : Наука, 2004. С.14.

[359] Бучнев А.О. Конкуренция альтернативной и традиционной энергетики: объективная реальность // Проблемы теории и практики управления. 2010. № 5. С.81.

изделий, технологий) до этапа хранения, накопления и распределения (вызвавшего к жизни новые технологические и управленческие инновации) невозможно без сбалансированного учета интересов государства, общества и бизнеса[360].

Высказанный автором четырнадцать лет назад тезис о влиянии ВИЭ и планомерном замедлении спроса на ископаемую энергетику вызывал некоторое непонимание, но уже спустя несколько лет прогнозы годового потребления Европейского Союза по таким энергоносителям как нефть и газ были пересмотрены в сторону уменьшения их объёма[361],[362].

Дополнительным фактором признания влияния ВИЭ стала формирующаяся концепция устойчивого развития с его главной экологической составляющей и её потенциальными возможностями, соизмеримыми со всеми видами ископаемых ресурсов[363].

Возобновляемая энергетика как вид инновационной экономики с огромными ежегодными инвестициями, с расширяющейся номенклатурой производства генерирующего и сопутствующего оборудования, с отработанной системой сервисного сопровождения, с выстраиваемыми стратегическими отношениями с различными группами потребителей ВИЭ, с появлением целого направления научных исследовательских и образовательных программ трансформировалась в глобальный генератор цифровых инновационных решений[364].

Инновационность данного сектора энергетики и экономики лежит не только в плоскости технико-технологических и управленческих решений,

---

[360] Бучнев А.О. Инновационное развитие возобновляемой энергетики. Москва : РАНХиГС. 2016. С.21.

[361]Газовый рынок Европы. URL: http://www.ng.ru/energy/2011-09-13/13_europe_market.html (дата обращения: 13.09.2011).

[362]Телегина Е.А. Энергетические рынки: неопределенность будущего мировой энергетики // Нефть, газ и бизнес. 2014. № 1. С.4.

[363]Безруких П.П. Аналитический доклад "Нетрадиционные возобновляемые источники энергии" // Экологические системы. 2003. №5. URL: http://www.renewables.ru/pdf_doc/29.htm (дата обращения: 13.09.2011).

[364]Бучнев А.О. Инновационная и инвестиционная активность в возобновляемой энергетике // Проблемы теории и практики управления. 2017. № 12. С. 57.

она проявляется в финансово-стимулирующих инновациях, например, в рассмотренном выше распределении дотации между покупателем генератора возобновляемой энергии и его производителем.

Развитие возобновляемой энергетики прошло все стадии классической стратегии интеграционного роста (подстратегию вертикальной интеграции вниз с поставщиками, подстратегию вертикальной интеграции вверх с промышленными потребителями и сбытовыми структурами).

Традиционные энергохолдинги придерживались стратегии интенсивного роста, не требовавшей существенных инновационных решений, но, тем не менее, такие компании как Shell и Statoil первыми вложили существенные инвестиции в ВИЭ.

Видоизменим синергетический подход И.Ансоффа[365] (рис. 58) при выходе на «новый продукт – новый рынок», демонстрирующей суть стратегии интенсивного развития сектора ВИЭ.

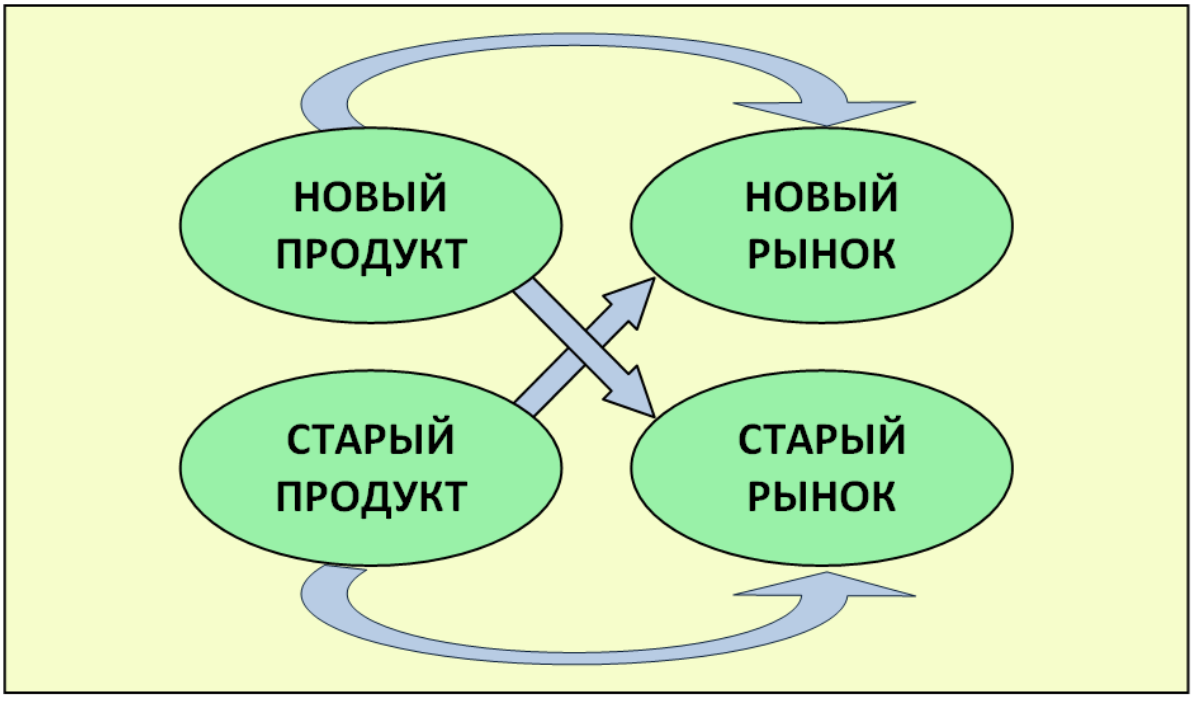


Рис. 58 Стратегии развития рынка оборудования возобновляемой энергетики. Адаптировано автором.

[365]Ансофф И. Новая корпоративная стратегия [Текст] / Игорь Ансофф при содействии Эдвада Дж. Макдоннела ; [пер. с англ. С.Жильцов]. – Москва [и др.] : Питер, 1999. С.137.

Приведём в пример для иллюстрации данного направления в области обеспечения развития ВИЭ формирующийся рынок систем переработки отходов для малых фермерских домохозяйств с использованием технологии анаэробного вываривания, позволяющей помимо задач утилизации и выполнения ряда экологических требований, а также дополнительного финансового потока, приобретают возможность надёжного энергоснабжения собственных хозяйств[366].

Направление «новый продукт – старый рынок» может быть иллюстрировано малыми СЭС, используемыми вместо генераторов на привозном топливе в труднодоступной местности, что помимо удовлетворения базовых потребностей потребителя имеет очевидные преимущества по сравнению с замещенным продуктом.

Поставки готовых и отработанных решений в области возобновляемой энергии на новый рынок, например, в страны Африки служат идеальным примером для схемы «старый продукт – новый рынок».

Менее интересный вектор «старый продукт – старый рынок» присущ не только поставщикам невозобновляемой энергии, примером могут служить первые ВЭС требующие частичной модернизации, вводя в конструкцию модифицирующие инновации, обеспечивая удешевление её продукции, что в целом показывает соответствие нового сегмента экономики и энергетики, которым является сегмент возобновляемой энергетики классическим принципам маркетинга и экономики.

В тоже время, эффективность инновационной составляющей любой компании, как крупной, так и малой зависит от грамотной мотивации персонала, наличие системы поощрения к инновационной деятельности и реальной заинтересованности руководства в создании как абсолютно новых инновационных продуктов, так совершенствовании старых продуктов и

[366]Бучнев А.О. Обзор стратегий вывода на энергетические рынки альтернативных источников энергии. Москва : «Нефть и газ». 2011. С.25.

технологий[367]. Рассмотрим ряд перспективных инновационных решений, которые окажут влияние на рост макроэкономического эффекта от применения возобновляемой энергетики уже в среднесрочной перспективе.

Практически осуществленная идея Н.Теслы о передаче электрической энергии на существенное расстояние прямой видимости без использования проводной системы, воплощена компанией Emrod (Новая Зеландия)[368], что позволит доставить электрическую энергию в труднодоступные районы временного пребывания, когда установка стационарного объекта не имеет экономической целесообразности.

Выбранный диапазон волн для передачи уже так или иначе используется в решении промышленных и медицинских задач. Система защиты отключает передаваемую энергию при попадании в зону объекта любого веса или размера.

Если предположить дальнейшее развитие данной технологии на очень большие расстояния, то открывается невообразимо широкий диапазон её применения, например, для трансляции электрической энергии вырабатываемой орбитальными космическими станциями на базе солнечной энергии, где её эффективность несоизмеримо выше, чем после прохождения земной атмосферы.

Основатель компании Г.Кушнир проинформировал по результатам предварительных испытаний новой технологии, что ожидает рост потребления электрической энергии вдвое с существенной минимизацией энергетических перебоев и уменьшением затрат на передающую инфраструктуру на 65 процентов.[369]

---

[367] Рогалев Н.Д., Бучнев О.А. Топливно-энергетический комплекс: проблемы развития и организации инновационной деятельности. Москва : Издательский дом МЭИ, 2008. С.18.
[368] New Atlas. URL: https://newatlas.com/energy/(дата обращения: 04.08.20).
[369] В Новой Зеландии построен первый рабочий прототип системы беспроводной передачи электроэнергии на большие расстояния. URL: http://xn--80apbncz.xn--p1ai/nauka/54325 (дата обращения: 15.08.20).

Интересно отметить, что технология передачи энергии с помощью микроволнового излучения на существенные дистанции разрабатывается и в Японии. MHI (Mitsubishi Heavy Industries) на базе космических солнечных энергетических систем, получивших сокращение SSPS, отрабатывается технология передачи солнечной энергии с геостационарного спутника на расстояние 36 тысяч километров до нашей планеты как посредством микроволнового излучения, так и посредством твердотельных лазеров.

Правительство Японии в лице Министерства экономики, торговли и промышленности Японии учредило фонд JSS (Japan Space Systems), частично финансируя разработку MHI. Как и в вышеупомянутой компании Emrod технология находится в начальной стадии разработки: передано 10 кВт мощности на расстоянии порядка половины километра[370].

Не менее перспективное и инновационное решение, немного ограниченное природными условиями, предложили немецкие ученые TUM (Technischen Universität München) в развитии гидроэнергетики, реализовав впервые в мире проект турбинного генератора в шахте под рекой Лойзах (Земля Бавария).

В отличии от стандартных проектов обычных гидроэлектростанций глубинный шахтный генератор не оказывает критического воздействия на экосистему реки, кроме защиты миграции рыбы, пропускается любая взвесь, переносимая рекой и оседаемая на дне, необходимая в разумных количествах[371] для нереста рыбы.

Федеративная Республика Германия заложила в перспективный план развития гидроэнергетики двенадцать станций предложенного проекта на реках Iller, Saalach, Würm и Neckar[372].

---

[370] MHI демонстрирует беспроводную передачу энергии. URL: https://www.powermag.com /mhi-demonstrates-wireless-power-transmission/ (дата обращения: 04.09.2020).

[371] Николаева Е.А. Лес рубят – рыбы летят // Рыбачьте с нами. 2009. № 6. С. 150.

[372] В Германии построили первую в мире безопасную ГЭС под рекой. URL: https://aussiedlerbote.de/2020/07/zabota-o-prirode-v-germanii-postroili-bezopasnuyu-ges-pod-rekoj/ (дата обращения: 01.09.20).

Вернемся к процессу возрастания увеличения удельной мощности ВЭС в несколько раз (на базе модифицирующих инноваций) и соответственному снижению себестоимости ветровой энергии ниже себестоимости атомной энергии. На примере в Великобритании[373] можно наблюдать все предпосылки к необратимости данной тенденции. В 2021 году ожидается дополнительное пополнение бюджета на 17,5 млрд. фунтов за счет налоговых отчислений сектора ветроэлектроэнергетики при соответствующем росте занятости на уровне 10 тысяч рабочих мест[374]. В тоже время, к 2022 году производителям необходимо произвести двукратное снижение себестоимости по условиям аукциона от 2018 года для инвестиционных проектов в области ВЭС.

В солнечной энергетике отрабатывается прорывная идея плавающих СЭС на водной поверхности. Например, площадь СЭС Cirata (Индонезии) составляя 4% водной поверхности водохранилища при установленной мощности в 1 ГВт электроэнергии, дополнительно препятствует избыточному испарению хранимой воды.

Япония одна из первых оценила преимущества данной модифицирующей инновации и на сегодняшний момент времени контролирует 3/4 соответствующего рынка.

Интерес к плавающим СЭС проявили в КНР, Великобритании и Бразилии. Емкость на мировом рынке данной инновации оценивается до 2,7 миллиардов долларов США к 2025 году[375].

В целом в сегменте СЭС постоянно повышается производительность солнечных панелей. Крупнейший производитель JinkoSolar достиг при массовом производстве их эффективности 23,45%, вследствие чего

---

373 UK Offshore Wind Industry Reveals Ambitious. URL: http://www.renewableuk.com/news/391723/UK-Offshore-Wind-Industry-Reveals-Ambitious-2030-Vision.htm (дата обращения: 13.03.2018).

374 В Британии электроэнергия от ветряков впервые стала дешевле атомной. URL: https://ru.espreso.tv/news/2017/09/12/v_brytanyy_elektroenergyya_ot_vetryakov_vpervye_stala_deshevle_atomnoy (дата обращения: 21.02.2018).

375 Ciel & Terre starts construction on the world's largest floating PV plant. URL: https://www.pv-magazine.com/2017/06/27/ciel-terre-starts-construction-on-the-worlds-largest-floating-pv-plant (дата обращения: 14.02.2018).

уменьшается необходимая занимаемая ими площадь, что соответственно снижает и удельные расходы по эксплуатации СЭС.

Если две вышеперечисленные инновации можно отнести к инновациям с абсолютной новизной, несущие техническое и технологическое новшество, то следующую модифицирующую инновацию корпорации Siemens Gamesa, разработавшей офшорный ветрогенератор повышенной и на сегодняшний момент максимальной мощности с использованием direct drive (прямой привод), автор сознательно привел в данном параграфе как пример интенсивного развития существующих технических решений.

Диаметр вращения лопастей 222 метра позволил довести мощность с 14 до 15 МВт[376], превысив возможности ветрогенратора Haliade X (12 МВт, General Electric). Что представляется особенно важным, так это вес гондолы с ветрогенератором повышенной мощности (500 т), практически ненамного превысившей вес предыдущей модели, что позволит потребителю использовать имеющиеся высотные конструкции и фундаменты под них. Кроме снижения удельных затрат на одну турбину, снизив потребление исходных материалов и сократив транспортные издержки, производитель обеспечил и потребителю снижение инвестиционных и эксплуатационных затрат.

Перспективная инновация решает одну из главных проблем солнечной генерации энергии, периодическую тень, закрывающую солнечные батареи. Представленный Национальным университетом Сингапура SEG-генератор (Shadow-Effect Energy Generator) использует разность потенциалов между ячеек генератора в тени и на солнце генерируя электрический ток[377].

В ячейках SEG-генератора на кремниевые пластины нанесены сверхтонкие пленки золота и в условиях переменной облачности SEG-генератор оказался в два раза эффективнее обычных солнечных батарей и,

---

[376] Siemens Gamesa. URL : https://www.siemensgamesa.com/en-int/newsroom /2020/05/ 200 519-siemens-gamesa-turbine-14-222-dd (дата обращения : 21.06.2020).

[377] Energy & Environmental Science. URL: https://www.rsc.org/journals-books-databases/about-journals/energy-environmental-science/(дата обращения: 21.06.2020).

как уверяет разработчик, несмотря на применение золота общие затраты при производстве подобного генератора будут меньше стандартных солнечных батарей. Понятно, что создан опытный образец, генерирующий всего 1,2 вольта, но продолжение исследований безусловно улучшит его характеристики[378]. Выше, рассматривая перспективу использования различными способами водорода как перспективного возобновляемого источника, адаптированного к использованию в действующей инфраструктуре, была отмечена недостаточность технологии его устойчивого получения в промышленных масштабах.

Ко всем известным на сегодняшний момент способов его получения добавился еще один, предложенный специалистами лаборатории возобновляемой энергетики Тель-Авивского университета из микроводорослей, внедрив в них энзим гидрогеназу[379], вырабатывающей водород на протяжении всего дня[380]. Понятно, что потребуется продолжительное время для отработки получения водорода в промышленных масштабах.

Рассматривая упомянутые выше плавающие электростанции на базе солнечной энергии, уместно отметить, что изначально данное инновационное решение было предназначено для загрязненных водоемов, но по мере применения модифицирующих инноваций, связанных со стабилизацией положения плавающей системы, данная технология перестала быть нишевым рынком и стала использоваться в прибрежных районах морей.

Определенным толчком использования данной технологии стало осознание бизнесом, что использование региональных площадей менее

---

[378] Ученые создали устройство, генерирующее энергию благодаря тени. URL: https://naked-science.ru/article/physics/seg-generator (дата обращения: 04.09.2020).

[379] Hydrogenases for biological hydrogen production. URL: https://www.researchgate.net/publication/50850298_Hydrogenases_for_biological_hydrogen_production (дата обращения: 04.09.2020).

[380] Израильские ученые нашли способ получать энергию из растений. URL: https://eenergy.media/2020/06/15/izrailskie-uchenye-nashli-sposob-poluchat-energiyu-iz-rastenij (дата обращения: 20.09.2020).

рентабельно из-за высокой стоимости земли. Плавающая солнечная электростанция подобных издержек не имеет, кроме этого, конкурентным преимуществом также является невысокая стоимость доставки энергии и подключения станции к региональной сети в силу малой удаленности от инфраструктуры. Существенный сопутствующий экологический эффект, о котором мы уже упоминали во второй главе, противодействие росту вредных водорослей в водоемах.

Дополнительным экономическим эффектом подобной инновации является повышенная производительность по отношению к традиционным солнечным станциям. На 2020 год наибольшее распространение данная технология получила в странах АТР, где установлено порядка 1 ГВт мощностей. Порядка девяноста процентов рынка данного сегмента определяется двумя компаниями Sungrow (КНР) и Ciel et Terre (Франция). Всего же установлено порядка 1,4 ГВт мировых мощностей с использованием 210 станций, начавших завоевание потребителей с мощности 0,01 ГВт в 2014 году[381]. Разброс предлагаемых рынку мощностей достаточно велик и подходит любому потребителю от 4 кВт (Wattco Pilot, Нидерланды) до 70 000 кВт (Huainan, КНР).

Понятно, что данный раздел можно увеличить в объёме, рассматривая появление все более новых инновационных решений, но автор хотел подчеркнуть лишь тот факт, что только в реальном секторе экономики в перспективное будущее которого верят и инвесторы, и производители, и потребители, инновации генерируются непрерывным потоком, решая в том числе и другие ключевые проблемы современного общества, которые формируют триаду современного устойчивого развития: комплексное решение взаимоувязанных социальных, экономических и экологических проблем.

---

[381] Плавающие солнечные электростанции. URL: http://renewnews.ru/plavuchie-solnechnoenergeticheskie-proekty-stremitelno-rasprostranyayutsya-po-miru (дата обращения: 26.03.2020).

Выводы по Главе 3.

В большинстве стран-лидеров в области стимулирования использования ВИЭ введено в строй (в основном на базе солнца и ветра) существенно больше генерирующих мощностей, чем в традиционной углеродной энергетике, атомной и остальных видах возобновляемой энергетики. Характерно, что оба эти источника возобновляемой энергетики показывают устойчивую тенденцию к снижению себестоимости производства энергии, катализатором формирования которой стала существенная государственная поддержка.

Общей чертой, особенно на первоначальных этапах стимулирования этих источников, была политика гарантированного выкупа или самого генерирующего оборудования, или энергии им произведенной, однако по мере роста производств и формирования рынка сбыта, фактором ускорения развития ВИЭ стала поддержка ускоренной модернизации. Благодаря ей инвесторы получили возможность обновлять генерирующее оборудование еще до наступления срока окупаемости, но при условии определенного улучшения его эксплуатационных характеристик, что позволило улучшить не только ключевые параметры отдельных инвестиционных проектов, но и создать постоянный спрос на инновации со стороны производителей генерирующего оборудования.

Дополнительным фактором снижения стоимости энергии на базе прочих ВИЭ служит особенная масштабируемость технологий генерации, что при массовости их применения означает унификацию производств генерирующего оборудования и возможность удовлетворения спроса разноуровневых заказчиков одним производителем.

Отдельно стоит отметить, что сектор солнечной энергетики благодаря большей унификации технологий и интенсификации инноваций в области как производства генерирующего оборудования, так и самих

преобразователей энергии, по установленным мощностям сравнялся с сектором ветровой энергетики. В то же время, приведенные примеры научно-исследовательских разработок в области возобновляемой энергетики и сопряженных с ней отраслей обозначили существенный потенциал дальнейшего развития ВИЭ.

При этом, активное сочетание методов государственного стимулирования развития сектора биоэнергетики позволило ряду стран не только сделать данный вид энергии ключевым в своих топливно-энергетических балансах, но и существенно уменьшить негативные последствия загрязнения почв в сельском хозяйстве, в том числе и от сопутствующих сельскохозяйственной деятельности нитратов. Как и в других видах ВИЭ, в секторе биоэнергетики появились дополнительные источники дохода для укрепления среднего класса, активно применяющего данный вид возобновляемой энергии.

Большинство операционных рисков для проектов в области ВИЭ снижается благодаря практике использования контрактов жизненного цикла, равно как и экономическим механизмам защиты инвестиций со стороны государства, что для особенно крупных инвесторов означает сопутствующие обязательства в виде более жестких критериев объема минимального производства энергии или локализации оборудования, что уже выходит за рамки сугубо энергетических задач.

Кроме этого, сравнительно невысокие капитальные затраты единичных объектов генерации в группе прочих ВИЭ в сочетании с коротким сроком ввода в эксплуатацию, позволяют создать серию самоокупаемых инвестиционных проектов на базе первичного решения о целесообразности использования возобновляемой энергии поскольку обновление существующего оборудования в значительной степени исключает временные и финансовые издержки по согласованию и вводу в эксплуатацию. Это, в сочетании с низкими операционными затратами, делает проекты группы прочих ВИЭ особенно привлекательными для инвестора, распределяя во

времени не только капитальные затраты, но и само решение о продлении производства энергии в существующем виде относительно риска появления более совершенной технологии этой области в будущем. По совокупности факторов это создает благоприятные предпосылки для массового, но распределенного ввода генерирующих мощностей ВИЭ и, как следствие, для региональной устойчивости как энергетического, так и экономического характера.

Созданы новые, сопряженные с ВИЭ, отрасли хранения, накопления и распределения энергии, производства и дальнейшего инновационного совершенствования генераторного оборудования на базе ВИЭ. За короткий, по историческим меркам, срок сформирована новая энергетическая подотрасль – рынок систем хранения энергии (СХЭ), который позволяет решать технологические и экономические проблемы не только использования ВИЭ, но и электроэнергетики в целом. Выравнивание средней мощности энергосистемы означает нивелирование стоимостной дифференциации тарифов на электроэнергию, но требует более сложной системы управления, что простимулирует внедрение цифровых интеллектуальных сетей, способствует взаимному росту эффективности их использования при балансировании пиковых нагрузок в сети, существо трансформируя структуры рынков электроэнергии от локального объёма распределения электроэнергии до глобального, постепенно приобретая функции провайдеров.

Данные тенденции будут способствовать эффективному балансированию мощностей невозобновляемой энергетики относительно возобновляемой, оптимизации тарифов и простимулируют появление и укрепление энергетических просьюмеров, что повысит надёжность локальных сетей и будет способствовать социально-экономическому развитию в целом.

Приведенные примеры научно-исследовательских разработок в области возобновляемой энергетики и сопряженных с ней отраслей обозначили существенный потенциал дальнейшего развития ВИЭ.

За счет совершенствования электрических аккумуляторов произошло существенное снижение их себестоимости и увеличение их производительности, что существенно простимулировало сопряженный с ним рынок электромобильного транспорта, составляющий не только важную часть экономики, но и оказывающий существенное влияние на экологию.

Формирование глобального рынка электромобилей будет способствовать вытеснению двигателя внутреннего сгорания, что повлечет за собой предельное сокращение выработки автомобильных бензинов в среднесрочной перспективе на 37% от потребления на настоящий момент времени, высвободив соответствующие объемы сырой нефти для её глубокой переработки. Отдельно стоит отметить, что именно по причине безальтернативного отказа от использования горючего топлива, развитие полностью электрифицированного транспорта несет сравнительно большую угрозу для нефтяного рынка по отношению к развитию транспорта, адаптированного к работе на биотопливе.

Фактически самостоятельный рынок СХЭ стал ассоциироваться в международном сообществе исключительно с использованием ВИЭ, равно как и системы цифровой диспетчеризации энергии обрели значение благодаря необходимости управления потоком возобновляемой энергии и, в случае отсутствия СХЭ, балансировки традиционных источников энергии.

Электрический транспорт как таковой не имеет прямой связи с возобновляемой энергетикой, однако, в силу его чрезвычайной популяризации как экологичной альтернативы использования производных нефтяной промышленности в качестве топлива, а также как углеродно-нейтрального средства передвижения, данный рынок имеет косвенную, но устойчивую связь с рынком ВИЭ.

Для оценки влияния сектора ВИЭ на экономику в целом необходимо учесть его межотраслевую значимость. Для решения такой задачи в первом приближении можно воспользоваться традиционными подходами к определению общественной эффективности и макроэкономических эффектов от реализации соответствующих проектов. Однако, такие методики разрабатывались задолго до появления ВИЭ и не могли поэтому учесть специфические виды эффектов, связанных с их разработкой и внедрением. Содержательно дополненная автором методика определения макроэкономического эффекта включает такие его виды, как эффект в форме предотвращенного экологического ущерба при замещении ВИЭ ископаемой энергетики; положительные социально-экономические последствия укрепления института просьюмеров, обеспечивающего дополнительную прибыль значительному числу граждан и вовлечение в экономическую деятельность дополнительных ресурсов; предотвращенный ущерб возникновения инфраструктурных аварий, который хотя и носит вероятностный характер, но является весьма существенным; а также эффекты, связанные со снижением нагрузки на национальные системы здравоохранения.

Таким образом, Выявлена существенная макроэкономическая значимость развития сектора ВИЭ, обусловленная уникальной спецификой соответствующих инвестиционных проектов, вовлечением и трансформацией сопряженных отраслей промышленности в соответствии с нуждами «экономики будущего», а также созданием конкурентноспособных рабочих мест и ростом налоговых отчислений в различные уровни бюджетной системы. Обоснованы методологические подходы к оценке интегрального макроэкономического эффекта. К числу главных свойств инвестиционных проектов в области ВИЭ относятся:

a. масштабируемость и универсальность оборудования генерации и перераспределения энергии, а также унификация производственных мощностей ВИЭ;

b. оптимальное распределение сравнительно невысоких капитальных затрат и инвестиционных решений во времени по сравнению с другими видами генерации;
c. нивелирование стоимостной дифференциации тарифа на электрическую энергию в регионе присутствия.

Своевременно созданное институциональное обеспечение мер поддержки ВИЭ генерирует значительный макроэкономический путем создания новых и развития маловостребованных отраслей промышленности и видов деятельности; росту совокупных налоговых отчислений (особенно при условии повышающейся степени локализации оборудования); снижению экологических и общественных рисков, как оцениваемого экономического критерия в виде экономии затрат на возмещение потенциального и фактического ущерба от использования традиционных источников энергии.

Рассмотренные положительные экологические аспекты использования возобновляемой энергии позволят существенно уменьшить выбросы CO_2, содействовать улучшению качества жизни в государствах, активно использующих ВИЭ.

Представляется целесообразным, чтобы государственная политика в области регулирования выбросов парниковых газов, равно как и частные инициативы, были направлены на оптимизацию конкретных производств, обладающих значительным углеродным следом, а в случае невозможности и недостаточности этих мер, на интенсификацию природных углеродно-отрицательных проектов.

Таким образом, аббревиатура ВИЭ вышла за пределы термина, означающего исключительно производство энергии, и больше обозначает философию использования преимущественно возобновляемой энергии на базе технологических решений производства, хранения и перераспределения энергии. Тем не менее, вследствие роста масштабов использования возобновляемой энергии требуется все больше ресурсов для производства соответствующего оборудования. В данном отношении подразумеваются как

энергетические ресурсы в целом, так и продукты первичной обработки ископаемых ресурсов, используемые в производственных цепочках.

На примере резкого роста цен на металлический кремний после директивного ограничения потребления энергии в отдельных провинциях КНР показана фактическая зависимость мирового рынка солнечных панелей от простого и широкодоступного сырьевого ресурса. Даже без учета причин введения указанного ограничения, которые прежде всего связаны со взятыми обязательствами страны по достижению углеродной нейтральности, данный пример наглядно демонстрирует риски концентрации производств сырья для оборудования ВИЭ.

Также отмечено, что редкоземельные металлы, применяемые при производстве электрических аккумуляторов и востребованы в промышленности (кобальт и литий) в целом, что наряду с высокими политическими и региональными рисками производства, создает предпосылки для гораздо более серьезных ресурсных ограничений, традиционно характерных для ископаемого топлива. В связи с этим потенциально ограничены рынки электрического транспорта и СХЭ, что, в свою очередь, создает предпосылки для затруднений в активном использовании ВИЭ в целом в долгосрочной перспективе.

Кроме этого, помимо известной нестабильности генерации, наиболее характерной для ветровой и солнечной энергетики, риск чувствительных провалов в общем объеме выработки становится критичным для одного из наиболее освоенных видов ВИЭ – гидроэнергетики. Глобальное изменение климата привело к увеличению частоты и силы природных катаклизмов, которые помимо непосредственного риска разрушения объектов энергетики в целом, могут приводить к продолжительным засухам. Так, одним из сопутствующих директивному ограничению энергии факторов в КНР стало чувствительное снижение генерации электроэнергии на ГЭС в провинции Юньнань. В дополнение к этому приведены аналогичные примеры США и Бразилии. Учитывая почти израсходованный потенциал крупной

гидроэнергетики в большинстве из стран, а также экологические риски увеличения емкости водохранилищ (одна из контрмер), это означает необходимость наращивания предложения энергии, которое, в свою очередь, должно быть обеспечено за счет ВИЭ исходя из принятых энергетических стратегий указанных стран и принципов развития ВИЭ, раскрытых ранее.

По совокупности это дополнительно загружает производства и увеличивает спрос на энергию, приводящее к дальнейшему проявлению указанных ранее ресурсных ограничений. Кроме этого, обостряется проблема утилизации оборудования, которая в случае глубокой переработки материалов также отличается значительной энергоемкостью и только начинает (по отношению к развитию прочих технологий ВИЭ) аккумулировать инвестиции и инновации.

Таким образом, использование условно неисчерпаемого и повсеместного первичного источника энергии (определено ранее как конкурентное преимущество ВИЭ), обретает потенциальное ресурсное ограничение, которое выражается как в непосредственном использовании гидроэнергии, так и отдельных видах сырья, необходимого для производства соответствующего оборудования.

Безусловно, для устойчивости сектора ВИЭ в целом данный риск представляется не критичным даже на долгосрочном горизонте планирования, однако уже в настоящее время очевидна проблематика локализации отдельных производств оборудования ВИЭ и, как следствие, зависимости от глобальной политической, экономической и экологической обстановки.

Отдельно стоит отметить, что временная компенсация провалов в производстве электроэнергии может быть компенсирована за счет ископаемого топлива, что также имеет отражение в действительности последних лет и говорит о недостаточности развития ВИЭ как инструмента решения сугубо энергетических задач.

Осознанное признание необходимости энергетической трансформации в сторону построения «зеленой» экономики, обеспечивающей восстановление экологической сферы ради будущего нашей планеты выражается в росте значимости метрик нефинансовых показателей деятельности компании, а также наднациональных регуляторных документов, таких как EU Taxonome.

В числе прочего это оказывает прямое воздействие на инвестиционную привлекательность как источников энергии в целом, так и на отдельные проекты. В связи с этим возобновляемая энергетика получает дополнительные предпосылки дальнейшего роста, хотя и не исключает точечного развития в области использования невозобновляемых ресурсов, которое может обусловлено должными компенсаторными механизмами или являться вынужденной мерой для определенного периода времени. Наравне с этим, генерирующее оборудование на базе ВИЭ также должно соответствовать самым жестким экологическим нормам на всем жизненном цикле, включая его производство и утилизацию со всеми сопутствующими технологическими цепочками, что входит в число основных инициатив профильных органов, таких как Cefic, EUCIA и др.

По совокупности указанных факторов улучшения экологической обстановки, благоприятного макроэкономического эффекта, связанного, в том числе с социальной сферой, а также раскрытого ранее содействия достижению ЦУР, можно утверждать, что ВИЭ оказывают комплексное влияние на триаду устойчивого развития. В то же время, по мнению автора, формирование класса энергетических просьюмеров, которое является частным случаем применения ВИЭ, не теряет значимости как самостоятельный фактор данного влияния и должно быть изучено отдельно.

Благодаря локальному, но интегрированному в общую сеть, производству энергии владелец получает новый и нетипичный источник положительного финансового потока по традиционно расходной статье затрат на энергию. При условии благоприятного сочетания тарифа продажи

«зелёной» энергии и разрешенного предельного объёма генерации, создаётся предпосылка не только к полной самоокупаемости конкретного объекта с точки зрения жилищно-коммунальных услуг, но и к росту финансового благосостояния его владельца в целом. При условии массового распространения просьюмеров обеспечивается рост социально-экономического благополучия населения, укрепление среднего класса, создание постоянного спроса на продукцию высокотехнологических производств, а также растет вовлеченность населения в решение глобальных экологических задач.

Главный недостаток прочих ВИЭ в виде нестабильности производства энергии в данном случае не имеет значения поскольку: во-первых, домохозяйство остается подключенным к общей энергетической сети; во-вторых, использование возобновляемой энергии может быть сопряжено с СХЭ как на первоначальном этапе проекта, так и по мере его развития.

Стоит отметить, что именно такой элемент как аккумулятор, позволяет использовать электромобиль в период простоя в качестве особого типа СХЭ, что весьма целесообразно с точки зрения оптимизации затрат как на хранение энергии, так и утилизации аккумулирующего оборудования на индивидуальном уровне.

Универсальность и масштабируемость, как основные конкурентные преимущества ВИЭ, проецируются на заинтересованных лиц тем же образом, как и в случае с инвесторами среднего и крупного бизнеса, однако позволяют не только распределить во времени ключевые капитальные затраты и сами инвестиционные решения, но и экспериментировать с разным оборудованием на базе ВИЭ по мере осознания значимости данной деятельности как из соображений экономической выгоды, так и экологической пользы общемирового масштаба.

В связи с этим и несмотря на прямую связь деятельности просьюмеров с вопросами энергетики и её децентрализации, она является фактором улучшения благосостояния населения, что в сочетании с процессами

социального выравнивания, роста массового спроса на генерирующее оборудование и общего благоприятного экологического эффекта имеет потенциал воздействия на триаду устойчивого развития сопоставимый с сектором ВИЭ настоящего времени в целом.

Также стоит отметить, что указанный ранее рост значимости оценки нефинансовых показателей, выраженный в настоящее время формированием ESG-метрик, во многом естественным путем обеспечивает соответствие оперирующих в области возобновляемой энергетики компаний E- и S-факторам. В то же время культура корпоративного управления (G-фактор) также имеет предпосылки для соответствия, как минимум не меньшие, чем у прочих компаний, что по совокупности служит основанием для дополнительного финансового обеспечения возобновляемой энергетики в настоящее время, в том числе со стороны непрофильных инвесторов, ориентирующихся исключительно на критерии ESG. Кроме этого, поскольку ESG-метрика является, в сущности, формой количественной оценки степени достижения ЦУР, соответствие усилий отдельной компании по улучшению показателей данной метрики оказывают непосредственное пусть и малое воздействие на устойчивое развитие в целом.

Обобщая вышесказанное, можно выделить следующие особенности позитивного влияния ВИЭ на триаду устойчивого развития:

a. создание принципиально новых отраслей экономики и квалифицированных рабочих мест, повышение спроса на продукцию высокотехнологичных производств;
b. формирование класса энергетических просьюмеров, обеспечивающего рост благосостояния среднего класса;
c. снижения загрязнения окружающей среды и роста вовлеченности населения в решение глобальных экологических задач;
d. привлечение социально-ответственных инвесторов, обусловленное соответствием разрабатываемых решений и механизмов критериям ESG.

В завершение настоящей главы хотелось бы еще раз подчеркнуть, что восприятие углеродно-нейтральной экономики неразрывно связано с представлением о массовом использовании возобновляемых источников энергии, но, во-первых, их популяризация исходит в первую очередь со стороны крупнейших импортеров углеводородных ресурсов, таких как Европейский Союз, США и Китай; во-вторых, сам термин углеродная нейтральность не означает отсутствие таких традиционных источников энергии в национальных балансах стран, как нефть, газ и даже уголь.

В связи с этим, рассмотрим далее возможность применения накопленного мирового опыта в отечественных условиях, оценим потенциал возобновляемой энергии в Российской Федерации и целесообразность государственного сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергии в национальной энергетике.

ГЛАВА 4. Методологические рекомендации по перспективному применению ВИЭ в отечественной экономике.

4.1. Потенциал возобновляемых источников энергии в Российской Федерации и его использование.

Как известно, Российская Федерация располагает самой большой в мире территорией, с неимоверно исполинским потенциалом возобновляемой энергии всех видов с доминированием солнечной энергии над другими ВИЭ[382], таблица 21. Учитывая, для оценки реальных показателей извлекаемой возобновляемой энергии важен технический потенциал конкретного вида ВИЭ, обратимся к 3 столбцу таблицы 21.

Как видим, наибольшим техническим потенциалом обладают солнечная и ветровая энергия, а максимальную долю извлекаемости возобновляемой энергии имеют малые гидроресурсы, низкопотенциальное тепло и геотермальная энергия.

Таблица 21 Потенциал возобновляемой энергии в Российской Федерации.

Вид ВИЭ	**Валовый потенциал, (млн т.у.т./год)**	**Технический потенциал, (млн т.у.т./год)**	**Доля извлекаемости, (%)**
Солнечная энергия	2300000	2300	0.1
Ветровая энергия	26000	2000	7,69
Биоэнергия (на основе биомассы)	10000	53	0,53
Низкопотенциальная энергия	525	115	21,90
Гидроэнергетика (малая)	360	125	37,72
Геотермальная энергия (извлекаемость до 3 км)	180	20	11,11
Всего	2337065	4593	0,2

Источник: [93] и расчеты автора.

ОППЭ РФ за 2018 год составило 760 млн. т.у.т. (по информации Международного энергетического агентства), что показывает теоретическое

[382]Дураева Е., Селлерс Р. Возобновляемая энергия в России. От возможности к реальности; [пер. с англ. В. Мазин]. Париж, ОЭСР/МЭА, 2004. С.29-30.

превышение технического потенциала всех видов ВИЭ на территории Российской Федерации над её текущими энергетическими потребностями страны в шесть раз. Это говорит о наличии уникальной возможности постепенного, не нарушающего других естественных конкурентных преимуществ страны, построения низкоуглеродной и, в дальнейшем, углеродно-нейтральной экономики в соответствии с ключевыми Целями устойчивого развития, рассмотренных в соответствующем параграфе первой главы.

Рассмотрим два источника возобновляемой энергии с наибольшим техническим потенциалом её извлечения. Дифференцированные по ветровому потенциалу (замер на высоте 50 м) регионы Российской Федерации представлены на рисунке 59.

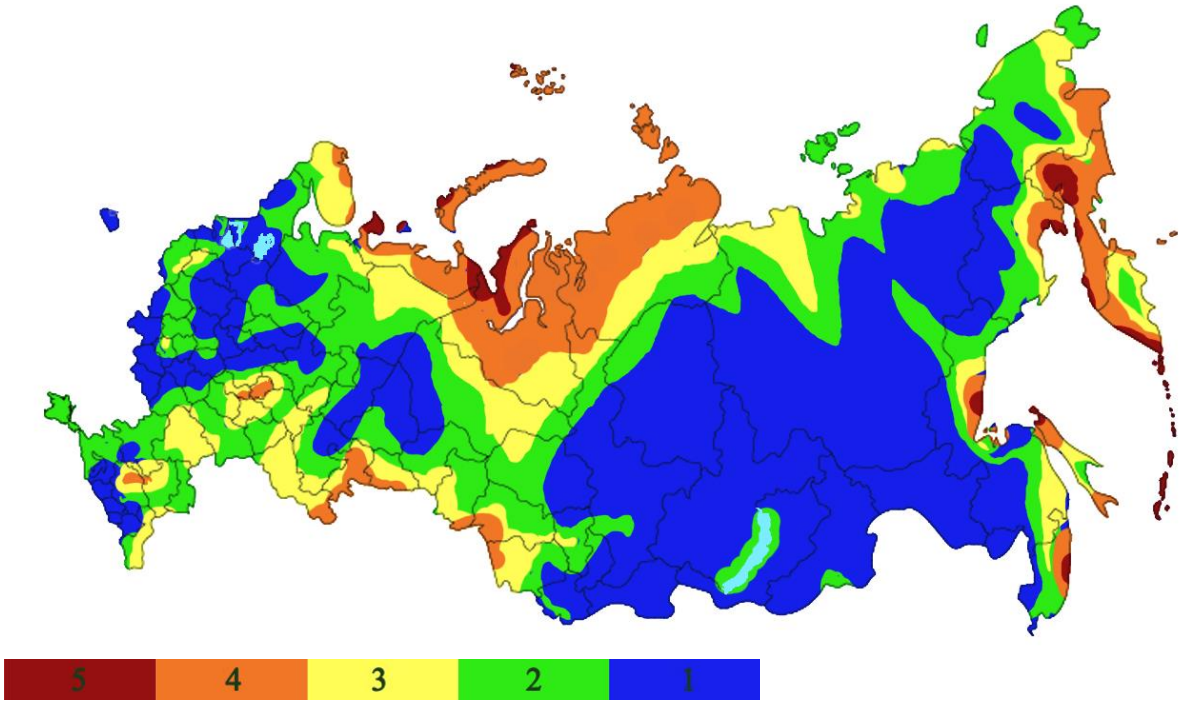


Рис. 59 Потенциал ветровой энергии в РФ (балл). Адаптировано автором.

Максимальный потенциал ветровой энергии сосредоточен на побережье регионов, расположенных у северных морей (особенно на Баренцевом и Карском), а также в районах Хабаровского края, выходящих к Охотскому морю. Чуть меньшим потенциалом для развития ВЭС обладают северные районы Камчатки и её западного побережья. Вполне возможно

задействовать ветровой потенциал для обеспечения надёжного энергоснабжения северо-западной части о. Сахалин и побережья Приморского края. Вполне достаточно потенциала ветровой энергии и для развития парка ВЭС в южноуральских регионах и на большой части регионов Западной Сибири[383]. Заметный для регионального ТЭБ проект ВЭС в 200 МВт реализуется на Кольском полуострове.

Перейдём к оценке потенциала солнечной энергии в Российской Федерации, рисунок 60. Максимальный уровень солнечного потенциала сосредоточен в юго-восточных регионах, в южных и восточносибирских регионах, но и в среднем по стране имеется достаточный потенциал для солнечной генерации[384].

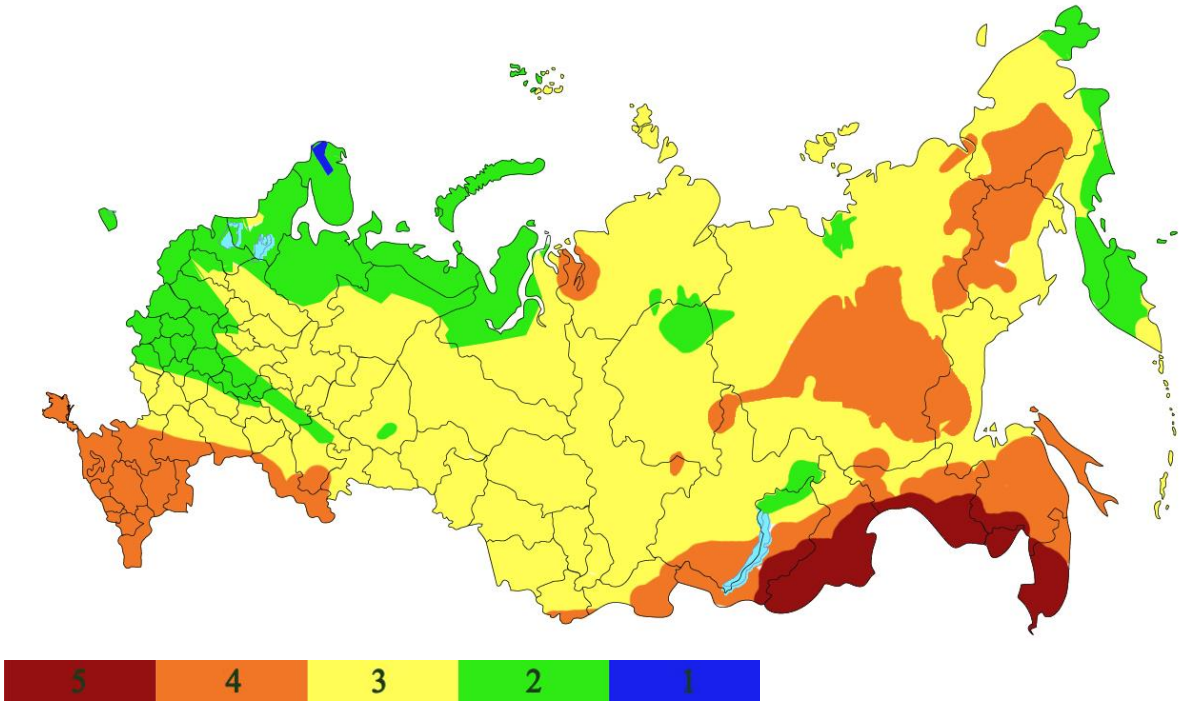


Рис. 60 Потенциал солнечной генерации в РФ (балл). Адаптировано автором.

Как видим, наибольшим потенциалом солнечной энергии обладают южные и юго-восточные регионы Российской федерации, в целом центр РФ обладает достаточными возможностями для солнечной генерации.

---

[383] Атлас ветров России = Russian Wind Atlas / А.Н.Старков, Л.Ландберг, П.П.Безруких, М.М.Борисенко. – Москва : М-во топлива и энергетики России, [и др.], 2000. С.36.

[384]The NASA Surface Meteorology and Solar Energy Data Set. 2016. URL: https://eosweb.larc.nasa.gov /sse (дата обращения: 20.02.2016).

По данным ассоциации предприятий солнечной энергетики России 25,2 процента продаж элементов СЭС на 2020 год приходится на Краснодарский край, обладающим существенным потенциалом для солнечной энергетики.

На Челябинскую область приходится 12,8 процента продаж, на Московскую область – 11,7 процента, на Чувашскую республику – 11,0 процента, на Пензенскую область – 7,5 процента, на Свердловскую область – 6,5 процента, на Ленинградскую область – 5,2 процента, на Самарскую область – 2,7 процента, Красноярский край – 2,4 процента, на Астраханскую область – 2,0 процента. Как видно из рисунка 57 данные области находятся в зоне среднего потенциала солнечной энергетики. В основном продажи идут физическим лицам и сегменту b2b (в основном, удаленные деревообрабатывающие бизнесы), а общая суммарная мощность проданных СЭС не превышает порядка 5 МВт в год, что не соизмеримо мало по сравнению с рассмотренными странами-лидерами применения ВИЭ.

Таким образом, можно констатировать факт наличия ключевых ВИЭ с максимальным извлекаемым техническим потенциалом практически во всех регионах нашей страны.

Перейдём к рассмотрению других видов ВИЭ, представляющий интерес для эффективного использования. Речь идёт об использовании потенциала падающей воды малых рек и возможностях геотермальной энергии, которые при сравнительно незначительных по сравнению с энергией ветра и Солнца потенциальных объёмах имеют высокий коэффициент извлечения энергии: 34,72 процентов и 21,9 процентов соответственно (таблица 21). Потенциальные ресурсы малой гидроэнергетики располагаются в восточных регионах Российской Федерации (рис. 61), а также сконцентрированы в её горных и южных регионах[385]. В Центральных регионах нашей страны потенциал ресурсов

[385]Егоров И. Современное состояние развития биогазовой энергетики в России. Эколого – правовой мониторинг. Выпуск 2. Возобновляемые источники энергии. РНЭИ, Берлин, 2013., С. 11.

малой гидроэнергетики незначителен, но в ряде конкретных территорий его можно использовать для локальных нужд. Современные технологии извлечения энергии падающей воды позволяют использовать её незначительные перепады для индивидуальной генерации.

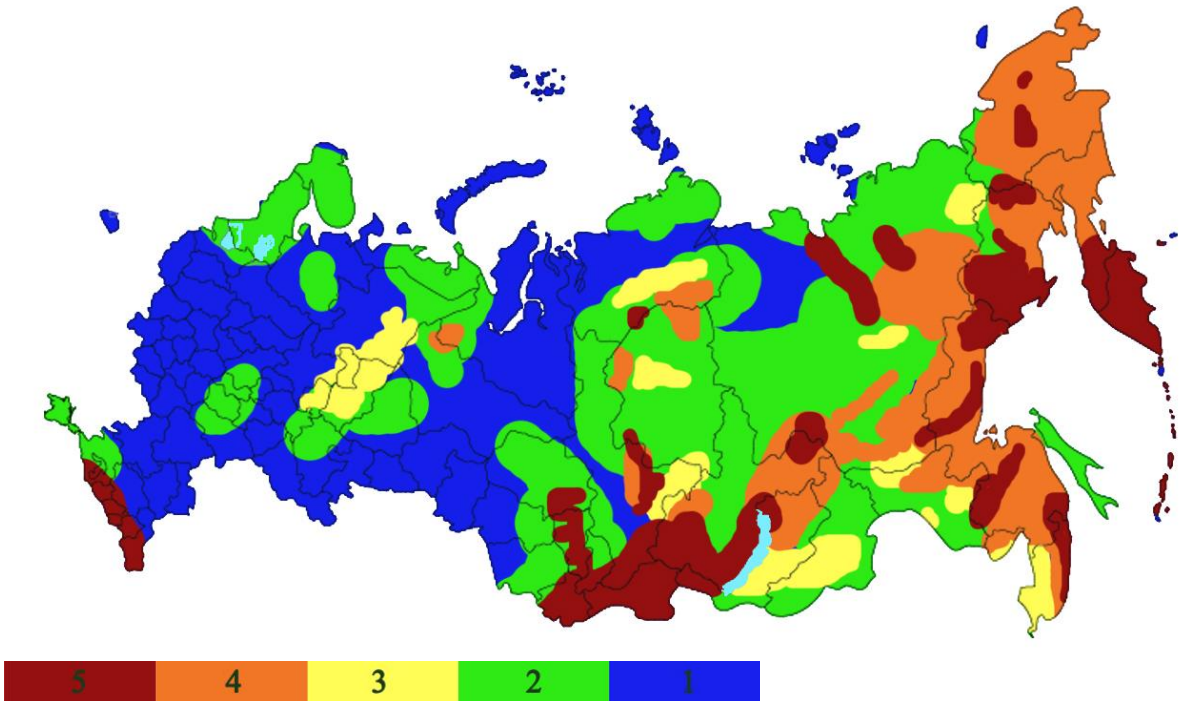


Рис. 61 Потенциал малой гидроэнергетики России (балл). Адаптировано автором.

Геотермальные ресурсы, (рис. 62), распределены наиболее локально[386], в основном их максимальный потенциал доступен в регионах Камчатки и Курильских островах, где расположены высокотемпературные геотермальные источники. Среднетемпературные источники, обладающие хорошим потенциалом извлечения энергии, находятся в районе озера Байкал и сосредоточены в регионах Кавказа. Источники с пониженной температурой встречаются в центральных регионах нашей страны, а также в северо-восточных сибирских и уральских регионах.

[386] Поваров О.А., Бритвин О.В., Никольский А.И., Томаров Г.В., Васильев Г.П. Использование тепла земли для локального теплоснабжения // Тяжелое машиностроение. 2002. № 8. С. 7.

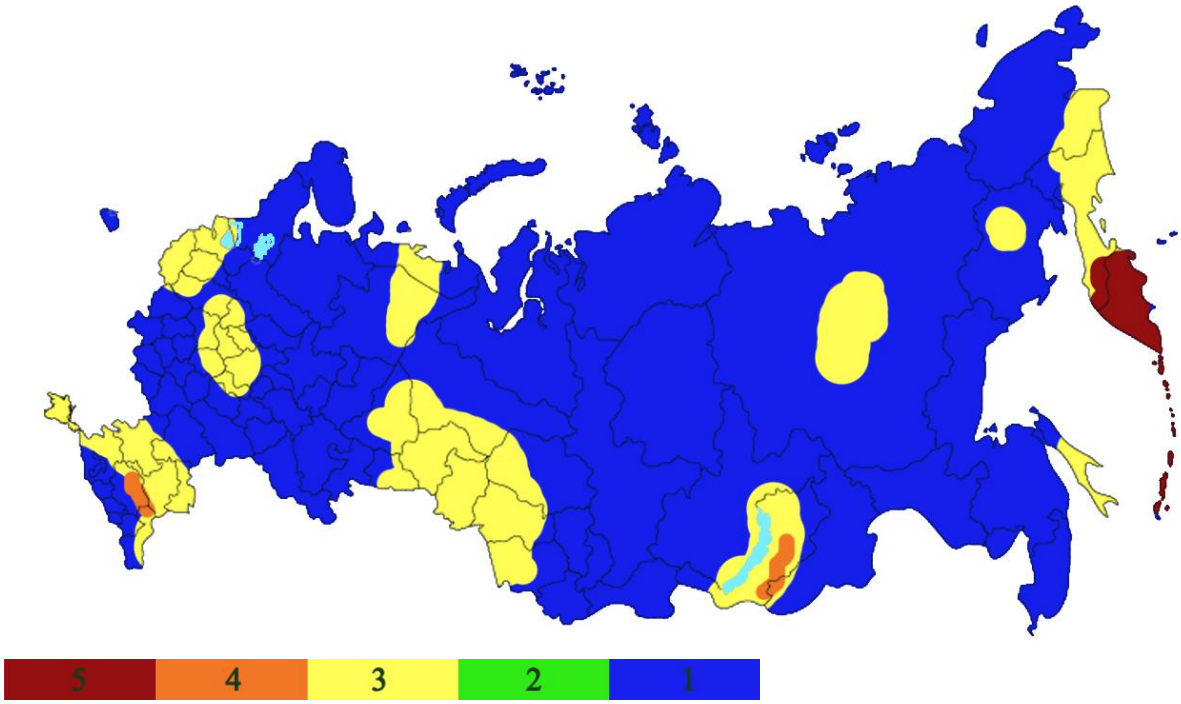


Рис. 62 Потенциал геотермальных ресурсов России (балл). Адаптировано автором.

Наложение рассмотренных карт распределения потенциалов видов ВИЭ позволяет говорить об отсутствии регионов, лишенных возможности генерации на базе как минимум одного из них (рис. 63).

Отметим, что при двух процентах жителей арктических регионов от всего населения Российской Федерации, их суммарное потребление электроэнергии составляет 3,6%, что требует до 8 млн т ГСМ и до 25 млн т угля в рамках северного завоза, причем доля транспортной составляющей в стоимости топлива достигает 70%. В этих условиях понятно, что использование комбинированных ВИЭ даст существенный экономический эффект и обеспечит ускорение срока окупаемости вложенных средств[387].

В то же время оценка лесных массивов России в контексте задач расчёта поглощаемости углекислого газа разниться в весьма широком диапазоне. При использовании методических подходов Парижского соглашения РКИК ООН поглощающая способность составляет 0,6 млрд. тонн CO_2 эквивалента, в то время как в соответствии с аналитическим

[387] Бердин В.Х., Кокорин А.О., Юлкин Г.М., Юлкин М.А. Возобновляемые источники энергии в изолированных населенных пунктах Российской Арктики. – Москва : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2017. С.3.

докладом The Boston Consulting Group[388] значение показателя может достигать 2,2 млрд. тонн CO_2 эквивалента в силу выявленных несоответствий базовой методики особенностям национального учета лесопользования. Точность и обоснованность оценки данного показателя чрезвычайно важна, поскольку в первую очередь противопоставляется национальному объему выбросов, составляющему согласно той же методике РКИК 2,1 млрд. тонн CO_2 эквивалента в среднем с 2010 года[389]. Соответственно, особенно с учетом государственных программ по восстановлению лесов имеются предпосылки к углеродной нейтральности уже в настоящее время, но это не снимает необходимости снижения загрязнения атмосферы, поскольку даже при положительном сальдо в контексте задач устойчивого развития необходимо сохранение разнонаправленной динамики поглощаемости и выбросов углекислого газа.

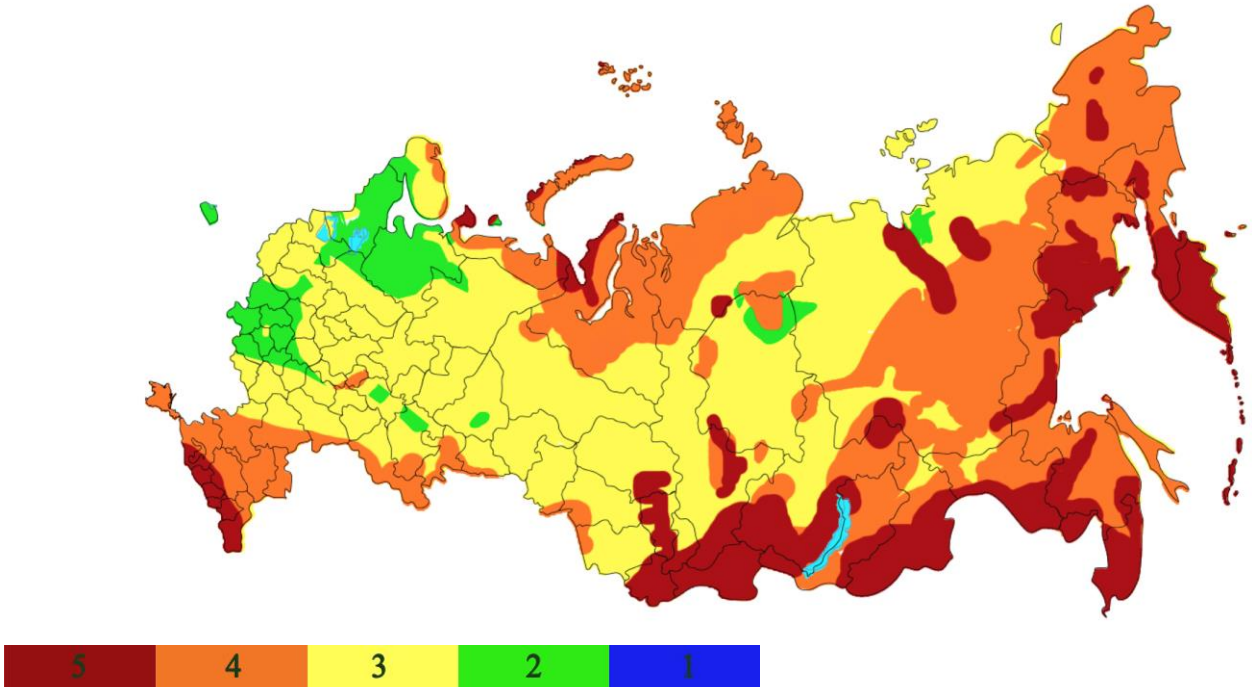


Рис. 63 Совокупный потенциал прочих ВИЭ России (балл). Адаптировано автором.

[388] BCG заявила, что поглощающая способность лесов РФ недооценена. URL: https://www.interfax.ru/russia/803654 (дата обращения: 20.11.2021).

[389] Четвертый двухгодичный доклад, представленный в соответствии с решением 1/CP.16 Конференции Сторон Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. Мин-во природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. 2019.С. 5.

Рассмотрим потенциальные возможности производства биогаза, который рассчитывается по наличию ряда параметров, прежде всего по оценочной массе потенциальных отходов, пригодных для использования в секторе биоэнергии от животноводческих хозяйств, кроме этого, рассчитывается площадь сельскохозяйственных территорий, обеспечивающих урожайный рост сырьевых культур, используемых для производства биогаза.

Проведенные оценки потенциала производства биогаза на территории Российской Федерации показывают диапазон 70 - 73 миллиарда кубических метров в год, однако потенциал его производства существенно отличается в различных регионах (рис. 64). Максимальный потенциал ожидаемо сосредоточен в южных регионах, далее, потенциал биогаза уменьшается с юго-западных регионов по направлению к северо-восточным регионам.

Подчеркнём соизмеримость потенциального объёма биогаза с объёмами добычи крупнейшего отечественного независимого производителя природного газа ПАО НОВАТЭК.

Рис. 64 Потенциал биогаза по регионам РФ (млрд. куб. м в год).

Технически извлекаемая энергия приливов и отливов, возможна в северных морях (Баренцево и Белое моря) Российской Федерации и в Охотском море, где высота приливов достигает девяти метров, а в случае совпадения положений Земли, Солнца и Луны (сигезия) данный параметр

достигает 12,9 - 13,4 метров. Предварительно оцениваемая мощность в случае реализации проекта ПЭС в Пенжинской губе Охотского моря составляет в зависимости от технических решений от 21 до 108 ГВт.

На современный момент времени общее первичное предложение возобновляемой энергии в Российской Федерации равно 3,3 процента от общего объёма (рис. 65, приложение 1, таблица 26), что почти в три раза превышает результат 2014 года, что объясняется, безусловно, эффектом низкой базы.

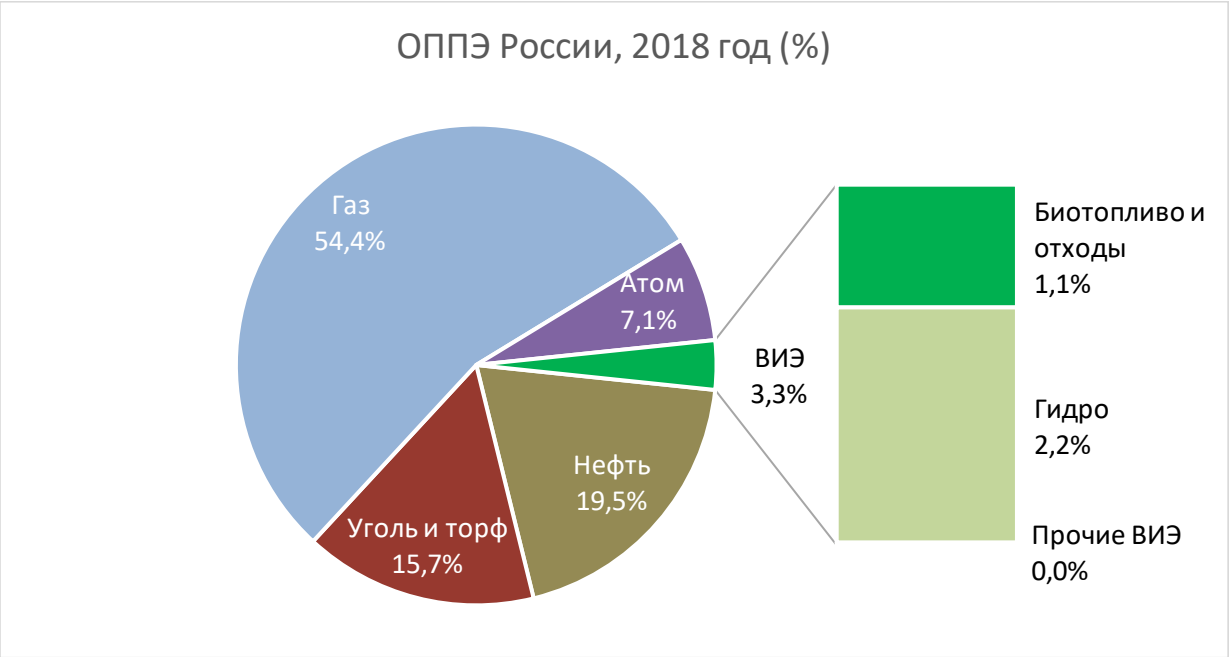


Рис. 65 Структура общего первичного предложения энергии в РФ, 2018 г. Источник: МЭА. Адаптировано автором.

Тем не менее, основываясь на выводах предыдущих трех глав, для переходного периода энергетики к построению климатически нейтральной экономики наибольшей значимостью обладает природный газ, который наравне с атомной энергетикой и ВИЭ, представляется одним из ключевых источников энергии ближайшего будущего. И в этом отношении, как в плане максимизации объёма предложения энергии на базе природного газа, так и по минимизации использования нефти и угля лидирует Россия. Так, ЕС-28 и США превышают отечественный показатель потребления этих источников

на 11,5 и 15,5 п.п., в то время как Китай, на 45,8 п.п. в силу чрезвычайной углеёмкости своей экономики (рис. 66).

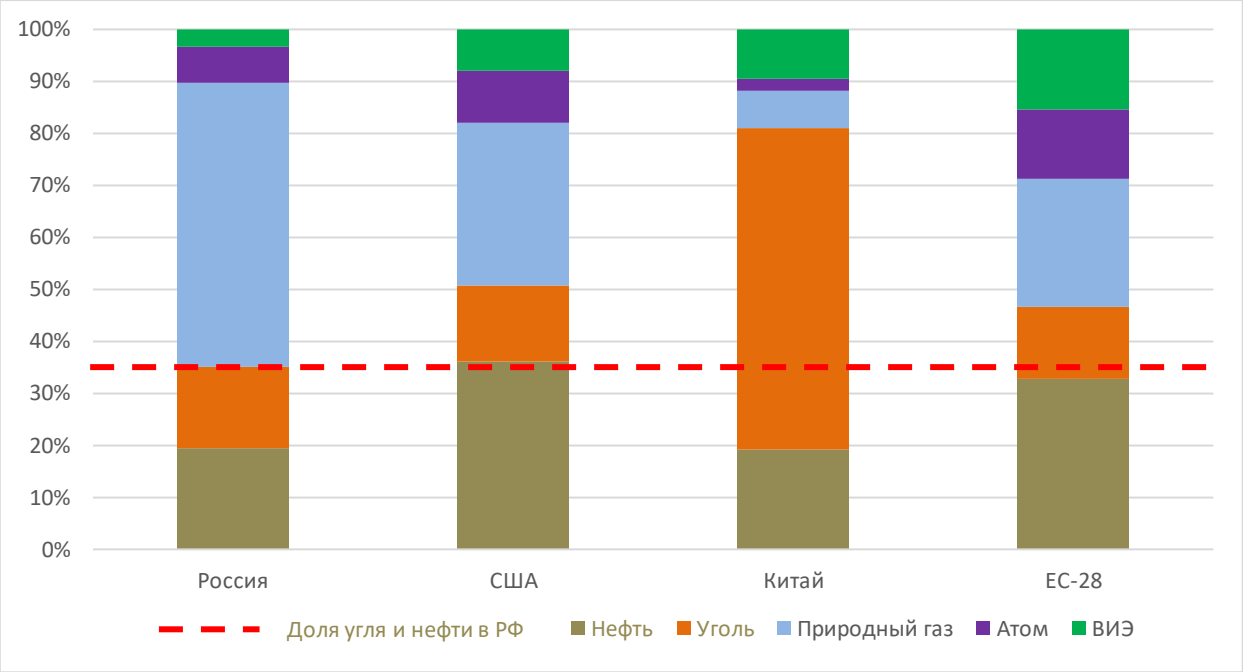


Рис. 66 Соотношение источников энергии в 2018 году, %. Источник: МЭА, адаптировано автором.

Централизованное производство тепловой энергии традиционно обеспечивает России лидерскую позицию в этой области, составляя примерно 45% общемирового объема производства. Сургутская ГРЭС-2 является самой мощной газовой ТЭЦ в мире, одновременно показывая лучшие результаты использования топлива и мощности по отрасли. Важно заметить, что также, как и Сургутская ГРЭС-2 эти станции используют, в том числе, попутный нефтяной газ, что наглядно демонстрирует целостность российского топливно-энергетического комплекса.

Природный газ составляет основной источник для большинства ТЭЦ и котельных и его доля, превысив 3/4 в 2017 году, сохраняет тенденцию к увеличению как в следствии реконструкции объектов производства тепловой энергии, так и ввода новых. Атомные и геотермальные станции в общем балансе производства тепловой энергии не превышают 3,5%. Общая протяженность сетей в двухтрубном исчислении составляет порядка 168 тыс. км и имеет тенденцию к сокращению в следствие вывода из эксплуатации

магистральных трубопроводов в сельской местности. В общей сложности в стране функционируют 566 тепловых электростанций 74 782 котельных. На долю когенерации приходится порядка 46% тепловой и 31% электрической энергии.

По причинам, схожим с опытом Китая и раскрытым ранее, в стране предполагается укрупнение рынка теплоэнергии, однако этот процесс уже начал обретать нормативно-правовую базу. Так, благодаря совместной работе Правительства РФ и Министерства Энергетики в 2018 году были приняты изменения к федеральному закону «О теплоснабжении», что сформировало целевую модель рынка тепловой энергии на базе единого оператора тепловой энергии (ЕТО). Новая модель рынка строится на принципе оценки существующих тарифов центрального теплоснабжения относительно условной котельной, которую возможно использовать локально, исходя из лучших технологических решений момента времени и соответствующих экономических затрат.

Ожидается, что метод альтернативной котельной станет универсальным инструментом для выравнивания тарифа на теплоснабжение относительно эталонного уровня. Однако, в контексте настоящего исследования важно подчеркнуть, что в силу запаздывания развития технологий ВИЭ в области производства тепловой энергии в целом и их сравнительно малой востребованности даже среди стран-лидеров этой отрасли, данный метод представляется дополнительным ограничением для комплексного внедрения ВИЭ в России. Кроме этого, в силу совместного производства тепловой и электрической энергии на большинстве ТЭЦ в России, себестоимость производства этих вторичных источников энергии во многом взаимосвязана и внешнее административное давление на тарифообразование одного из них может компенсироваться за счет другого. На взгляд автора, данный метод более применим для первичной оценки, в то время как дальнейшее обоснование тарифа должно включать более широкий

набор инструментов, что в последствии будет более подробно раскрыто на примере электрической энергии.

Рассмотрим действующие основы правовой поддержки ВИЭ в нашей стране: закон 2007 года «Об электроэнергетике», фиксирующий виды возобновляемых источников энергии и меры по их стимулированию, Указ Президента Российской Федерации № 899 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» формирующий принципы бюджетной политики для данного сектора.

Целевые параметры развития отрасли ВИЭ были приняты существенно позже, в 2009 году отдельным постановлением Правительства РФ на период к 2020 году планировавшие достижение доли возобновляемой энергии в 20 % в национальном ТЭБ (топливно-энергетическом балансе), причём порядка ¾ от данного показателя отводилось на применение гидроресурсов и соответственно, чуть меньше четверти на все оставшиеся виды возобновляемых источников энергии. Отдельно стоит отметить, что «большая» гидроэнергетика РФ в настоящее время не подвержена климатическим рискам, обозначенным ранее в параграфе 3.3. Тем не менее, запланированная в 2015 году цель по достижению доли прочих видов возобновляемых источников энергии была пересмотрена и уменьшена с 4,5 % до 2,5 %[390], но в 2019 году, при обсуждении Генеральной схемы размещения объектов энергетики до 2035 года, показатели вернулись к достижению 4 % доли ВИЭ в национальном энергобалансе, но по завершению 15 летнего периода к 2035 году.

Отметим, что это минимальные показатели из всех рассмотренных в работе стран, использующих возобновляемую энергию. Ожидаемая динамика установленной мощности ВИЭ, определенная по целевым

[390]Постановление Правительства РФ от 07.12.2015 № 1339 Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Энергоэффективность и развитие энергетики".

показателям, принятым по постановлениям и решениям правительства Российской Федерации с 2015 по 2020 год[391] была явно недостаточной для достижения энергетических и экологических Целей устойчивого развития (рис. 67).

Тем не менее, совершенствование нормативной основы, определяющей ключевые принципы развития возобновляемой энергии подготовило определённый базис, достаточный при его точечной доработке, для подготовки стратегии перехода к активному применению ВИЭ в энергетической отрасли в разумном балансе с видами используемой традиционной энергии.

Так, рядом Указов Президента Российской Федерации дальнейшее развитие ВИЭ оценивается как одно из средств[392] борьбы с трансграничным вызовом энергетической безопасности и гарантированного энергоснабжения[393] в том числе и удалённых регионов. В законодательной

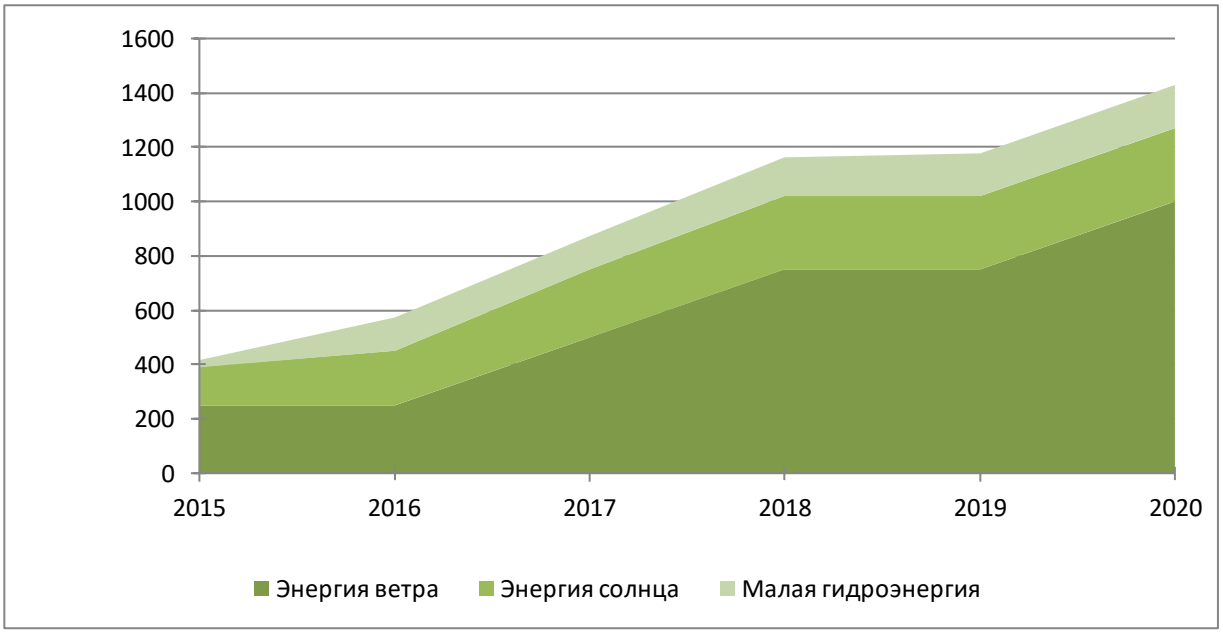


Рис. 67 Целевая установленная мощность основных ВИЭ в РФ. (МВт). Источник: [217]

[391]Распоряжение Правительства РФ от 28.05.2013 № 861-р. Собрание законодательства Российской Федерации, 10.06.2013, № 23, ст. 2931.
[392]Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2019 г. № 216 «Об утверждении Доктрины энергетической безопасности Российской Федерации».
[393]Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

нормативной базе закреплено[394,395] понятие «Микрогенерация» и обязательство гарантирующего поставщика приобретать избыток выработанной электрической энергии, произведенной на основе ВИЭ. Кроме этого, для владельца генератора ВИЭ определен порядок получения субсидии из федерального бюджета, компенсирующей технологическое присоединение. Доходы, полученные от реализации избытка энергии в секторе микрогенерации не облагаются налогом для физических лиц (НДФЛ) до 2029 года.

Закон определяет, что продажа излишков электроэнергии не должна превышать 15 кВт и происходит по средневзвешенным ценам оптового рынка, в отличие от апробированного опыта, где на этапе становления ВИЭ покупка происходит по стимулирующему «зеленому» тарифу. По мнению автора, необходимо разрешить просьюмерам превышать 15 кВт установленной мощности, поскольку для развития инвестиционного интереса к микрогенерации и в перспективе ускорения окупаемости оборудования и самоокупаемости всего домохозяйства это позволит добиться более значимого социально-экономического эффекта. Безусловно, в целях предупреждения технических проблем локального размещения избыточной установленной мощности и добросовестного использования соответствующего оборудования со стороны исключительно частных домохозяйств необходимы меры дополнительного согласования возможности установки данного оборудования.

Рынок микрогенерации и, в частности, просьюмеров в России развит слабо. Оценочная установленная мощность частных генераторов на базе ВИЭ по состоянию на конец 2021 года составляет 23 МВт. Согласно заявлению

---

[394]Федеральный закон от 28.12.2019 № 471-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации».

[395] Постановление Правительства Российской Федерации от 02.03.2021 № 299 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации в части определения особенностей правового регулирования отношений по функционированию объектов микрогенерации».

заместителя главы Минэнерго России Павла Сниккарса[396], данный показатель предполагается увеличить до 1 ГВт установленной мощности в 2030 году, что будет обеспеченно преимущественно за счет солнечной генерации как наиболее простого в монтаже и эксплуатации способа производства возобновляемой энергии в частном секторе. В соответствии с этим заявлением и ожидаемым количеством новых объектов микрогенерации на уровне 100 тыс. единиц можно сделать вывод, что удельная установленная мощность для одного домохозяйства составляет величину близкую к 10 кВт. Также важно отметить, что мер обеспечения ускоренной окупаемости этих объектов не предполагается, за исключением потенциально возможных субсидий на покупку локализованного оборудования.

Для оценки затрат на приобретение оборудования солнечной генерации автором был произведен мониторинг цен солнечных панелей (СП) в российской розничной продаже за период с августа 2015 года по октябрь 2021 года. СП в данном случае выбраны как главный компонент солнечной микрогенерации, составляющий до ¾ стоимости всего оборудования, а также обладающий значительным потенциалом к позитивному изменению стоимости и технических характеристик вследствие значительной концентрации инвестиций и инноваций со стороны производителей, раскрытых ранее. Источником первичной информации о стоимости и характеристиках СП послужили фактические данные розничных продавцов, доступные на момент времени в сети интернет. В свою очередь, среди всех предложений, вне зависимости от продавца и предлагаемой продукции выбирались те из них, которые соответствовали следующим критериям продажи полного комплекта оборудования для обеспечения микрогенерации:

- Наличие оборудования на складе продавца
- Доставка в любой регион России
- Гарантия на оборудование

[396] Подобрать луч: в РФ могут появиться субсидии на солнечные батареи для граждан. URL: https://iz.ru/1238221/valerii-voronov/podobrat-luch-v-rf-mogut-poiavitsia-subsidii-na-solnechnye-batarei-dlia-grazhdan (Дата обращения: 10.02.2022).

- Сервис оборудования
- Услуги по установке и монтажу
- Прозрачность ценовой политики

Данная совокупность критериев, за исключением последнего из них, позволяет условному покупателю, который впервые принял решение о использовании ВИЭ для собственных энергетических нужд, оперативно приобрести и установить соответствующее оборудование, а также иметь возможность гарантийного и постгарантийного обслуживания.

Последний критерий необходим для понимания затрат еще до непосредственного обращения к продавцу как признак добросовестного отношения к клиенту, а также распределения стоимости по элементам оборудования для возможности самостоятельного выбора альтернатив. Стоит заметить, что предложения наиболее крупных игроков рынка, как правило, содержат комплект оборудования и не выделяют стоимости СП, что ограничило их учет в соответствии с критерием прозрачности ценовой политики. Последнее особенно важно, учитывая, что именно в этом случае используются СП преимущественно российских производителей, которые в случае розничной продажи не выдержали ценовой конкуренции на всем протяжении мониторинга. Также, по результатам предварительной оценки стоимости полного комплекта оборудования, можно утверждать, что предложения, выбранные на основе стоимости СП, являются одними из лучших на рынке.

Главным интегральным показателем для мониторинга автором была выбрана удельная стоимость на 1 Вт установленной мощности одной СП. По её наименьшему значению для каждого момента времени была выбрана одна СП для учета общей динамики. Так, за рассматриваемый период времени удельная стоимость СП снизилась с 55,85 Руб./1 Вт до 33 Руб./Вт установленной мощности (Приложение 8. Таблица 42). Динамика имела равномерный отрицательный тренд, за исключением 2018 года, когда с появлением технологии полуячеек на рынке, повысившей КПД СП, их

стоимость возросла на 15%. Также, стоит отметить, что удельная мощность СП на м^2, как важный интегральный показатель эффективности, за указанный период возросла с 155 Вт/м^2 до 168 Вт/м^2.

Поставщиком наилучшего предложения для продажи СП на момент завершения исследования оказалось ООО «ГВС-Энерджи» (далее: Общество). Благодаря дополнительной информации, которая была предоставлена Обществом, можно сделать несколько важных выводов относительно позиционирования бизнеса в России, связанного с рынком микрогенерации, а также предпочтений потребителей. Во-первых, при отсутствии явных механизмов как популяризации, так и поощрения использования ВИЭ среди населения, реальный спрос предъявляют отдельные покупатели, исходя из личных убеждений. Во-вторых, главный приоритет использования ВИЭ – это автономность вследствие перебоев с энергоснабжением в частном секторе. И, в-третьих, готовность покупателей к самостоятельной установке оборудования микрогенерации, как из соображений экономии, так и сложной эпидемеологической ситуации последних лет.

Таким образом, авторских тезис о недостаточности механизмов популяризации ВИЭ в России находит подтверждение со стороны предпочтений реальных покупателей, которые вследствие общих представлений об использовании возобновляемой энергии приходят к решению о приобретении соответствующего оборудования микрогенерации, исходя из собственных финансовые возможностей и ожидания полезности от локальной генерации электроэнергии. Более того, вследствие отдельных трудностей бюрократического характера в механизме продажи излишков электроэнергии и специфики существующих приборов учета, некоторые покупатели устанавливают дополнительное оборудование для ограничения отдачи электроэнергии в сеть. Также имеются отдельные случаи отказа от услуг установки оборудования, что в данном отношении показывает особую специфику российского рынка, поскольку в корне противоречит философии

КЖЦ, но, в то же время, подчеркивает энтузиазм покупателей, готовых из соображения экономии и прочих факторов брать на себя всю ответственность за эксплуатацию. Последнее особенно важно, поскольку средняя стоимость заказа на уровне 130 тыс. рублей в 2021 (Приложение 8. Таблица 43) превышает более чем в 2,3 среднюю номинальную заработную плату по России и, в целом, означает доверие покупателей как к оборудованию, так и поставщику несмотря на полное отсутствие или малый опыт в этой сфере.

В то же время, спрос на автономные решения солнечной генерации, семикратно превышающий соответствующий спрос на решения без СХЭ показывает совершенно иные стимулы покупателей, поскольку получение дополнительного дохода или экономии благодаря микрогенерации отходят на второй план, при превалирующей потребности стабильного энергоснабжения и энергетической независимости. По этой же причине средняя суммарная установленная мощность СП в одном заказе составляет порядка 2 кВт, что является недопустимо малым значением для образования значимого излишка генерации и, как следствие, окупаемости всего проекта.

В целях настоящего исследования и исходя из фактически доступного комплекта оборудования для использования солнечной энергии с подключением к центральной энергосети без использования СХЭ, наименьшей оптимальной установленной мощностью СП определено 3,3 кВт. Данное значение непосредственно связанно с максимальной мощностью стандартного сетевого инвертора для однофазного подключения, являющегося главным устройством перераспределения возобновляемой энергии и для которого недопустимо превышение установленной мощности со стороны СП. Кроме этого, значение в 3300 Вт кратно 275 Вт установленной мощности выбранных СП, что позволяет использовать максимум технических возможностей сетевого инвертора и комплекта СП.

Таким образом минимальный оптимальный комплект состоит из 12 СП (9 тыс. руб за шт.), сетевого инвертора (35 тыс. руб) и прочих аксессуаров для размещения СП на крыше дома и коммутации оборудования (37 тыс. руб)

общей стоимостью 183 тыс. рублей. Стоит заметить, что если связка СП и сетевого инвертера практически не имеет потенциала для еще большего уменьшения стоимости в текущих ценах, то стоимость прочих аксессуаров может быть снижена значительно за счет упрощения конструкции крепления, что, тем не менее, не представляется целесообразным в контексте задач настоящего расчета.

Регионом эксплуатации будем считать Московскую область как одну из наименее пригодных территорий для эффективной солнечной генерации в соответствии с ранее определенным потенциалом ВИЭ в России, но обладающую высокой плотностью населения и, соответственно, потенциальных потребителей, а также сравнительно высоким тарифом на электроэнергию и доступностью бесплатной доставки со стороны Общества. Кроме этого, для данного региона имеется авторская оценка минимального коэффициента использования установленной мощности равная 15%, как основной параметр для расчета нижней границы объема ожидаемого производства энергии в соответствии со спецификой генерации на базе ВИЭ, определенной по результатам 2 главы настоящего исследования.

С учетом деградации фотоэлементов, заложенных в гарантийную политику производителя, что не является безусловным процессом и также служит целям расчета нижней границы объема ожидаемого производства энергии, за 12 лет эксплуатации (гарантийный срок выбранных СП) данный объем составит около 49 тыс. кВт·ч электрической энергии (Приложение 8. Таблица 44), что в пересчете на единицу произведенной энергии составляет 3,71 руб./кВт·ч. Данная величина не превышает величину как дневного тарифа (4,77 руб./кВт·ч) на электроэнергию, установленный для двухставочного учета электроэнергии в регионе, так и одноставочного тарифа, равного 4,15 руб./кВт·ч. С учетом того, что расчетный срок службы оборудования составляет 25 лет, то его дальнейшая эксплуатация позволит практически обратно пропорционально продолжительности бесперебойной работы снизить себестоимость электрической энергии при незначительном

снижении установленной мощности вследствие деградации солнечных элементов.

Для этого расчета не учтена стоимость услуг монтажа и для этого есть несколько причин. Прежде всего данная стоимость зависит от конкретных условий размещения оборудования, но, что наиболее важно, с экономической точки зрения оплата за эту услугу является гарантированным платежом в пользу налогового резидента Российской Федерации, которой некоторые покупатели пренебрегают. В связи с этим, по мнению автора, нужен целевой механизм государственной дотации данной услуги покупателю, объем которой будет непосредственно зависеть от локализации приобретаемого оборудования и достигать 50% при выборе полностью отечественных комплектующих. Данная мера позволит активизировать спрос не только на саму услугу оборудования для существующих предприятий малого бизнеса, но и популяризовать ВИЭ на микроуровне в целом. Приведем предельные процентные значения относительно стоимости указанного выше оборудования приводящие к эквивалентной стоимости единицы энергии, произведенной за 12 лет микрогенерации и фактических тарифов для населения: 12-28%.

Для целей солнечной генерации двухставочный тариф представляется наиболее целесообразным выбором, поскольку позволяет сочетать преимущества более низкой ставки тарифа в ночное время суток и использовать преимущественно собственную мощность днем. С учетом среднемесячной выработки рассматриваемого оборудования на уровне 340 кВт·ч можно сделать допущение, что вся электроэнергия будет потреблена домашним хозяйством. Тогда, при 5-процентном индексе потребительских цен на электроэнергию для населения, определенным прогнозом[397] социально-экономического развития Российской Федерации на 2022 год и на

[397] Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2022 год и на плановый период 2023 и 2024 годов. Министерство экономического развития Российской Федерации. С.28.

плановый период 2023 и 2024 годов, можно ожидать, что капитальные затраты проекта полностью окупятся через 7 лет и 7 месяцев при двухставочном и ровно на 1 год дольше при одноставочном тарифе. Если добавить усредненную стоимость установки и монтажа на уровне 20%, то наибольший срок окупаемости смещается далее в будущее, но по-прежнему остается в пределах гарантийного срока (10 лет и 1 месяц).

За 25 лет эксплуатации общая экономия для владельца оборудования вследствие приоритетного использования возобновляемой энергии составит 792 и 910 тыс. рублей (Приложение 8. Таблица 45), в зависимости от используемого тарифа, что при приведении цен к моменту ввода генерирующих мощностей (в соответствии базовым прогнозом ИПЦ и за вычетом всех расходов) эквивалентно 77 и 122 тыс. рублей соответственно.

Поскольку, как это было отмечено ранее, данный расчет построен на базе оценки нижней границы объема производства электрической энергии и имеет потенциал к снижению стоимости исходного комплекта оборудования, дальнейшее увеличение масштабов генерации будет сопровождаться увеличением доходности на единицу установленной мощности и, соответственно, улучшением, как финансовых показателей проекта, так и его эксплуатационных параметров.

Практика применения «зеленого» тарифа на покупку электроэнергии в данном отношении не отражена умышленно, поскольку величина данного тарифа по закону должна быть не ниже стоимости электроэнергии на оптовом рынке, что означает, по сути, отсутствие заинтересованности в получении излишков энергии со стороны потребителей и создания класса просьюмеров в целом. По мнению автора, «зеленый» тариф должен быть как минимум не меньше, чем фактический тариф, применяемый к конкретному потребителю, в том числе, дифференцированный с учетом двух- и трехставочной тарификации. Кроме этого, необходимо рассмотреть возможность после консультаций с заинтересованными министерствами и соответствующих мероприятий ОРВ приобретать избыточную энергию,

произведенную просьюмером с механизмом государственных дотаций, что будет более подробно рассмотрено в параграфе 4.3.

По совокупности, микрогенерация позиционируется наравне с прочими способами производства энергии. Если не считать освобождения от НДФЛ, которое не является достаточным условием развития данного рынка, наблюдается полное отсутствие позиционирования ВИЭ как инструмента социально-экономического развития на микроуровне. Даже если экстраполировать 77 тыс.рублей приведенной стоимости дохода благодаря 3,3 кВт установленной солнечной генерации на целевой 1 ГВт установленной мощности микрогенерации в целом (за вычетом существующих мощностей) получится почти 23 млрд. рублей распределенного по домохозяйствам дохода, что не оценивается как в официальной статистике, так и отдельных программных заявлениях.

Также, по мнению автора, для развития микрогенерации в России необходимо учесть национальную специфику рынка недвижимости. Согласно опросам[398], не менее 40% населения владеет дачами и, несмотря на общее снижение этой доли с 2005 года, 52% опрошенных среди тех, кто не имеет загородной недвижимости в собственности или аренде хотели бы её приобрести в дополнение к городской квартире и что расстояние до дачи является важнейшим критерием для этого решения.

Не вдаваясь в культурологическую специфику данного рынка, автор хотел бы обратить внимание, что дача вместе с основной городской недвижимостью находятся в пределах одной региональной энергосбытовой компании (как правило), в то время как тарифы на электроэнергию для города традиционно более высоки по отношению к сельской и приравненной к ней местности. Например, превышение тарифов гарантирующего поставщика электроэнергии на территории Москвы и Московской области во втором

[398] Русская дача: запрос на новый уровень комфорта. URL: https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/russkaya-dacha-zapros-na-novyj-uroven-komforta (дата обращения: 30.10.2021).

квартале 2021 года составляло до 1,78 и 2,05 руб./кВт·ч для городского населения с применением одноставочного и двухставочного учета электроэнергии соответственно.

Учитывая указанную специфику энергетической политики в области ВИЭ и в качестве альтернативного инструмента стимулирования микрогенерации в России, представляется перспективным решением предоставить возможность владельцам объектов городской и загородной недвижимости в пределах одной энергосбытовой компании обеспечивать их энергоснабжение за счет размещения мощностей микрогенерации на одном из них[399]. Сущность данной возможности заключается прежде всего в обеспечении собственных энергетических потребностей владельца разных объектов недвижимости в противовес получению дополнительной прибыли в случае применения «зеленого тарифа» на единственном объекте микрогенерации. Благодаря данному решению может быть обеспечено целевое использование индивидуальных установленных мощностей ВИЭ, наравне с ростом экономической и энергетической эффективности единичных объектов генерации. Стоит отметить, что снятие безусловного ограничения на 15 кВт установленной мощности микрогенерации в данном отношении приобретает дополнительное обоснование.

Тем не менее, при реализации данного предложения возникает услуга передачи электроэнергии, которая требует оценки исходя из сочетания необходимости соблюдения интересов энергосбытовой компании и привлечения потенциальных потребителей. Указанная ранее разница между тарифами на электроэнергию для городского и сельского населения в данном отношении представляется понятным и справедливым ориентиром, в то время как превышение фактической стоимости передачи электроэнергии

[399] Бучнев А.О. Создание класса энергетических просьюмеров как цель государственной политики в области регулирования возобновляемой энергетики // Государственная служба. 2022. № 2. С. 39.

(при наличии) предлагается компенсировать по аналогии с «зеленым» тарифом.

В завершение темы практической реализации микрогенерации в России, хотелось бы отметить, что несмотря на чрезвычайно ограниченный спрос со стороны населения на соответствующее оборудование для частного сектора, а также значительное количество предложений, не включающих даже минимального набора услуг, имеются примеры организаций, которые поставляют решения, а не товар, что в значительной мере соответствует культуре ВИЭ настоящего времени[400]. Отдельно стоит отметить, что не смотря на фактическое увеличение закупочной цены СП для Общества за 4 квартала 2021 года составившее 27 % (прямое следствие раскрытых ранее кризисных явлений и более значительных издержек реализации оборудования микрогенерации для частного сектора), стоимость СП для покупателя была сохранена на протяжении всего периода (Приложение 8. Таблица 43).

Также стоит отметить, что была дополнительно подтверждена раскрытая ранее аргументация необходимости в развитии специализированных банковских продуктов для поддержки развития ВИЭ на уровнях близких к индивидуальному, что позволит повысить как операционную деятельность самих организаций, так и улучшить условия приобретения со стороны покупателей, которыми в случае выхода на мезоуровень могут стать локальные сообщества, представленные инициативной группой или муниципалитетом. Благодаря этому произойдет дальнейшее увеличение мощности генератора (или их группы), а также оптимизацию условий размещения оборудования, что, как это было отмечено ранее, значительно улучшит экономические и эксплуатационные характеристики. В связи с этим предлагаемые инструменты стимулирования микрогенерации могут быть применены и на региональном уровне, особенно

[400] Бучнев А.О. Аспекты развития возобновляемой и невозобновляемой энергетики в контексте построения углеродно-нейтральной экономики. Москва : Грифон, 2022. С.344.

в части снятия безусловного ограничения мощности на уровне 15 кВт и использовании несколькими объектами единственного оборудования преобразования возобновляемой энергии после апробации на микроуровне.

Как известно из мирового опыта активного применения возобновляемой энергии исходный государственный заказ является одним из действенных методов, поскольку формирует у инвестора понимание сроков возврата инвестиций, стимулирует трансфер технологий в рамках локализации необходимого оборудования, формирует цепочки взаимодействия поставщиков, регулирует смену прав собственности, представляющей совокупность механизмов и институтов, обеспечивающих структуру, организацию и легитимность[401]. Тем не менее, в отечественной практике сформирован первый этап формирования среднесрочных целей инвесторов - конкурсное заключение договоров предоставления мощности (ДПМ). Отметим, что действующая система ДПМ не гарантирует эффективного применения вновь вводимых мощностей в условиях стагнирующего спроса на электрическую энергию, для преодоления которого необходим уверенный ежегодный четырехпроцентный рост потребления, а не прогнозируемый темп в области одного процента на ближайшее десятилетие[402]. Тем не менее, конкурсное заключение ДПМ было исполнено для проектов на срок до 2024 года и, как ожидается, будет продлено новым отбором в области ВИЭ на период 2025-2035 гг.

Определенные позитивные сдвиги в области локализации оборудования для генерации возобновляемой энергии происходят, в основном, в определении процента локализации, но не в должном объёме производства генераторов ВИЭ, достаточного для его удешевления для

---

401 Ходжсон Д. Экономическая теория и институты : Манифест современной институциональной экономической теории / Джеффри Ходжонсон ; Пер. с англ. М.Я. Каджана ; Акад. нар. Хоз-ва при Правительстве Рос. Федерации. – Москва : Дело, 2003. С. 131.

402 Минэнерго признало альтернативную энергетику неактуальной. URL: http: //izvestia.ru /news/594810. 2015/ (дата обращения: 20.02.2016)

запуска массового потребления сопутствующих благ возобновляемой энергии. Так, если в 2013 году для ВЭС и СЭС доля отечественного оборудования должна была составлять не менее 25% и 20% соответственно, то в настоящее время этот ориентир равен 65% для обоих типов электростанций. Общее снижение капитальных затрат солнечной генерации за период оказалось вдвое лучше целевого значения [403].Так же наблюдается позитивная динамика по показателю фактической выработки электроэнергии на объектах ВИЭ, возросшей в 46 раз[404] за период с 2014 по 2019 годы (что объясняется эффектом низкой базы), которая в 2019 году увеличился на 692 тыс. МВт/ч, что больше объёма генерации первых трех лет периода (рис. 68). Установленные мощности ВИЭ составляют порядка 2,2% мощностей страны.

Необходимо напомнить, что микрогенерация на базе ВИЭ более эффективна за счёт отсутствия инфраструктурной передающей составляющей, особенно в удаленных регионах, где долгое время применялись генераторы на неэкологичных видах топлива. Приведем в пример гибридный генератор (95 кВт) на базе СЭС и ВЭС в Мурманской области (с. Варгуза), установленный в 2014 году, но из-за недостаточно развитого рынка СХЭ для снижения рисков неравномерности выработки электроэнергии был установлен дизельный генератор с отношением мощности к ВИЭ 1,75[405]. Несмотря на отсутствие современной системы СХЭ, проект обеспечил надёжное круглосуточное энергоснабжение при среднемесячной экономии 95% традиционного топлива. 2014 год отметился реализации небольших гибридных проектов мощностью 0,1 МВт обеспечения энергоснабжением удаленных районов (СЭС-дизельный гибрид, с. Яйлю, Алтай, СЭС 60 кВт).

[403] Рынок обеспечит спрос. URL: https://rg.ru/2019/10/01/podderzhku-alternativnoj-generacii-planiruetsia-prodlit-do-2035-goda.html (дата обращения: 01.10.2019).
[404] Министерство энергетики РФ. URL: https://minenergo.gov.ru/ (дата обращения: 01.12.2020).
[405] Киреева А. ВИЭ для удаленных территорий // Экология и право. 2014. № 2. С.89.

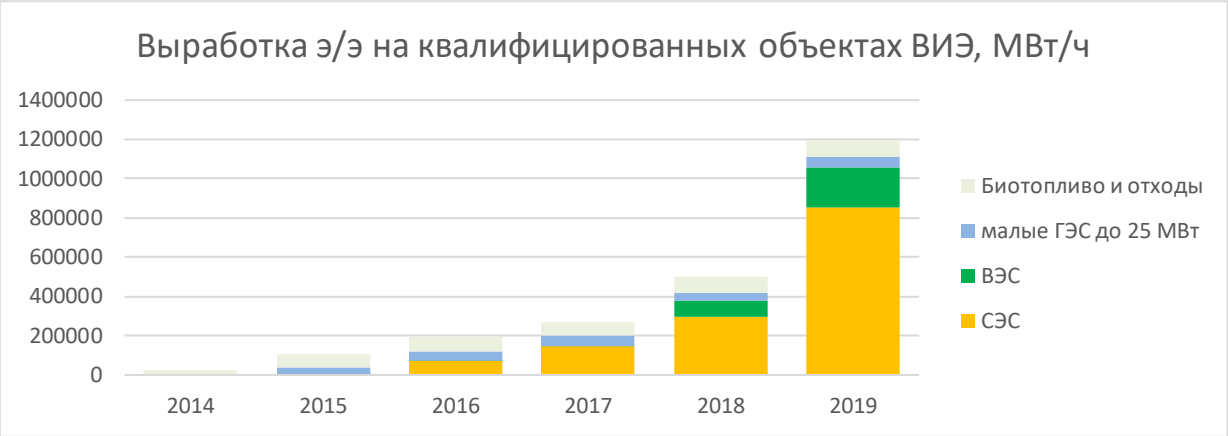


Рис. 68 Выработка э/э на квалифицированных объектах ВИЭ, МВт·ч. Источник: Минэнерго РФ.

Несмотря на очевидные преимущества генераторов ВИЭ малой мощности (минимальное время реализации проекта в удаленных регионах, масштабируемость проектов к конкретным энергопотребностям, независимость от цен на исходный ресурс при применении СХЭ, отсутствие выбросов и отходов), активизации массового внедрения ВИЭ в РФ не происходит. Наравне с указанными ранее авторскими предложениями активизации микрогенерации, требуются решения глобального порядка, которые будут более подробно раскрыты в параграфе 4.3.

Нужно отметить, что по отношению к глобальным объемам развития ВЭС, установленная мощность в стране составила скромные 0.64 ГВт, причем по ДПМ – 0,53 МВт[406], включая два ветропарка ФРВ» («Фортум» – «Роснано» – «Вестас»: второй ветропарк компании самый крупный в Российской Федерации – 0,2 ГВт), АО «НоваВинд» (ГК «Росатом») и ПАО «Энел Рус» с «Сименс-Гамеса».

Кроме перечисленных ветропарков планируется ввести в строй четыре интегральных ветроэлектростанций в Ростовской области, Ставропольском крае, Республике Калмыкия и Мурманской области (Кольская ВЭС). Проект Кольской ВЭС, расположенный в суровых климатических условиях за полярным кругом мощностью 201 МВт, оценивается порядка 273 млн. евро

[406] За три года установленная мощность ветроэнергетики в России достигла 641 МВт. URL: http://www.energyland.info/news-show-tek-alternate-200477 (дата обращения: 21.08.2020).

инвестиций[407]. В настоящий момент ряд компаний из Европейского Союза, а именно EAB Energy (ФРГ), Elawan Energy S.L. (Испания), Solar & Wind Partners (Голландия), заинтересованные государственной программной поддержкой, объявленной Российской Федерацией до 2024 года, планируют принять участие по схеме договоров предоставления мощности, суть которых в установлении правительством повышенных отчислений инвестору за счет превышения рыночной цены электроэнергии. Предполагается, что инвестиции в ВИЭ составят 600 миллиардов рублей в период поддержки[408] (с 2013 по 2024 гг). EAB Energy проявляет интерес к строительству ветрогенераторов в Поволжье и на Дальнем Востоке, Elawan Energy S.L. - в Краснодарском крае. Solar & Wind Partners также планирует осваивать рынок РФ, но в рамках новой программы поддержки возобновляемых источников энергетики до 2035 года, которая в настоящий момент проходит стадию согласования.

На форуме GMIS2020 (Global Manufacturing & Industrial Summit) министр энергетики Российской Федерации А.Новак отметил, что доля возобновляемой энергии достигнет 4-5 процентов к 2024 году в топливно-энергетическом балансе страны, что является позитивным пересмотром минимизированных ранее целевых показателей. Необходимо также отметить, что генераторы возобновляемой энергии в отечественных условиях проектируют с учётом эксплуатации в холодном климате, например, ВЭС в Ульяновской, Ростовской областях и в Калмыкии учитывают конкретные природные особенности, а генераторы ВЭС Кольского полуострова будут оборудованы системой обнаружения обледенений и спроектированы для эксплуатации при низких температурах.

---

[407] Enel Green Power starts construction at 201 MW Kolskaya wind farm, largest renewable project beyond the Arctic Circle. URL: https://www.enelgreenpower.com/media/press/2019/09/enel-green-power-starts-construction-at-kolskaya-wind-farm-largest-renewable-project (дата обращения: 02.05.2020).

[408] Партия зеленых: рынок альтернативной энергетики привлек Европу. URL: https://iz.ru/1072641/valerii-voronov/partiia-zelenykh-rynok-alternativnoi-energetiki-rf-privlek-evropu (дата обращения: 21.08.2020).

Завершая параграф, подчеркнём, что с точки зрения энергетической региональной безопасности недопустимо наличие генерирующих мощностей, использующих только один источник энергии, не повторяя связанных с этим иных негативных последствий. Оценим значение российской энергетической отрасли в период мирового энергетического перехода к возобновляемой энергетике и сформулируем ряд предложений, способствующих эффективной трансформации ряда отечественных экономических и энергетических направлений, обеспечивающих устойчивое развитие национальной экономики.

4.2. Значение российской энергетической отрасли в период мирового энергетического перехода.

Как было показано в рамках настоящего исследования, основное направление устойчивого развития высокотехнологичных стран с опорой на экологически чистую возобновляемую энергетику выбрано мировым сообществом на существенный и продолжительный период, продекларированное в период участия Российской Федерации в международном клубе «Большая восьмерка»[409] программным заявлением:

– инновации возобновляемой энергии способствуют охране окружающей среды, обеспечивают надежное энергоснабжение и конкурентоспособность экономики;

– энергосбережение как ключевой принцип экологии будущего, невозобновляемые источники энергии за долгий период своего использования сформировали приоритет инновационных технологий, снижающих негативное воздействие ископаемого топлива на окружающую среду;

– смягчение последствий климатических изменений на основе распространения технологий ВИЭ, повышения их доступности и масштабируемости для всех стран.

Характерно, что лидеры развитых экономик подчеркивают роль возобновляемой энергии, осознавая ограниченный период времени отведенный невозобновляемым ресурсам, обладающим высокими сопутствующими экологическими рисками[410].

Происходящий энергетический переход к возобновляемой энергии инициировал институциональную трансформацию в энергетической и

---

[409] Глобальная энергетика и Большая восьмерка. URL: http://www.ereport.ru /articles/ecunions/g8.htm (дата обращения: 10.09.2011).

[410] Tugcu C., Ozturk I., Alper A. Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth relationship revisited: Evidence from G7 countries**.** Energy Economics, Volume 34, Issue 6, November 2012. P.1942.

сопряжённой с ней отраслях национальных экономик. Основополагающие и безвозвратные стадии трансформации отраслей, использующих ВИЭ, как и сопряженных с ними, мировая экономика завершила в начале десятых годах текущего века, когда свыше 100 государств сформировали соответствующие институты поддержки ВИЭ, достигли или существенно опередили намеченные среднесрочные ориентиры достижения определенной доли возобновляемой энергетики в своих национальных энергобалансах и утвердили стратегические цели достижения углеродно-нейтральной развития экономики будущего.

Если к 2011 году 81 страна использовала тарифы для активизации применения ВИЭ, (кроме этого, 73 государства сформировали нормативные регуляторы по биотопливу)[411], то к 2019 году количество стран, создавших институциональную среду развития возобновляемой энергии, достигло 190 или 92 % от числа современных государств.

Крупные и средние, государственные и частные компании переходят на использование ВИЭ, стоимость возобновляемой энергии неуклонно снижается, а срок окупаемости её проектов минимизируется и составляет от 5 до 10 лет в зависимости от проекта и объёма производимой энергии. Рост числа просьюмеров увеличивается и способствует укреплению среднего класса. Современная продукция и компании, её производящие, оцениваются на соответствие критериям ESG.

В настоящей диссертационной работе выявлено как именно и на каких уровнях (от частных домохозяйств до межгосударственных объединений) происходит активизация применения возобновляемой энергии и как, следствие, укрепление структурных связей и взаимодействия предпринимательства, гражданского общества и государства. Безусловно, государственная поддержка на первых этапах становления этого направления

[411] Murray J. UK's Energy Secretary Promises Green Policies Will Boost GDP. URL: www.greenbiz.com/news/2011/06/30/uks-energy-secretarypromises-green-policies-will-boost-gdp (дата обращения 18.08.2019).

играла одну из ключевых ролей, однако, по мере роста вовлеченности участников рынка ВИЭ, регулятивным образом снижаются объемы дотаций (имело место 2 годами позднее либерализации рынка электроэнергии в 1998 году), что не оказывает значимого противодействия развитию этого инновационного сектора энергетики и делает необходимым его включение как влиятельного фактора в долгосрочное планирование экономики.

Прогнозы автора от 2008 – 2010 годов[412,413] о сходимости себестоимости возобновляемой энергии с себестоимостью газовой и угольной генерации и её последующем инновационном снижении полностью подтвердились, как и ряд прогнозов зарубежных исследователей[414].

Касаясь приведенных в настоящей работе ожиданий бескомпромиссного перехода мировой энергетики на ВИЭ уже в 2030 году, автор хотел бы еще раз отметить, что недооценка ряда особенностей наращивания мощностей возобновляемой энергии без синхронного развития систем хранения, накопления и распределения энергии, а также вероятных последствий климатических рисков вредна и опасна. Здесь можно привести в пример и популистские высказывания некоторых экологических партий, например в ФРГ, о мгновенном переходе на ВИЭ, произнесённых в рамках предвыборной компании. Тем не менее, можно утверждать, что мировое сообщество выбрало эволюционный путь возобновляемой энергетики, признало её за основу инновационного развития национальных экономик.

Но, как мы знаем из первой главы, всегда возможны новые открытия и появление новых видов энергии на очередном этапе развития мирового сообщества, а также и то, что предыдущий доминирующий энергетический ресурс относительно долго сохраняет свою значимость. На данном этапе роль

---

412 Бучнев А.О. Нетрадиционные источники энергии как составляющая новой энергетики // Интеграл.2008. № 6. С. 31.

413 Бучнев А.О. Конкуренция альтернативной и традиционной энергетики: объективная реальность // Проблемы теории и практики управления. 2010. №5. С. 21.

414 Arent D. J., Wise A., Gelman R. The status and prospects of renewable energy for combating global warming // Energy Economics, Volume 33, Issue 4, July 2011. P.585.

подобного источника играет природный газ, используемый как вид топлива для производства электро- и теплоэнергии.

Выше приводились мнения различных экспертов и политических деятелей, прочеркивающих роль природного газа, как наименее экологически вредного вида топлива на переходный период к ВИЭ. Сегодняшний «золотой век газа»[415] большинство стран мира оценивают в качестве переходного периода, предполагая в среднесрочной перспективе отказаться от существенной доли импорта энергоресурсов, в том числе и из нашей страны.

В топливно-энергетическом балансе Европейского Союза доля российского газа имела различные тенденции от роста до снижения (рис. 69).

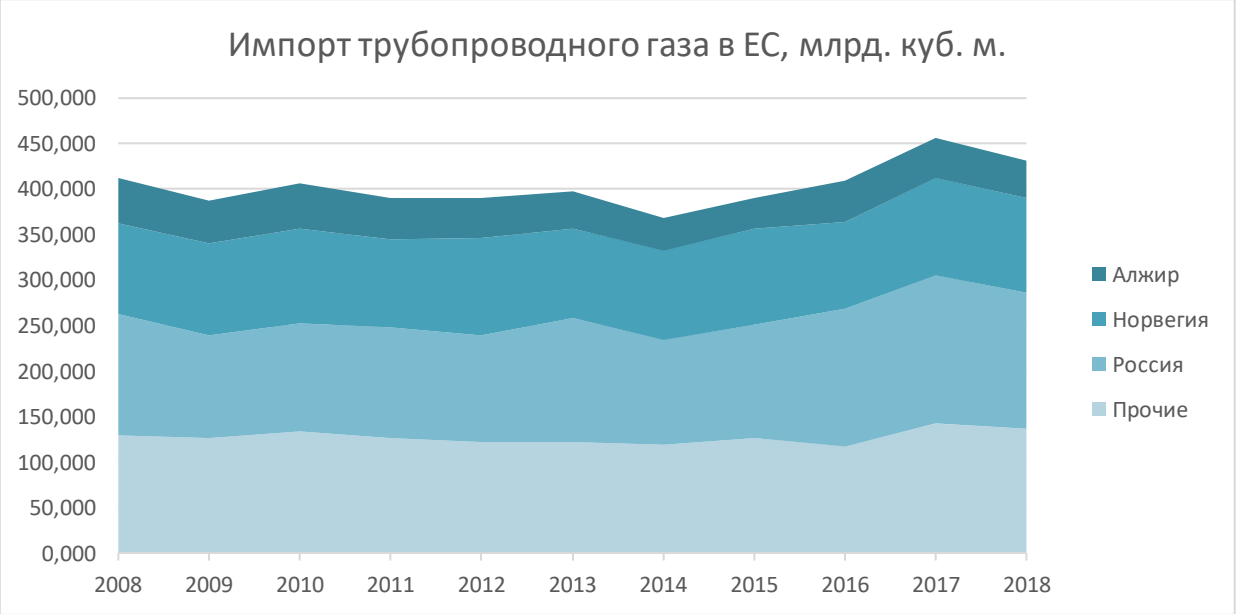


Рис. 69 Импорт трубопроводного газа в ЕС, млрд. куб. м. Источник: Евростат.

Так, доля российского газа в импорте ЕС[416] (без учета СПГ) за 10 лет находилась в коридоре 27% - 35%, характерно, что при достижении минимума по показателю в 2009 году, остальные ключевые страны-экспортеры не показали значительного сокращения своих поставок. В 2015

[415] IEA Special report «Are we entering a golden age of gas». World Energy Outlook, 2011. P. 42.

[416]Евростат. URL: https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitModifiedQuery.do (дата обращения: 20.11.2020).

году экспорт российского природного газа увеличился на 30%, что объяснялось существенным снижением его цены по формульному ценообразованию с привязкой к нефтяным ценам с определенным лагом временной задержки, как увеличение поставок СПГ (сжиженный природный газа) в Европейский Союз из Катара и Нигерии[417].

Отметим, что при средней доле СПГ в общем импорте газа по ЕС на уровне 10%, в 2011 году она достигла максимума в 15,8%, показав возможность сравнительного быстрого замещения трубопроводного газа при благоприятной конъюнктуре. Так за период с 2002 по 2012 год началось (рис. 70) замещение потенциальных долей отечественного экспорта частично закрывающими инновациями в способе транспорта газа и недостатком гибких ценовых условий предложения (спот и своп поставки), несмотря на традиционное наличие в отечественной газовой промышленности значительного инновационного потенциала[418].

По итогам 2020 года российский экспорт природного газа в ЕС снизился на 3% к предыдущему периоду несмотря на увеличение продаж на электронной торговой площадке 27 млрд. $м^3$ по ценам соизмеримым или ниже цен спотового рынка (газовый хаб TTF фиксировал 68 долларов США за тыс. $м^3$).

Доля СПГ на мировом газовом рынке достигла 40 %, а к 2040 году СПГ как вид доставки газового топлива достигнет 60 % в мировой торговле.

Географическое расположение производителей СПГ не привязывает их к одному потребителю как в случае с трубопроводным способом его доставки, содействует их конкурентоспособной взаимозаменяемости, активизирует увеличение мощностей поставщиков, например Австралии, до 78 миллионов тонн СПГ в год[419], обойдя мирового лидера Катар.

---

[417]СПГ достиг 10% в европейском импорте газа. URL: http://www.cdu.ru/catalog/mintop/infograf/012014 (дата обращения: 15.07.2014)

[418]Бучнев А.О. История газовой промышленности – история инноваций // Нефть, газ и бизнес. 2007. № 12. С.67.

[419]Бучнев А.О. Обзор газового рынка Австралии // Нефть, газ и бизнес. 2013. № 8. С.39.

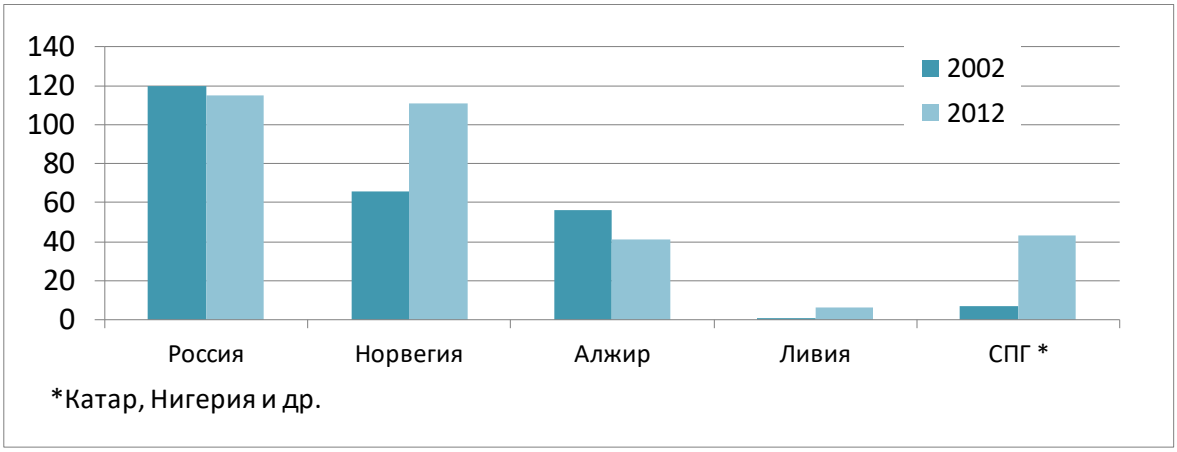


Рис. 70 Основные поставщики газа в Европейский Союз, млрд. м^3. Адаптировано автором.

Норвегия и Алжир, наравне с Россией являются крупнейшими поставщиками трубопроводного газа, но с 2012 года эти страны также обеспечивали порядка ¼ импорта СПГ в Европейском Союзе, что вместе с лидирующими Катаром и Нигерией составляет 85% импорта СПГ за период.

Отметим заявление испанской газовой ассоциации 2014 года[420], что наличие 7 терминалов СПГ (что на тот период составляло 2/5 терминалов СПГ в Европейском Союзе), достаточно для вытеснения 1/10 российского газа.

В целом, российский природный трубопроводный газ начал конкурировать с российским СПГ с 2015 года[421] на рынке Европейского Союза, когда французская «Total» заключила первый контракт с «Ямал СПГ»

В 2018 году доля российского СПГ составила 6% от импорта, позволив войти в список 5 крупнейших поставщиков этого топлива. США с результатом, меньшим на 336 млн. м^3, составили 5% европейского импорта (рис. 71, приложение 9).

[420]Buck T. Spain positions itself as alternative to Russian energy supply. 04.2014 URL: http://www.ft.com (дата обращения: 15.09.2014).
[421]Total закупит 4 млн т сжиженного газа в год с "Ямал СПГ". URL: http://www.rbc.ru/rbcfreenews/20140328125016.shtml (дата обращения: 15.02.2015).

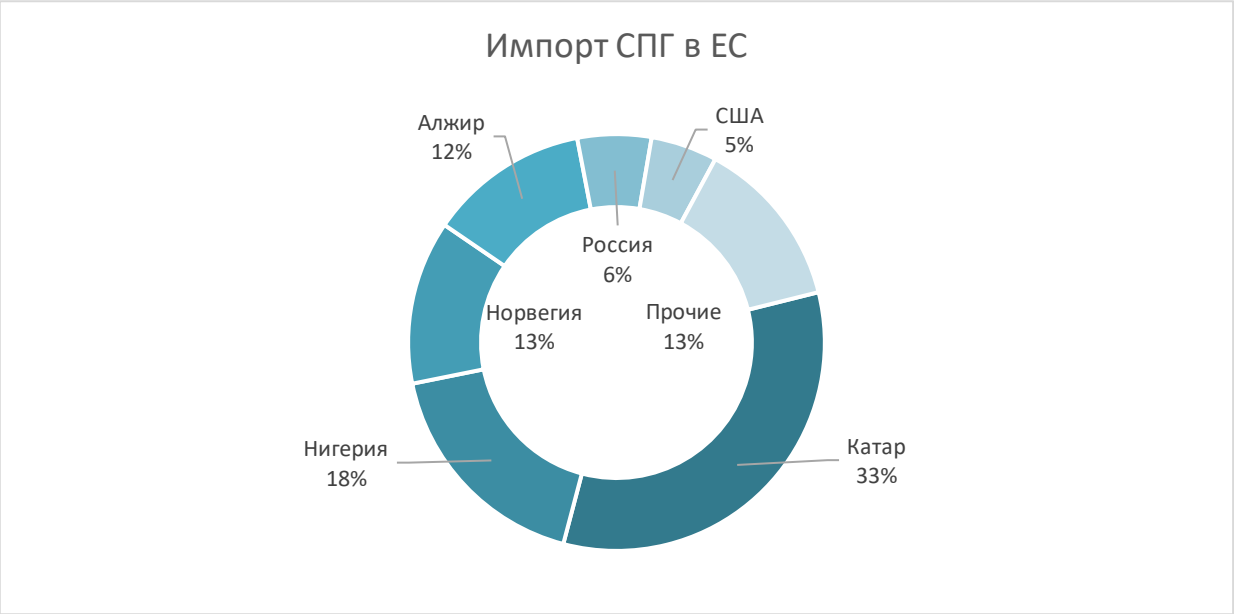


Рис. 71 Импорт СПГ в ЕС по ключевым поставщикам в 2018 году, %. Источник: Евростат.

В предыдущих главах отмечено, что субсидирование невозобновляемой энергии сохраняется на высоком уровне, в отличии от постоянно снижаемого субсидирования ВИЭ (на примере Европейского Союза, который начал процесс активного снижения субсидирования генерации возобновляемой энергии).

Субсидирование генерации энергии посредством невозобновляемых ресурсов ежегодно растёт - 312 миллиардов долларов США в 2009 году, 409 миллиардов долларов США в 2010 году. Будущее увеличение годовых субсидий добычи ископаемого топлива достигнет 600 миллиардов долларов США[422]. Это определяется не только увеличением планомерного замещения невозобновляемой энергией «зеленой» энергетикой, но и ужесточением конкуренции между поставщиками ископаемых носителей посредством трубопроводного газа, на которую наложилось существенное удешевление технологий сжиженного природного газа, к тому же лишенного недостатков магистрального трубопроводного транспорта, жестко привязанного к одному потребителю и существенно зависимого от политики стран-транзитёров через которые осуществляется доставка. Введение в строй морских отечественных газовых трубопроводов не снимает данной проблемы.

[422]OECD/IEA. International Energy Agency: WEO 2011, 75739 Paris Cedex 15, France. P.45.

Безусловно, часть транзитных рисков снижается, но существенно возрастают риски недружественной политики конечных, принимающих газ государств, которые, понимая свою исключительную монопольность в дальнейшем распределении и транспортировке российского газа, могут менять свою политику и не только ценовую, как например Турция. Вполне вероятно, что и Федеративная Республика Германия, со временем сделавшись крупнейшим дистрибьютером российского газа, вполне может воспользуется своим монопольным правом как единственного получателя существенных объёмов газа (в той же ценовой политике, предложив пересмотр её условий после ввода проекта в эксплуатацию).

На первый взгляд, данных рисков лишены проекты экспорта газа посредством магистральных трубопроводов в страны, приобретающие природный газ для внутреннего использования, исключая его реэкспорт, как например Китайская Народная Республика, получающая экспортный газ по магистральному трубопроводу.

Но, во-первых, как мы выяснили в предыдущей главе, взрывной рост использования возобновляемой энергии позволит существенно нарастить рычаги договорного давления на ценообразование газового топлива. Во-вторых, выявлена существенная конкуренция со стороны перспективно закрывающей технологии СПГ трубопроводные способы доставки природного газа. И, в-третьих, ведутся собственные успешные технологии извлечения газа из морских газогидратов в КНР.

Отметим и мнение Л. Федуна, совладельца и вице-президента крупнейшей частной нефтяной отечественной компании Лукойл, отметившего, что нефтяной рынок Европейского Союза уменьшится в два раза к 2040 году, также он подчеркнул и ожидаемое снижение экспорта российского газа[423].

[423] Федун назвал неизбежным снижение экспорта нефти и газа в Европу. URL: https://www.rbc.ru/business/24/11/2020/5fbc9cc79a7947e5a2c89fb2 (дата обращения: 24.11.20).

Все выше сказанное подчеркивает, что Российской Федерации необходимо ускорить создание мощностей глубокой переработки перспективно высвобождаемых от экспорта значительных объемов нефти и газа для создания продуктов нефте- и газохимии с высокой добавленной стоимостью. Кроме этого, необходимо развивать сегмент малотоннажной химии, столь активно используемой во времена Советского Союза (обычно к ней относят продукции высоких переделов с производственной мощностью от десяти до ста пятидесяти тысяч тонн в год, откуда, собственно и пошло название данного сегмента экономики).

Стоит отметить, что и стоимость удельного продукта в малотоннажной химии (fine chemicals) оценивается рынком от 15 000 до 90 000 долларов за 1 кг продукции при емкости рынка до 100 миллиардов долларов США, а емкость рынка среднетоннажной химии (speciality chemicals), которую ошибочно в отечественной практике относят к малотоннажной химии, достигает одного триллиона долларов в год при удельной стоимости продукта до 10 000 долларов за 1 кг продукции.

В целях равнонаправленного развития с мировыми тенденциями, а также технологического совершенствования в сфере цифровой энергетики, представляется необходимым изменить соответствующие приоритеты в программе модернизации устаревших ТЭС мощностью 40 ГВт с объемом финансирования на уровне 1 триллиона рублей за 10 лет.

Использовать практику замены устаревших мощностей традиционной энергетики элементами возобновляемой энергетики именно там, где это целесообразно и необходимо в соответствии с выше предложенными рекомендациями, в том числе, чтобы выполнить взятые на себя публичные обязательства в рамках глобальных климатических соглашений.

Кроме этого, учитывая ресурсный потенциал как к снижению выбросов эквивалентов углекислого газа, так и с учетом тенденций землепользования, изменений в землепользовании и лесном хозяйстве как основы для оценки поглощаемости CO_2, представляется целесообразной активизация

международного сотрудничества в целях привлечения инвестиций, в том числе внешних, не только для декарбонизации национальной экономики, но и росту общемировой значимости в данном процессе.

Учитывая выявленные ранее риски трубопроводного транспорта вследствие балансирования рынка традиционных ресурсов относительно предложения энергии на базе ВИЭ, в особенности характерные для Европейского Союза и вложенные значительные ресурсы в создание магистральных газо- и нефтепроводов необходимо разработать международную нормативную базу, понятную мировому сообществу и включать в себя пункты о стабильной оплате сохранения и содержания в рабочем состоянии системы и предоставлении комплекса услуг от резервных нефтегазовых мощностей магистральной доставки первичных носителей энергии в вероятных случаях климатических природных катаклизмов и чрезвычайных ситуаций на период после создания не только углеродно-нейтральной, но и углеродно-отрицательной энергетики.

Активизация международного сотрудничества в этом направлении сейчас позволит не только создать институциональную базу для успешной реализации данной идеи в долгосрочной перспективе, но и создать предпосылки для защиты инвестиций в трубопроводный транспорт (в том числе на стадии ввода в эксплуатацию) настоящего времени, учитывая тенденции диверсификации импортных потоков традиционных углеводородных ресурсов европейского союза и возрастающую долю СПГ в поставках по миру в целом. Последнее служит риском для внутренней конкуренции, что также может быть нивелировано благодаря внешним инвестициям для поддержания трубопроводной инфраструктуры.

Автору представляется последнее предложение особенно важным так как на сегодняшний день в силу рассредоточенной по нашей Земле сконцентрированных центров добычи невозобновляемых источников энергии порядка 2/5 добытых ресурсов реализуется в рамках международного торгового экспорта, и первая пятерка лидеров (Российская

Федерация, Саудовская Аравия, Австралия, Индонезия, Канада) испытывает постоянное давление угрозой резкого падения цен на ископаемое топливо.

Представляется целесообразным оценить и риски отказа от экспорта российской электроэнергии сопредельными государствами, активно развивающими собственную возобновляемую энергию. Например, Финляндия, сегодня являясь крупным покупателем российской электроэнергии, активно развивает различные виды ВИЭ и уже в среднесрочной перспективе сможет обойтись без российской электроэнергии. Возможно, не только для газовой отрасли, но и для генерации электроэнергии необходимо разработать специальные международные тарифы поддержки резервных мощностей на случай природных катаклизмов, согласовав их с заинтересованными международными институтами.

Мировое сообщество создало универсальную систему стимулирования развития и активного применения возобновляемой энергии[424], сделало свой выбор в сторону углеродно-нейтральной экономики, с которым уверенно движется в экологически чистое будущее и осознать своё национальное предназначение в этом будущем важно уже сегодня.

Позитивным последствием государственного регулирования возобновляемой и невозобновляемой энергетики является уникальная возможность постепенной замены выбывающих мощностей традиционной энергетики запланированными инновационными мощностями ВИЭ, одновременно осуществляя переподготовку освобождаемого персонала и подготовку новых специалистов. Учитывая инерционность в 5-6 лет подготовки квалифицированного персонала для обеспечения активного применения возобновляемой энергии данный процесс необходимо начинать уже сегодня.

[424] Бучнев А.О. Политико-экономические стимулы развития возобновляемых источников энергии // Нефть, газ и бизнес. 2011. № 9. С.5.

Не меньшая инерционность процесса запуска проектов глубокой переработки невозобновляемых ресурсов для их реализации с более высокой добавленной стоимостью (5-7 лет с учетом этапа проектирования) требует ускоренного развития с учетом ожидания сокращения их экспортного потенциала в среднесрочной перспективе. Кроме этого, на авторский взгляд необходима ускоренная локализация генерирующего оборудования с доведением доли российских производителей до 100 процентов оборудования ВИЭ. Соответствующий расчет макроэкономического эффекта от данного предложения будет приведен в параграфе 4.4.

Существенный потенциал финансового сбережения средств, которым обладает возобновляемая энергетика внесёт положительные тенденции стабилизации региональной экономики удаленных и труднодоступных населённых пунктов, и производств, не имеющих централизованного энергоснабжения. Порядка десяти миллионов человек в РФ вынуждены оплачивать доставку топлива для дизельных и иных генераций, получая дорогостоящую и не всегда круглосуточную электрическую энергию, к тому же зависимую от транспортных тарифов и графиков и условий своевременной доставки.

В ряде работ отмечается существенное отставание Российской Федерации от мировых тенденций перехода на электротранспорт[425], что отчасти объясняется активным стимулированием перевода на газомоторное топливо и созданием соответствующей инфраструктуры.

Сделаем существенное замечание, что переход на электротранспорт, как и электрификация железных дорог не снижают общие выбросы углекислого газа, если используемая электроэнергии произведена не из ВИЭ.

Например, ряд авторов отмечают, что тот же Транссиб обеспечивается электроэнергией на базе угольной генерации, что может быть причиной

[425] Ремизова Т.С., Кошелев Д.Б., Влияние мировых тенденций на рынок электромобилей в России: проблемы, возможности и направления развития // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2021. Т.17. №5 (398). С. 918.

отказа социально ответственных грузовладельцев и операторов от транзита по магистрали в соответствии с культурой ESG[426].

С учетом обозначенных ранее потенциальных ресурсных ограничений ВИЭ необходимо отметить, что запасы лития в Российской Федерации составляют порядка 925 тыс. т, что по сравнению с мировыми запасами на уровне 14 млн. т позволяет существенно развить данное направление, повысив долю страны в мировом балансе с нынешних 4%. Что касается ситуации с производством кобальта, то его запасы в России составляют порядка 250 тыс. т при мировых запасах порядка 7,1 млн. т. Производство кобальта в среднем составляя порядка 5,5 тыс. т в год вполне может быть доведено до 8- 9 тыс. т в год. Соответственно мировая доля России в производстве кобальта может быть увеличена до 8 - 9% с текущих 5 %. Потребление кремния в РФ составляет порядка 3 % от мирового потребления, в то время как США, КНР, ФРГ потребляют 17, 15 и 14 процентов соответственно. Отечественное производство обеспечивает 250 тыс. т ежегодно, что составляет четверть от общемирового уровня.

Безусловно, данные производства обеспечивают первичным сырьем широкий спектр отраслей промышленности и имеют сложившиеся цепочки поставок, но с учетом обоснованного потенциала развития ВИЭ, как в России, так и на мировом рынке, представляется целесообразной интенсификация данных производств, не только в целях создания промышленного кластера по обеспечению сектора ВИЭ, но поддержания спроса на энергию, а также значительного его увеличения. Последнее особенно важно с учетом особенностей национальной энергетической системы, выраженной доминирования наиболее «чистых» источников энергии в ТЭБ, их эффективности преобразования в электрическую энергию, а также совокупного потенциала ВИЭ и естественного поглощения вредных

[426]Зоидов К.Х., Медков А.А. Перспективы декарбонизации мировой экономики в процессе формирования и эволюционного развития инновационно-индустриальных поясов торговых путей XXI века // Проблемы рыночной экономики. 2021. № 2. С. 93.

выбросов. На взгляд автора[427], значение энергетической отрасли Российской Федерации в системе мирового энергообеспечения в условиях глобального энергетического перехода и существенного расширения сферы применения ВИЭ в глобальной экономике (наравне с обеспечением поставок экспортных углеводородных ресурсов) заключается в экспансии в область переработки высвобождаемого углеводородного сырья с целью производства продуктов с высокой добавленной стоимостью для расширения экспортного потенциала, наравне с развитием энергоемких производств, в том числе для производства сырья для нужд возобновляемой энергетики, что в свою очередь должно сопровождаться компенсаторными механизмами улавливания вредных выбросов в атмосферу. Так же, представляется возможной планомерная трансформация восприятия зарубежными партнерами инфраструктуры российского экспорта углеводородов от инструмента продвижения геополитических интересов к наличию надежного источника резервных мощностей на случай глобальных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, чему должна способствовать разработка и продвижение соответствующих международных институциональных и экономических механизмов также активизации международного сотрудничества в области сдерживания глобальных негативных климатических процессов и привлечении внешних инвестиций на эти цели.

Рассмотрим адаптированный к отечественным условиям ряд отработанных в мировой энергетике и экономике методологических решений, стимулирующих активное развитие возобновляемой энергетики.

[427]Бучнев О.А. Приоритеты государственного регулирования энергетики в контексте построения углеродно-нейтральной экономики и достижения социально-экономических целей // Государственная служба. 2021. № 6. С. 29.

4.3. Новые методы институциональной поддержки возобновляемой энергетики и сопряженных с нею отраслей промышленности.

Разработанные методологические рекомендации по выводу отрасли ВИЭ на инновационный уровень институциональной поддержки и сопряженных с ней отраслей экономики направлены на активизацию применения ключевых преимуществ возобновляемой энергетики в Российской Федерации для улучшения инновационно-инвестиционного климата в целом, направленного на эффективное достижение Целей устойчивого развития Российской Федерации, роста количества энергодостаточных регионов. Безусловно, районы Центральной и Северо-Западной Сибири, северные районы Европейской части Российской Федерации относятся к энергодостаточным с точки зрения надёжного энергообеспечения[428], но зависят от доминирующего невозобновляемого энергетического ресурса, что не соответствует политике построения низкоуглеродной экономики.

Представленные методологические рекомендации учитывают достаточный уровень развития энергопередающей инфраструктуры для активизации крупных проектов возобновляемых источников энергии, ключевой целью которых является повышение надежности энергоснабжения всех отечественных регионов, а также на создание серийного производства генераторов ВИЭ с доведением до 100 процентов локализации их комплектующих, что позволит увеличить инновационную активность в сопряженных с ВИЭ отраслях национальной промышленности, будет способствовать росту высокопроизводительных рабочих мест и повышению уровня жизни в стране.

Оценка региональной дифференциации в показателях объёма её производства/потребления (по показателю удельного потребления

[428]Экономика и энергетика регионов Российской Федерации / А.М.Мастепанов, В.В.Саенко, В.А.Рыльский, Ю.К.Шафраник. – Москва : Экономика, 2001. С. 45.

электроэнергии на душу населения Уральский округ превышает вдвое общероссийский показатель и втрое в сравнении с Южным округом) показывает увеличение глубины дифференциации, которая лишь отчасти объясняется стоимостью и логистикой привозного/дальнепривозного энергетического ресурса.

Активизация использования ВИЭ минимизирует влияние привозных/дальнепривозных ресурсов на стоимость и объёмы производимой/потребляемой энергии в удаленных регионах, а также снизит долю доминирующего энергетического источника, что положительно скажется повышении надежности энергоснабжения, в том числе и регионов, располагающей развитой инфраструктурой, имеющих недопустимо высокую долю одного ресурса (в Центральном и Северо-западном округе 85% регионального ТЭБа занимает природный газ).

Кроме выявленных в настоящем исследовании макроэкономических эффектов, сопутствующих развитию возобновляемой энергетики (стимулирование инновационного регионального и локального развития, генерации новых рабочих мест и существенных дополнительных налоговых отчислений, повышение надежности энергоснабжения, особенно в регионах где в балансе потребления присутствует удаленная крупная генерация, например в Западносибирском районе, что повышает инфраструктурные риски), возобновляемые источники энергии совместно с системами накопления, хранения и распределения увеличат долю манёвренных ресурсов при пиковом спросе (например, в Центрально-черноземном районе доля манёвренных источников недостаточна). Применение возобновляемой энергии снизит ценовую дифференциацию энерготарифов, которая между регионами Российской Федерации в 2016 году составила 8,5 раз (от 1,5 до 4 раз в рамках одного округа, (таблица 22), что добавило дополнительные риски и усложнило общую экономическую ситуацию 2016 года[429], которая предполагала более динамичный выход из кризисных явлений 2014 - 2015 гг.

[429] May В. А. Экономическая политика 2016 года: успехи и риски // Вопросы экономики. 2016. № 2. С.5.

Таблица 22 Пример дифференциации тарифов в 2016 году по РФ

ФО/область/край/республика/АО	**Тариф (население), Руб/кВт·ч**	**Степень дифференциации внутри ФО**
Центральный федеральный округ		*1,2*
Рязанская обл.[430]	3,35	
Тамбовская обл.[431]	4,05	
Северозападный федеральный округ		*1,5*
Мурманская обл.[432]	2,62	
Республика Коми	4,02	
Северокавказский федеральный округ		*1,77*
Дагестанская республика[433]	2,34	
Республика Калмыкия[434]	4,14	
Приволжский федеральный округ		*1,07*
Республика Башкортостан[435]	2,74	
Пензенская обл.[436]	2,92	
Уральский федеральный округ		*1,65*
Тюменская обл.	2,44	
Курганская обл.	3,78	
Сибирский федеральный округ		*4,4*
Иркутская обл.[437]	0,92	
Республика Алтай	4,32	
Дальневосточный федеральный округ		*2,5*
Амурская обл.[438]	3,06	
Чукотский Автономный округ	7,81	
Max/min в целом по стране		**8,48**

Источник: [8,249,294, 295, 298, 304, 314 - 317] и расчеты автора.

[430]Региональная энергетическая комиссия Рязанской области. URL: http://www.rek.ryazangov.ru (дата обращения: 21.09.2016).

[431]Управление по регулированию тарифов Тамбовской области. URL: http://www.kt.tambov.gov.ru (дата обращения: 21.09.2016).

[432]Управление по тарифному регулированию Мурманской области. URL: http://utr.gov-murman.ru (дата обращения: 21.09.2016).

[433] Республиканская служба по тарифам Республики Дагестан. URL: http://www.rstrd.ru (дата обращения: 21.09.2016).

[434]Региональная служба по тарифам Республики Калмыкия. URL: http://www.tarif.kalmregion.ru (дата обращения: 21.09.2016).

[435]Государственный комитет Республики Башкортостан по тарифам. URL: https://tariff.bashkortostan.ru (дата обращения: 21.09.2016).

[436] Управление по регулированию тарифов Пензенской области. URL: http://tarif.pnzreg.ru (дата обращения: 21.09.2016).

[437]Служба по тарифам Иркутской области. URL: http://www.irkobl.ru/sites/sti (дата обращения: 21.09.2016).

[438]Управление государственного регулирования цен и тарифов Амурской области. URL:http://www.tarifamur.ru (дата обращения: 21.09.2016).

В 2019 году дифференциация тарифов увеличилась и составила между максимальным и минимальным значением 12 раз[439].

На взгляд автора, для целей выравнивания данных диспропорций тарифообразования и в соответствии с одним из ожидаемых результатов стимулирования ВИЭ на региональном уровне среди общих принципов регулированию баланса возобновляемой и невозобновляемой энергетики (параграф 1.4.), требуется метод первичной оценки целесообразности данного регулирования наравне с общей оценкой применимости ВИЭ в конкретном регионе.

Таким методом может служить сравнение стоимости электроэнергии на базе солнечной микрогенерации и фактического тарифа для населения. Использование энергии солнца на микроуровне в данном случае обусловлено раскрытым ранее соотношением наибольшей приведенной стоимости электроэнергии и сравнительной простотой эксплуатации, наиболее приемлемой для большинства домохозяйств (параграф 3.2). Кроме этого, в соответствии с приведенным примером для Московской области (параграф 4.1.), можно утверждать, что данная стоимость даже в пределах гарантийного срока эксплуатации основного оборудования оказалась ниже действующей ставки тарифа для населения.

В контексте настоящего метода и с учетом также выявленных ранее свойств универсальности и масштабируемости средств генерации на базе ВИЭ, обеспечивающих как прямую экономию от масштаба, так и рост производительности по мере лучшего расположения более крупных генераторов возобновляемой энергии означает, что разворачивание объектов ВИЭ средней и большой мощности в регионе поспособствует снижению общей себестоимости электрической энергии, наравне с прочими

[439] Бучнев А.О. Возобновляемая энергия как инструмент выравнивания энерготарифов и ряд других сопутствующих возможностей // Международный научный журнал. 2020. № 3. С.44.

благоприятными последствиями социально-экономического характера при регулировании баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии.

Использование данного метода при первичном ранжировании регионов позволит определить соответствующие приоритеты общегосударственной энергетической политики, что при формировании стратегических планов развития должно включать значительно больший инструментарий оценки целесообразности целевого стимулирования отдельных видов ВИЭ, особенно с учетом особенностей развития российской энергетики, раскрытых ранее.

Для формирования полноценных стимулирующих институциональных мер активизации развития возобновляемой энергетики на основе изученного мирового опыта, а также с учетом принятой Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года, представляется необходимой конкретизации фактических мероприятий взаимодействия профильных министерств и ведомств, которая может быть выражена следующей последовательностью действий:

1. В рамках общих показателей массы выбросов и поглощений парниковых газов, приведенных в Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года, распределить разработанные показатели ключевых сценариев снижения эмиссии CO_2 по регионам Российской Федерации в зависимости от параметров региональных ТЭБ, фактических показателях объёма производства/потребления энергии, экологического состояния и количества действующих производств, степени перехода автотранспорта на экологичные виды топлива.

2. В соответствии с предлагаемой концепцией регулирования баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии Российской Федерации (параграф 4.4.) региональным профильным министерствам совместно с органами исполнительной власти (ОИВ) подготовить в соответствии с

квотами п.1 и потенциалом возобновляемой энергии прогнозные сценарии развития ВИЭ.

3. Федеральные профильные министерства под кураторством Министерства энергетики Российской Федерации на основе собранной информации п.4 разрабатывают сводный прогнозный сценарий потребности генераторов ВИЭ и необходимых СХЭ и после его утверждения в установленном порядке направляют в Министерство промышленности и торговли.

4. Министерство промышленности и торговли Российской Федерации разрабатывает Стратегический план развития отрасли технико-технологического обеспечения генерации, хранения, накопления и распределения возобновляемой энергетики на основе загрузки мощностей действующих производств с установлением процента локализации необходимого оборудования, приобретаемого по импорту в соответствии с условиями офсетных контрактов и КЖЦ.

5. Министерство экономического развития Российской Федерации на основе стратегических планов п.5, п.6. разрабатывает предложения по введению федеральных законов (по согласованию с заинтересованными министерствами) стимулирующих мер поддержки новых производств (в рамках процедур ОРВ (smart regulation: достижение вариантов поставленной цели) регулирование и введение таможенных пошлин на ввозимое оборудование, предоставление инвестиционных налоговых вычетов производителям оборудования для генерации, хранения и перераспределения возобновляемой энергии, норм ускоренной амортизации для оборудования ВИЭ, льготных тарифов на логистическое снабжение, предложения по введению налоговых вычетов на инвестиции в оборудование генерации, хранения, накопления и распределения возобновляемой энергетики, варианты предоставлении банковских кредитов) и повышения занятости (разработка перспективных балансов трудовых региональных ресурсов, поддержка программ соответствующей переподготовки, в том числе и для малого бизнеса) для формирования государственного целевого заказа

гарантированного выкупа производимого оборудования для обеспечения генерации, хранения, накопления и распределения возобновляемой энергетики в виде целевого механизма институционального привлечения инвестиций, инициирования инновационных технологий, включая проверку патентной чистоты и защиты авторского права, передачи прав собственности и других механизмов структурно-организационного обеспечения легитимности[440].

6. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации совместно с РАН на основе п.7. разрабатывает предложения по научно-исследовательскому сопровождению государственного целевого заказа гарантированного выкупа производимого оборудования для обеспечения генерации, хранения, накопления и распределения возобновляемой энергетики в виде системы заказов НИОКР на основе грантов и договоров.

7. Правительство Российской Федерации отдельным указом возлагает кураторство выполнения государственного целевого заказа гарантированного выкупа производимого оборудования для обеспечения генерации, хранения, накопления и распределения возобновляемой энергетики на Министерство промышленности и торговли Российской Федерации с выполнением функций основного заказчика, а также мониторинга исполнения и выкупа продукции на основе офсетных контрактов, КЖЦ и наработанных преимуществах государственно-частного партнерства в течение трехлетнего периода, после оценки эффективности созданной отрасли принимается отдельное решение о снижении/увеличении дополнительных мер стимулирующей поддержки, включая совершенствование технических стандартов для упрощенной с минимумом административных барьеров процедурой допуска к сетевой инфраструктуре при объёме поставляемой электроэнергии свыше 15 кВт.

---

[440]Ходжсон Д. Экономическая теория и институты: Манифест современной институциональной экономической теории / Джеффри Ходжонсон ; Пер. с англ. М.Я. Каджана ; Акад. нар. Хоз-ва при Правительстве Рос. Федерации. – Москва : Дело, 2003. С. 225.

8. Министерству финансов Российской Федерации, на основе предложений Министерства экономического развития Российской Федерации по п.7 подготовить источники финансирования, обеспечивающие льготную ставку кредитной политики; предложения по введению налоговых вычетов на инвестиции в оборудование генерации, хранения, накопления и распределения возобновляемой энергетики как юридических, так и физических лиц; согласование норм ускоренной амортизации для вышеназванного оборудования;

9. Федеральной монопольной службе Российской Федерации разработать стимулирующие тарифы производства, хранения, накопления и распределения энергии, произведённой посредством ВИЭ, включая предложения по тарифам приобретения возобновляемой энергии у частных лиц свыше 15 кВт, а также предложения по контролю недискриминационного подключения владельцев объектов микрогенерации с использованием частных систем хранения и накопления энергии;

10. На базе профильных комитетов Государственной Думы Российской Федерации сформировать комиссию по разработке и совершенствованию мер институциональной поддержки развития обеспечения генерации, хранения, накопления и распределения возобновляемой энергетики в законодательной и правовой области, включая:

– правовое и налоговое стимулирование рынка потребителей и производителей возобновляемой энергии на федеральном, региональном и локальном уровне;

– предложение по введению стимулирующих таможенных пошлин на импорт оборудования генерации, хранения, накопления и распределения возобновляемой энергии;

– функции мониторинга государственного целевого заказа гарантированного выкупа производимого оборудования обеспечения генерации, хранения, накопления и распределения возобновляемой энергии;

– рассмотрение предложений как государственных, так и частных лиц, применяющих ВИЭ, включая системы хранения, накопления и распределения энергии, по совершенствованию:

а) продвижения (по согласованию с ФАС) оптимальных «зеленых» стимулирующих тарифов на возобновляемую энергию как на её генерацию, так и на её хранение и распределение;

б) кредитно-инвестиционной и налоговой политики, стимулирующей применение генерации, хранения, накопления и распределения возобновляемой энергетики как юридических, так и физических лиц;

в) согласования с Министерством энергетики Российской Федерации государственных гарантий приобретения ВИЭ, произведенной физическими лицами свыше 15 кВт (включая все виды возобновляемой энергии), а также по совершенствованию контроля недискриминационного подключения владельцев объектов микрогенерации с использованием частных систем хранения и накопления энергии;

г) разработки предложений повышения уровня локализации отечественного производства оборудования обеспечения генерации, хранения, накопления и распределения возобновляемой энергетики и доведения его до 100 процентов по согласованию с Министерством промышленности и торговли Российской Федерации;

д) нормативно-правовой базы с Министерством юстиции Российской Федерации для своевременной корректировки законов, актов и правоустанавливающих документов стимулирующих активное применение ВИЭ, роста технологий энергосбережения и ограничения применения невозобновляемых источников в качестве топлива для сохранения их для последующей глубокой переработки для создания продуктов с высокой добавленной стоимостью;

е) разработки инициативных предложений для Правительственной комиссии Российской Федерации по

модернизации экономики и инновационному развитию поддержки инновационных технологий обеспечения генерации, хранения, накопления и распределения возобновляемой энергетики;

ж) совместно с Министерством сельского хозяйства Российской Федерации нормативов, ужесточающих ответственность за загрязнение почв нитратами и продуктами жизнедеятельности животноводческих производств, разработка стимулирующих норм развития сектора биоэнергетики;

з) совместно с Министерством науки и высшего образования Российской Федерации внесения предложений проведения НИОКР в области ВИЭ и СХЭ, разработки образовательных программ в области популяризации преимущества использования возобновляемой энергии;

и) разработки юридических предложений по продвижению правоприменительной практики правовой и экономической защиты инвесторов[441], по согласованию с Министерством юстиции Российской Федерации.

Кроме этого, создаваемая комиссия по разработке и совершенствованию мер институциональной поддержки развития обеспечения генерации, хранения, накопления и распределения возобновляемой энергетики в законодательной и правовой области должна обладать следующими полномочиями:

- запрашивать данные мониторинга применения ВИЭ в том числе и с объёмом производства/реализации электроэнергии свыше 15 кВт;
- выявлять и пресекать практику отказа покупки возобновляемой энергии региональными энергокомпаниями или доступа производителя возобновляемой энергии к сетевой инфраструктуре;

[441] Международный финансовый центр в России : экономические проблемы и юридические решения / [С. Е. Нарышкин и др] ; под ред. С. Е. Нарышкина В. А. Мау, Т. Я. Хабриевой ; Ин-т законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации. - Москва: Изд. дом "Дело" РАНХиГС, 2011. С.34.

– контролировать правомерность получения субсидий и дотаций в области генерации, хранения, накопления и распределения возобновляемой энергетики;

– участвовать в совещаниях профильных министерств по внедрению систем интеллектуального управления, распределения и контроля выработанной и потребленной энергии.

11. Поручить Министерствам энергетики Российской Федерации совместно с Министерством сельского хозяйства Российской Федерации и Министерством промышленности и торговли Российской Федерации сформировать, обеспечив широкий доступ, банк технологических и процессных инноваций, направленных на расширение применения современных технологий распространения возобновляемой энергии в регионах Российской Федерации, включая:

– ознакомление с практикой совершенствования «зеленых» сертификатов, особенностями применения конкурентной схемы аукционов проектов ВИЭ для частных инвесторов;

– применение гибридных генераторов возобновляемой энергии в сельскохозяйственных и животноводческих комплексах в качестве стимулирующей практики биоэнергетического сектора в использовании безотходного экологически чистого производства;

– адаптационный опыт к отечественным условиям алгоритма внедрения и функционирования общественных ветровых платформ, создающих уникальные возможности инвестору после размещения на их базе ветроэнергогенератора получать адекватное количество произведенной электроэнергии в точке подключения, удобной инвестору.

12. Министерству энергетики Российской Федерации разработать предложения совместно с Антимонопольной службой Российской Федерации дать предложения по совершенствованию системы применения «зеленых» тарифов, гарантирующих инвестору норму доходности 15

процентов при сроке окупаемости 7 - 10 лет (в зависимости от вводимой мощности проекта), в целях привлечения частных инвесторов и местных сообществ, учитывая, что на современном этапе более половины текущих проектов ВИЭ осуществляют компании с госучастием.

13. Министерству транспорта Российской федерации, совместно с Министерством промышленности и торговли Российской Федерации, подготовить прогноз развития электромобильного транспорта и на его основе сформировать предложения по развитию соответствующей инфраструктуры.

Отметим, что выполнение предложенных методологических рекомендаций должно сопровождаться на каждом этапе их выполнения ежеквартальным мониторингом внешних и внутренних ценообразующих факторов, определяющих формирование цен в энергетической сфере.

В современный период совершаемого мировой экономикой энергетического перехода к новой парадигме низкоуглеродного, а в дальнейшем и углеродно-нейтрального развития человеческого социума, (ряд стран-лидеров применения ВИЭ завершает ключевые этапы энергетической трансформации, определенные доктриной национальной энергетической безопасности)[442] находясь в постоянном совершенствовании институциональной среды применения возобновляемой энергетики, совершенствования инфраструктуры её доставки, хранения и распределения[443], Российской Федерации для своевременной корректировки её энергетической стратегии и совершенствования энергетической дипломатии[444], необходимо учитывать:

[442]Roberson S. Ensuring America's Energy Security // International Organization. 2003. №5. P. 221.
[443]Yergin D. What Does «Energy Security» Really Mean? // The Wall Street Journal. 11 July 2006. URL: http://www.atlanticpartnership.org/?p=78 (дата обращения 21.03.2016).
[444]Жизнин С.З. Энергетическая дипломатия России = Energy Diplomacy of Russia: экономика, политика, практика / Станислав Жизнин; Союз нефтегазопромышленников России, центр энергет. дипломатии и геополитики. – Москва : Ист Брук, 2005. С.37.

- тенденции сокращения экспорта невозобновляемых ресурсов в среднесрочной перспективе вследствие снижения потребности стран-импортеров;

- ужесточение требований к экспортным товарам при наличии в их производстве углеродного следа и, в результате – существенные финансовые потери из-за углеродного штрафа;

- временный период компенсации возможных выпадающих доходов со сложившихся экспортных маршрутов путем их переориентации на Восток.

Данный административный механизм разработан автором прежде всего с целью обеспечения целевого производства наиболее совершенного оборудования для генерации, накопления и перераспределения возобновляемой энергии в соответствии с региональными нуждами, а также функционирования сектора ВИЭ в условиях постоянного мониторинга и обеспечения оптимальных условий для баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии на федеральном уровне. Основанием для распределения компетенций послужили основные нормативно-правовые документы ключевых государственных органов:

а. Положение о Министерстве промышленности и торговли Российской Федерации (утв. Постановлением Правительства РФ от 5 июня 2008 г. N 438[445]), которое возлагает на Министерство как ФОИВ (федерального органа исполнительной власти) функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере промышленного комплекса, промышленности строительных материалов (изделий) и строительных конструкций, энергосбережения и повышения энергетической эффективности при обороте товаров, а также в области развития технического регулирования, стандартизации и обеспечения единства измерений, науки и техники, а также функции федерального органа по

[445] Постановление Правительства РФ от 05.06.2008 г. № 438 "О Министерстве промышленности и торговли Российской Федерации".

техническому регулированию. Кроме этого, Министерство промышленности и торговли Российской Федерации является уполномоченным органом Российской Федерации в сфере промышленной политики.

b. Положение о Министерстве энергетики Российской Федерации (Минэнерго России), которое возлагает на Министерство как ФОИВ функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере топливно-энергетического комплекса, в том числе по вопросам электроэнергетики, … возобновляемых источников энергии. Министерство энергетики Российской Федерации является ФОИВ, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности по вопросам информационного обеспечения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, учета используемых энергетических ресурсов[446].

c. Положение о Министерстве финансов Российской Федерации (утверждено Постановлением Правительства РФ от 30 июня 2004 г. N 329[447]) которое возлагает на Министерство как ФОИВ функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере бюджетной, налоговой, страховой, валютной, банковской деятельности, кредитной кооперации …, а также финансовой поддержки субъектов деятельности в указанной сфере в формах, предусмотренных законодательством Российской Федерации, поддержки научно-технической и инновационной деятельности, … таможенных платежей, определения таможенной стоимости товаров, таможенного дела, формирования и инвестирования средств пенсионных накоплений, в том числе включенных в выплатной резерв, … оказания государственной поддержки субъектам

[446]Постановление Правительства РФ от 20.02.2010 № 67, в ред. Постановлений Правительства РФ от 15.07.2013 N 593, от 26.01.2019 N 45.
[447] Постановление Правительства РФ от 30.06.2004 г. № 329 "О Министерстве финансов Российской Федерации".

Российской Федерации и муниципальным образованиям за счет бюджетных ассигнований федерального бюджета, …осуществления закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд.

d. Положение о Министерстве сельского хозяйства Российской Федерации (утв. Постановлением Правительства РФ от 12 июня 2008 г. N 450[448]) которое возлагает на Министерство как ФОИВ функции: по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере агропромышленного комплекса, включая животноводство …, мелиорацию земель, плодородие почв, регулирование рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, пищевую и перерабатывающую промышленность, …, устойчивое развитие сельских территорий, безопасное обращение с пестицидами и агрохимикатами; … по оказанию государственных услуг в сфере агропромышленного комплекса, включая устойчивое развитие сельских территорий, безопасное обращение с пестицидами и агрохимикатами.

e. Положение о Министерстве Министерство экономического развития Российской Федерации (утв. Постановлением Правительства РФ от 5 июня 2008 г. N 437[449]) которое возлагает на Министерство как ФОИВ функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере анализа и прогнозирования социально-экономического развития, развития предпринимательской деятельности, в том числе среднего и малого бизнеса, государственного контроля (надзора) и муниципального контроля, … оценки регулирующего воздействия, установления и оценки применения обязательных требований, …инвестиционной деятельности и государственных инвестиций, формирования межгосударственных и федеральных целевых программ

[448]Постановление Правительства РФ от 12.06.2008 г. № 450 (ред. от 25.01.2022) "О Министерстве сельского хозяйства Российской Федерации".
[449]Постановление Правительства РФ от 05.06.2008 г. № 437 "О Министерстве экономического развития Российской Федерации".

(долгосрочных целевых программ), ведомственных целевых программ, разработки и реализации программ социально-экономического развития Российской Федерации, … разработки и реализации комплексных проектов социально-экономического развития федеральных округов, координации отбора и реализации приоритетных инвестиционных проектов федеральных округов, методического обеспечения разработки и реализации региональных и муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, оценки эффективности региональных и муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;… повышения энергетической эффективности экономики Российской Федерации; …а также по нормативно-правовому регулированию вопросов, касающихся оказания государственных услуг в сфере правовой охраны изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, … товарных знаков, знаков обслуживания, географических указаний и наименований мест происхождения товаров.

f. Положение[450] о Министерстве Министерство науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России) которое возлагает на Министерство как ФОИВ функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере высшего образования и соответствующего дополнительного профессионального образования, научной, научно-технической и инновационной деятельности, нанотехнологий, … интеллектуальной собственности …. а также функции по оказанию государственных услуг …, включая деятельность федеральных центров науки и высоких технологий, государственных научных центров, уникальных научных стендов и установок, федеральных центров коллективного пользования, ведущих научных школ, национальной исследовательской компьютерной сети нового

450 Постановление Правительства РФ от 15.06.2018 г. № 682 "Об утверждении Положения о Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации".

поколения и информационное обеспечение научной, научно-технической и инновационной деятельности.

Также стоит отметить, что представляется целесообразным ежеквартальный мониторинг внешних и внутренних ценообразующих факторов, определяющих формирование цен в энергетической сфере, а также с учетом п.5 (Механизмы контроля за ходом реализации) Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года.

Как было отмечено во 2 главе настоящего исследования, КНР существенно увеличивает установленные мощности возобновляемой энергии, в том числе и как производитель генераторов ВИЭ. Причём в сегменте СЭС Китай обошел ЕС и Японию, а сегменте ВЭС занял лидирующие позиции, что естественным образом ставит под сомнение эффективность долговременного экспорта нефтегазовых ископаемых в КНР. Необходимо принять во внимание и публичные обязательства КНР о переходе к углеродно-нейтральной экономике и целевое ограничение энергоемких производств, обоснованное данными обязательствами.

Поэтому кроме совершенствования технологий доставки традиционных ископаемых и поиска рынка их сбыта Российской Федерации необходимо сосредоточиться не только над формированием национальной инновационной системы, синтезирующей передовой опыт[451], но и переориентировать экспортную направленность отечественного нефтегазового сектора на модель создания продуктов с высокой добавленной стоимостью на базе их глубокой переработки, сделав её ключевой составляющей экономики низкоуглеродного будущего с постепенным

[451]Мировой кризис и глобальные перспективы энергетических рынков: материалы совместного заседания ученых советов института мировой экономики и международных отношений РАН и фонда «Ин-т энергетики и финансов», [22 мая 2009 г.] / Учреждение Российской акад. наук, Ин-т мировой экономики и международных отношений ран, фонд «Ин-т энергетики и финансов»; [сост. и науч. ред. С.В.Чебанов]. – Москва : ИМЭМО РАН, 2009. С. 89.

переходом на удовлетворение потребностей энергоемких производств за счет возобновляемой энергетики. Сочетание естественного компенсаторного механизма для смягчения экологических последствий наравне с наиболее чистой энергией из возможных позволит получать продукцию с минимизированным углеродным следом, в том числе для производства генераторов на базе ВИЭ.

С учетом рассмотренного мирового опыта можно рекомендовать ускоренное комплексное развитие ВИЭ с использованием как индивидуальных систем хранения энергии, так и промышленного типа.

При внесении дополнений в Генеральную схему размещения объектов электроэнергетики до 2035 года рекомендовано учесть применение элементов хранения, накопления и распределения электроэнергии в составе существующей централизованной энергетики, предусмотрев постепенную замену углеродной энергетики возобновляемой.

Возможно, принимая во внимание определенное технологическое отставание в проектировании систем хранения и накопления энергии, необходимо использовать опыт КНР постепенной локализации производств с приобретением соответствующих лицензий, поэтапно нарабатывая соответствующие компетенции, что потребует определенных корректив не только Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до 2035 года, но и дополнительных изменений в отечественной промышленной политике.

Необходимо задуматься о формировании собственных НИОКРов в рамках уточнения приоритетов научно-технической политики в разработке инновационных систем накопления энергии промышленной энергоёмкости в стационарных блоках, обеспечивающих более высокую плотность энергии с перспективой постоянного снижения себестоимости производства. Это касается и инновационных накопителей, рассмотренных в данной работе, таких как проточные батареи, гравитационные накопители, редокс-системы, технологии power-to-gas и ряд других.

Создание соответствующей институциональной среды, корректировки в действующих нормативах технического регулирования, формирование инструментов финансовой поддержки инновационных технологий и пилотных проектов должны идти в опережающем темпе времени.

Необходимо разработать отечественный глоссарий, единый и однозначно трактуемый, включив в него все новые понятия и определения, и на базе его подготовить нормативную базу, где определить такие технологические правила как порядок технологического присоединения ВИЭ с элементами хранения различной мощности к сетям, порядок их использования, определение расходов на хранение энергии в случае их самостоятельного использования только как элемента хранения, проработать маркетинговые мероприятия по стимулированию спроса и формированию сбыта систем хранения и накопления электроэнергии. Отдельно необходимо подготовить нормативную базу для элементов управления интернет-энергии, позволяющей оптимизировать во времени процессы генерации и потребления, включая процессы хранения и накопления энергии.

Предложенные ранее авторские рекомендации в 2015 году, частично нашедшие свое отражение в практическом нормативном регулировании, способствовали началу процесса использования ВИЭ в Российской Федерации, но, к сожалению, не привели к массовому использованию возобновляемой энергетики в отечественной практике.

Тем не менее, выполнение разработанных методологических рекомендаций позволит не только существенно повысить установленную мощность отечественной энергетики (на 01.01.2022 года 246,59 ГВт[452]), что значительно меньше показателей рассмотренных выше развитых и развивающихся экономик, но и решить накопленные многочисленные проблемы, рассмотренные в преамбуле настоящих рекомендаций.

---

[452] Системный оператор единой энергетической системы России. URL: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/ups-review/2022/ups_review_0122.pdf (дата обращения: 01.02.2022).

Одна из ключевых причин которых связана с размещением энергоемких предприятий во времена планового хозяйства, а вторая - с различной степенью экономической активности после смены экономического уклада.

Для преодоления кризисных явлений, связанных с ценовой конъюнктурой невозобновляемых источников энергии, оживлением экономической активности, решением энергетических и экологических проблем применения универсального инновационного инструмента: активного развития возобновляемой энергии. Существенный макроэкономический эффект которого для отечественной экономики, возникающий от создания локализированных отечественных производств систем генерации различных видов возобновляемой энергии, дополнительной загрузки сопряженных отраслей экономики, объёма формируемых налоговых отчислений от создаваемых новых производств и вывод на рынок труда высокопроизводительных рабочих мест, позволяющих существенно увеличить уровень жизни населения, будет оценен в рамках параграфа 4.4.

В рамках своего выступления на Генеральной ассамблее ООН в 2015 году Президент Российской Федерации В.В.Путин сказал: «Нам нужны качественно иные подходы. Речь должна идти о внедрении принципиально новых природоподобных технологий, которые не наносят урон окружающему миру, а существуют с ним в гармонии и позволят восстановить нарушенный человеком баланс между биосферой и техносферой»[453], отметив возможность отечественной экономики отвечать на вызовы современного мира, работать над эффективными решением возникающих проблем климатического и экономического характера.

Подводя итоги параграфа автор предлагает рассмотреть и принять разработанную в рамках настоящего диссертационного исследования

[453] Речь Президента В.В. Путина на 70-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН. 2015. URL: http://www.kremlin.ru/events/president/news/50385 (дата обращения: 20.02.2016).

структуру концепции сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергии в условиях перехода к низкоуглеродной экономике, направленную на укрепление энергетической безопасности Российской Федерации, не уменьшая значение хорошо развитой национальной традиционной энергетики, сохраняя её конкурентные преимущества, чему и будет посвящен завершающий параграф настоящей работы.

4.4. Структура концепции сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергии в условиях перехода к низкоуглеродной экономике.

Предлагаемая автором структура концепции сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергии в условиях перехода к низкоуглеродной экономике направлена, прежде всего на укрепление энергетической безопасности Российской Федерации и сохранение исторически сложившихся конкурентных преимуществ Российской Федерации в энергетической сфере, а также динамическое развитие её экспортного потенциала; оптимизацию региональных ТЭБов; децентрализацию энергоснабжения при сохранении целостности энергетической системы в целом; повышение её надежности и гибкости реагирования; преодоление ряда дисбалансов социально-экономического регионального развития; рост и укрепление среднего класса; существенное улучшение экологической ситуации, направленной в том числе на выполнение международных обязательств Российской Федерации.

Концепция сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергии в условиях перехода к низкоуглеродной экономике предполагает поэтапное замещение выработавших свой ресурс мощностей невозобновляемой энергетики мощностями ВИЭ на паритетных началах, с целью сохранения рабочих мест в сопряженных с невозобновляемой энергетикой машиностроительных мощностях, одновременно поощряя и стимулируя развитие и локализацию технологий генераторов возобновляемой энергии.

Концепция сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергии в условиях перехода к низкоуглеродной экономике (далее – Концепция) направлена на выполнение Парижских соглашений, подписанных 197 участниками Рамочной конвенции ООН об изменении климата и ратифицированных 185 сторонами.

Концепция обязывает учитывать особенности регионального экономического развития при планировании поэтапного внедрения локализированных производств, соблюдая интересы местного бизнес-сообщества и возможности найма высококвалифицированной рабочей силы.

Концепция направлена на оптимизацию географического размещения энергетической инфраструктуры, надежного энергообеспечения удаленных регионов, повышения надежности энергоснабжения, постепенного повышения уровня жизни. Учитывая критическую зависимость традиционной энергетики от импортных технологий и оборудования, роста доли трудноизвлекаемых запасов и стоимости добычи, постепенное замещение ископаемой энергетики возобновляемой позволит обеспечить стабилизацию и дальнейшее снижение стоимости производимой энергии. Кроме этого, перспективное устойчивое развитие Российской Федерации во многом зависит от активизации внутреннего спроса, что и обеспечивает массовое внедрение возобновляемых источников энергии.

Рассмотрим на базе предложенных в работе методических подходов обобщенный макроэкономический эффект, возникающий при создании новых производств с учетом эффекта локализации. В расчет суммарных налоговых отчислений включаются налоги на добавленную стоимость, на прибыль, на имущество организаций, на доходы физических лиц, отдельно учитываются социальные отчисления на периоде жизненного цикла проекта возобновляемой энергетики. Таким образом, государственный доход от массового производства генераторов возобновляемой энергии на базе прироста действующих уплачиваемых налогов в государственный бюджет и внебюджетные фонды. Дополнительный эффект существенного роста налоговой базы от активизации средств производства ВИЭ является составным элементом макроэкономического эффекта, возникающего в национальной экономике, и является по сути налоговым мультипликатором

(fiscal multipliers)[454]. Как известно, данное понятие было описано при обосновании Р.Каном государственной эффективности организации общественных работ, которые формируют дополнительную занятость, стимулируя развитие сопряженных с ними отраслей, которые в свою очередь генерируют многократную дополнительную занятость к первоначальной[455]. Ключевые теоретические постулаты макроэкономического эффекта сформулированы Дж. Кейнсом, понимавшим мультипликатор как определённый множитель, собирающий воедино первоначальные инвестиции и совокупный доход, формируемый интегральным итоговым (созданным) спросом (по сути отвечает на вопрос, «каким образом колебания инвестиций, составляющих относительно небольшую долю национального дохода, способны вызвать такие колебания совокупной занятости и дохода, которые характеризуются гораздо большой амплитудой»)[456]. В контексте данной работы уместно отметить выявленную зависимость конечного потребления от промежуточного спроса, что отмечал также и упоминаемый ранее В.Леонтьев в исследовании элементов итогового спроса, через формирование таблиц «затраты – выпуск». Итоговые данные таблицы 23 о существенном макроэкономическом эффекте от локализации производства генераторов ВИЭ отчасти позволяют провести параллель с «Новым курсом» президента Рузвельта[457], сформировавшим новые подходы государственного стимулирования экономики за счет создания дополнительного спроса в условиях тяжелейшей депрессии. Практически, в этом временном периоде

[454]Leeper E. Monetary Science, Fiscal Alchemy / Eric M. Leeper. NBER WORKING PAPER SERIES. 16510. NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH, Cambridge, october 2010. P. 20.
[455]Kahn R. F. The Relation of Home Investment to Unemployment, The Economic Journal, Vol. 41, No. 162 (Jun., 1931). Oxford University Press., P. 177.
[456]Кейнс Дж. М. Избранные произведения : Пер. с англ. / Дж. М. Кейнс; [Предисл., с. 5-24, сост. А. Г. Худокормова; Имен. указ., коммент. Ю. Н. Калашнова]. – Москва : Экономика, 1993., С.320.
[457]Крейдер А.А. Американская буржуазия и "новый курс", 1933-1940 / А. А. Кредер. - Саратов : Изд-во Саратовского ун-та, 1988. С.55.

сформулированное понятие акселератора в работе А. Афталиона[458] позволило сформировать Р. Харроду модель цикла взаимодействия инвестиций, спроса и конечного выпуска[459], конкретизировав определение акселератора. Оценивая результаты таблицы 23 через государственные и частные инвестиции в локализацию и производство генераторов ВИЭ и сформированный ими макроэкономический эффект станут определенным акселератором, ускоряющим появление новых рабочих мест, что приведет к дополнительной занятости и росту доходов населения, что в свою очередь создаст дополнительный спрос на потребительские товары, стимулируя промежуточный спрос на иные средства производства, формируя положительную дельту новых инвестиций по определению Э.Хансена[460], который развил в своих работах идею сочетания макроэкономического и акселеративного эффектов (в ряде работ - коэффициент инвестиций[461]), вызывающих долговременное развитие экономики, что подтверждает теоретические постулаты Дж.Кейнса[462]. Если принять предпосылку о достижении 50% доли ВИЭ как цель к 2050 году, то за счет поддержания действующих традиционных мощностей электрической энергии и постепенным их выбытием с коэффициентом 0.988 и 5% росте установленных мощностей атомной энергетики, требуется более чем трехкратный рост установленных мощностей ВИЭ за 30 лет, который будет обеспечен экспоненциальным ростом установленных мощностей всех видов ВИЭ, за исключением геотермальной энергетики, которая предполагает рост на уровне не более 10% ежегодно (таблица 23).

---

[458]Aftalion A. The Theory of Economic Cycles Based on the Capitalistic Technique of ProductionThe Review of Economics and Statistics Vol. 9, No. 4 (Oct., 1927). The MIT Press. P.167.

[459]Harrod R. The Trade Cycle: An Essay. Oxford : The Clarendon Press. 1936. P.70.

[460]Хансен Э. Экономические циклы и национальный доход / Перевод с англ. Э. Г. Лейкина, Л. Я. Розовского ; Вступ. статья Л. Б. Альтера, [с. 5-43] ; Ред. Ю. Я. Ольсевич. - Москва : Изд-во иностр. лит., 1959. С. 302.

[461]Hicks J. Essays in World Economics. Oxford : The Clarendon Press. 1959. P.255.

[462]Samuelson P. Alvin Hansen as a Creative Economic Theorist // Quaterly Journal of Economics, Oxford University Press, 1976, vol. 90, issue 1, P.27.

Таблица 23. Динамика роста мощностей энергосистемы РФ, включая динамику локализации генерирующего оборудования ВИЭ, динамику налоговых платежей и поступлений во в/б фонды РФ.

Тип электростанции	Годы								
	2018	**2020**	**2025**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**	**2050**	**Итого Б/ВБ отчисл.**
ТЭС, МВт	164 586,6	164 612,1	162 725,9	162 725,9	159 471,4	156 282,0	153 156,3	150 093,2	
АЭС, МВт	29 132,2	30 313,2	29 382,2	30 851,3	32 393,9	34 013,6	35 714,2	37 500,0	
ВИЭ, МВт, в т.ч.	49 524,4	51 417,1	54 670,0	58 176,4	65 954,0	78 187,6	104 414,6	187 790,4	
ГЭС, вкл ГАЭС	48506,3	49870,3	52363,8	54982,0	60480,2	66528,2	73181,0	80499,1	
ВЭС, МВт	183,9	184,1	220,9	344,7	699,0	1842,8	6316,0	28140,9	
% локализации производства			65	71	77	84	91	100	
налоговая база, млн.руб.			11489	19577	43058	123838	459803	2251276	**2909042**
налогов. начисл., млн.руб			3562	6069	13348	38390	142539	697896	**901803**
СВ ПФР, млн.руб			253	431	947	2724	10116	49528	**63999**
СВ ФСС и ФФОМС, млн.руб.			92	157	344	991	3678	18010	**23272**
ГЕОЭС, МВт			125,0	137,5	151,3	166,4	183,0	201,3	
% локализации производства			45	52	59	66	73	80	
налоговая база, млн.руб.			5063	6435	8031	9883	12024	14495	**55930**
налогов. начисл., млн.руб			1569	1995	2490	3064	3727	4493	**17338**
СВ ПФР, млн.руб			111	142	177	217	265	319	**1230**
СВ ФСС и ФФОМС, млн.руб.			41	51	64	79	96	116	**447**
СЭС, МВт	834,2	1362,7	1635,3	2354,8	4069,1	8437,6	20995,5	62692,1	
% локализации производства			70	75	81	87	93	100	
налоговая база, млн.руб.			80128	123626	230716	513850	1366804	4388447	**6703571**
налогов. начисл., млн.руб			24840	38324	71522	159294	423709	1360419	**2078107**
СВ ПФР, млн.руб			1763	2720	5076	11305	30070	96546	**147479**
СВ ФСС и ФФОМС, млн.руб.			641	989	1846	4111	10934	35108	**53629**
Другие ВИЭ, МВт			325,0	357,5	554,5	1212,6	3739,1	16256,9	
% локализации производства			45	52	59	66	73	80	
налоговая база, млн.руб.			14625	18590	32714	80032	272955	1300553	**1719469**
налогов. начисл., млн.руб			4534	5763	10141	24810	84616	403171	**533035**
СВ ПФР, млн.руб			322	409	720	1761	6005	28612	**37828**
СВ ФСС и ФФОМС, млн.руб.			117	149	262	640	2184	10404	**13756**
Суммарные налоговые начисления от производства генераторов ВИЭ с учетом локализации, млн.руб.									**3530284**
Суммарные страховые взносы в ПФР от производства генераторов ВИЭ с учетом локализации, млн.руб.									**250536**
Суммарные страховые взносы в ФСС и ФФОМС от производства генераторов ВИЭ с учетом локализации, млн.руб.									**91104**

Источник: разработано автором.

Данная динамика адаптирована автором, исходя из базовых предпосылок расчета, потенциала ВИЭ в РФ, рассмотренного в параграфе 4.1 настоящей главы, и целевого мирового опыта активизации применения возобновляемой энергетики, а также степени и скорости локализации оборудования ВИЭ для групп СЭС и ВЭС для достижения 100% в 2050 году. Фактические данные за 2018 и 2020 год[463] установленных мощностей трансформированы до 2050 года в соответствии с авторскими рекомендациями и адаптированным мировым опытом развития ВИЭ и сопутствующих отраслей, налоговые и социальные отчисления рассчитаны по действующим нормативам. Стоит обратить внимание, что в группу ГЭС включены гидроаккумулирующие станции, являющиеся СХЭ, в отношении которых имеются наибольшие отечественные компетенции. В связи с этим автору представляется важным их использование как основного инструмента компенсирования нестабильности выработки сектора ВИЭ.

Таким образом, при реализации данного варианта развития энергетики, соотношение возобновляемой и невозобновляемой энергии в РФ составит 50% - ВИЭ, 40 % - ТЭС, и (пока еще не отнесенной мировым сообществом к объектам возобновляемой энергетики) - 10 % атомной энергии (рис. 72).

Рис. 72 Соотношение установленных мощностей ВИЭ, ТЭС и АЭС в РФ в 2050 г. Разработано автором.

[463] Системный оператор единой энергетической системы России. URL: https://so-ups.ru /index. php (дата обращения: 21.05.2021).

В конечном результате, активное использование возобновляемой энергии в рамках данного расчета позволит увеличить установленные мощности национальной энергетики с 246,3 ГВт в 2020 году к 375,3 ГВт в 2050 году, создать новые производства с высокопроизводительными рабочими местами, сформировать дополнительные налоговые отчисления, размер которых составит 3,53 триллиона рублей к 2050 году, обеспечив пополнение ПФР, ФСС, ФФОМС существенными дополнительными поступлениями, сформируют существенный макроэкономический эффект по загрузке сопряженных отраслей, что будет способствовать существенному росту покупательской способности, увеличению экономической активности в национальной экономике, повысит реально располагаемые доходы граждан.

Таким образом, полученные результаты можно интерпретировать следующим образом: инвестиции в средства генерации ВИЭ формируют новый долговременный спрос, который в свою очередь формирует необходимость новых инвестиций и повышает предельную склонность к потреблению. Отметим, что в 60 годы прошлого столетия в ряде работ по оценке макроэкономического эффекта отмечалось, что в основном его оценка имеет количественный характер, не затрагивая позитивные социальные и иные изменения, которые поддаются лишь качественной оценке[464].

Учитывая, что на сегодняшний день реализация небольших генераторов ВИЭ идет в основном, за счет реализации малых СЭС физическим лицам и небольшим субъектам b2b (порядка 5 МВт суммарной мощности в год) для решения задач повышения автономности энергоснабжения домашних хозяйств и независимости от ценовой политики генерирующих компаний, на первоначальном этапе внедрения предлагаемой Концепции регулирования баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии необходимо ввести меры стимулирующего характера.

[464]Allen R. G. D. Mathematical Economics. Second edition. London : Macmillan ; New York : St. Martin's Press, 1966. P.48.

Представляется целесообразным обеспечить возможность относить половину стоимости приобретенных ВИЭ и сопутствующего им оборудования СХЭ на уменьшение кадастровой стоимости объекта физического лица, установившего оборудование для ВИЭ, соответственно понижая налог на имущество для физических лиц в течении пяти лет.

Данная мера простимулирует ускорение внедрения ВИЭ домашними хозяйствами. Для субъектов b2b согласовать разрешение вычета стоимости приобретенного оборудования с налоговой базы для вычисления налога на прибыль организаций.

Для ускорения применения ВИЭ на региональном уровне рассматривать региональный топливно-энергетический баланс с точки зрения его достаточности для полного и гарантированного энергообеспечения территории с выбранными на федеральном уровне показателями достаточной удельной потребляемой мощности на душу населения, на домашнее хозяйство и на потребности бизнес-единицы с учетом экономического плана развития территории на среднесрочную и долгосрочную перспективу.

По данным отчета о функционировании ЕЭС РФ в таблице 24 представлены регионы, показавшие положительный рост потребления энергии по отношению к предыдущему периоду в сравнении с потенциалом различных видов ВИЭ, которыми располагает регион.

Как видно из таблицы 24, среднегодового потенциала солнечной энергии в регионах, показавших приросты потребления энергии, достаточно, чтобы дальнейшее развитие энергоснабжения там проводить за счет использования СЭС, в Мурманской области недостаток солнечного потенциала компенсируется высокопотенциальной энергией ветра со скоростью 4,67 м/с, как и в Нижегородской области – 2,98 м/с.

Далее следует провести целевое анкетирование удовлетворенности всех категорий и групп, свойственных данной территории энергопотребителей, как с точки зрения надежности энергоснабжения, так и достаточности потребляемой мощности.

Таблица 24. Регионы с положительным приростом энергопотребления.

Регион РФ	**Прирост потребления, %**	**Среднесуточный потенциал СЭС[465]**
Белгородская область	0,21	3,37 кВт·ч/м^2
Воронежская область	3,79	3,73 кВт·ч/м^2
Костромская область	0,56	3,4 кВт·ч/м^2
Рязанская область	0,35	3,48 кВт·ч/м^2
Тульская область	2,66	3.56 кВт·ч/м^2
Ярославская область	0,35	3,45 кВт·ч/м^2
Нижегородская область	0,36	2,91 кВт·ч/м^2
Республика Марий Эл	1,84	3,57 кВт·ч/м^2
Республика Мордовия	0,48	3,67 кВт·ч/м^2
Республика Татарстан	1,32	3,06 кВт·ч/м^2
Тюменская область	1,26	3,72 кВт·ч/м^2
Калининградская область	0,3	3,28 кВт·ч/м^2
Мурманская область	1,49	2,9 кВт·ч/м^2
Новгородская область	1,84	3,29 кВт·ч/м^2
Республика Дагестан	2,53	4,37 кВт·ч/м^2
Республика Ингушетия	5,01	4,24 кВт·ч/м^2
Республика Калмыкия	2,4	4,15 кВт·ч/м^2
Республика Карачаево-Черкесия	2,07	4,65 кВт·ч/м^2
Чеченская Республика	6,35	4.34 кВт·ч/м^2
Республика Крым	1,43	4,14 кВт·ч/м^2
Республика Бурятия	0,33	3,99 кВт·ч/м^2
Забайкальский край	2,33	4,3 кВт·ч/м^2
Красноярский край	3,79	3,57 кВт·ч/м^2
Иркутская область	0,77	3,75 кВт·ч/м^2
Амурская область	5,14	4.28 кВт·ч/м^2
Хабаровский край	3,01	3,64 кВт·ч/м^2

Источник: Системный оператор единой энергетической системы России, Betaenergy.

Как показывает предварительная оценка до 50 процентов частных потребителей имеют потребности увеличения с 3 кВт удельной потребляемой мощности до 15 кВт с целью повышения собственных

[465] Betaenergy. URL: https://www.betaenergy.ru (дата обращения: 30.10.2020).

энергетических возможностей, что также имеет непосредственную связь с удельной установленной мощностью микрогенерации.

Кроме этого, в целевое анкетирование удовлетворенности потребителей энергии включаются вопросы не только достаточности энергоснабжения, но и теплоснабжения, перспективного кондиционирования в летний период, а также выявляются потенциальные просьюмеры с возможностью соинвестирования в ВИЭ с целью последующего извлечения дополнительной прибыли от реализации излишков выработанной энергии.

Для этого распространяемая анкета дополняется информационным листом о деятельности просьюмеров, описанием принципов государственной политики их поддержки, включая меры кредитной политики поддержки приобретения необходимого оборудования и государственных гарантий выкупа излишков вырабатываемой энергии, а также коммерческого использования создаваемых частных систем хранения и накопления энергии. В общем виде структура концепции представлена на рисунке 73.

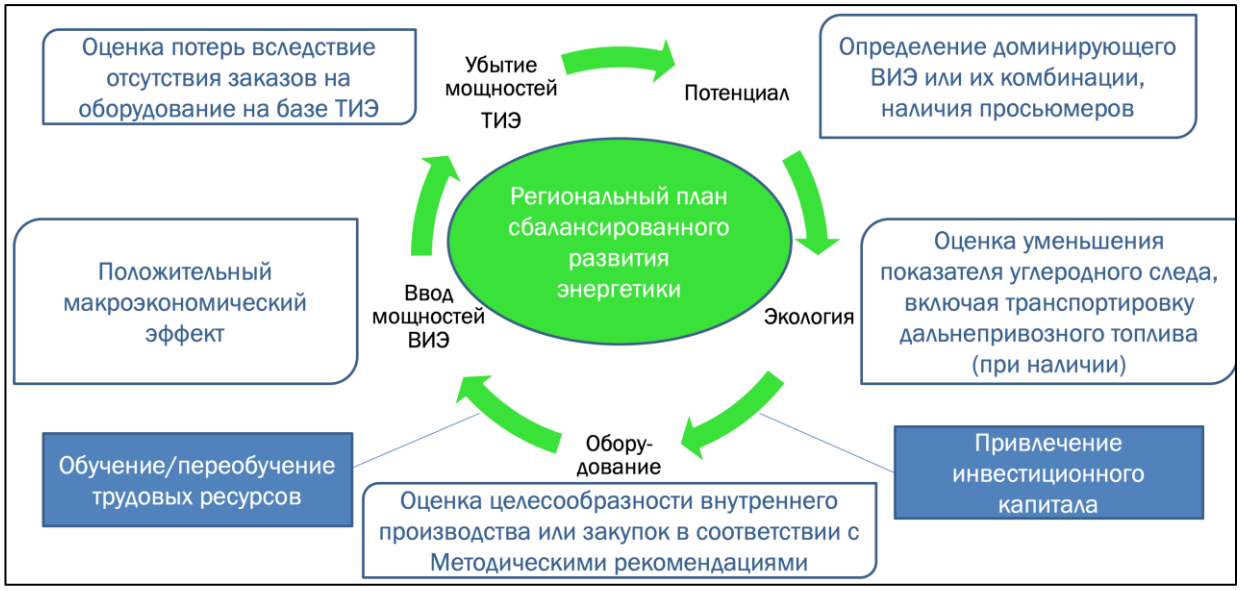


Рис. 73 Принципиальная схема Концепции сбалансированного развития возобновляемых и невозобновляемых источников энергии. Разработано автором.

Далее, оценивается текущее состояние показателей планового ввода / выбытия энергомощностей невозобновляемой энергетики, с учетом амортизационного срока службы и фактического физического износа оборудования. На данном этапе формируется региональный свод ввода /

выбытия мощностей и оценивается его влияние на сопряженные машиностроительные мощности с точки зрения формируемого макроэкономических последствий в случае отмены потенциальных заказов.

На последующем этапе, на основе потенциала различных ВИЭ, свойственных рассматриваемому региону на основе положений параграфа 4.1. настоящей главы с точки зрения превалирующего на данной территории возобновляемого источника энергии, либо оптимальной комбинации из имеющихся, например в сочетании солнечной и ветровой энергии (опыт Индии развития комбинированных мощностей ВИЭ, параграф 2.1.) или ветровой, солнечной и биоэнергии (опыт Германии в развитии комбинированных мощностей ВИЭ, параграф 1.4.) и уточняется суммарная потребность необходимых мощностей для данного региона.

В случае, если новые мощности возобновляемой энергии замещают выбывающие мощности невозобновляемой энергии, проводится дополнительная оценка экологического улучшения окружающей среды и рассчитывается показатель уменьшения углеродного следа для оценки эффективности формирующейся низкоуглеродной региональной экономики.

Если ввод мощностей возобновляемой энергетики является дополняющей мерой увеличения надежности энергоснабжения региональной экономики, то в данном случае рассчитывается экологический дополнительный эффект в сравнении с аналогичным вводом тождественной мощности невозобновляемой энергетики.Кроме этого, проводится расчет уменьшения влияния доминирующего вида топлива, свойственного данному региону (в ряде центральных регионов газ как вид топлива достигает в балансе региона до 85 %, что недопустимо с точки зрения региональной безопасности). В случае замещения мощностями возобновляемой энергетики ископаемого привозного и дальнепривозного в регион топлива отдельно рассчитывается возрастающий коэффициент региональной энергобезопасности и оценивается снижение экономического эффекта на сопредельные транспортные отрасли (морские перевозки, железнодорожное

и автосообщение), и формируются предложения по компенсаторным мерам выпадающих доходов транспортных компаний.

Далее на основе методологического подхода (его практического расчёта на базе таблицы 23) дополнения мощностями ВИЭ конкретной региональной энергетики рассчитывается макроэкономический эффект ввода новых рабочих мест и формирования дополнительных налоговых поступлений в бюджеты всех уровней за вычетом (в случае замещения мощностей невозобновляемой энергетики ВИЭ) аналогичных поступлений от выбывающих мощностей и расходов на обучение персонала в целях обслуживания нового инновационного оборудования возобновляемой энергии. Далее, оцениваются меры государственной институциональной и экономической поддержки, изложенные в параграфе 4.2., целесообразности приобретения или самостоятельного производства регионом необходимого генерирующего оборудования с его дальнейшей локализацией на региональных предприятиях в зависимости от макроэкономического эффекта замещения новыми производствами для региональной экономики.

Кроме вышеизложенных мер, региональному банковскому сообществу предлагается разработка или передача ранее отработанных финансовых кредитных инструментов поддержки создаваемого инновационного сегмента энергетики и экономики, а также активная поддержка оценки инвестиционной привлекательности с точки зрения ESG критериев[466].

Территориальные органы Федеральной антимонопольной службы на базе структур тарифного регулирования энергопотребления доводят в режиме открытого доступа проектируемые тарифы и правила недискриминационного доступа к объектам сетевой инфраструктуры потенциальных инвесторов и просьюмеров. В случае принятия решения о локализации приобретаемого оборудования, после вышеперечисленных оценок макроэкономического эффекта на сопряженные отрасли оценивается

[466] Бучнев А.О. Государственное управление развитием возобновляемой и невозобновляемой энергетики // Международный научный журнал. № 2, 2022. С.69.

стоимость обучения персонала для работы с новым оборудованием и формирование соответствующей дилерской и сервисной сети.

После предварительной оценки целесообразности замещения или возможного дополнения объектов невозобновляемой энергетики ВИЭ, оформленной в соответствии с настоящей Концепцией на Федеральном уровне, в соответствии с методологическими рекомендациями, изложенными в п 4.2. настоящей главы, принимается решение о целевых показателях замещения/дополнения мощностей невозобновляемой энергии мощностями ВИЭ и возмещении затрат на обучение персонала и частичного возмещении затрат на приобретаемое оборудование в соотношении 15% - на федеральном уровне, 10 % - на региональном уровне.

После достижения целевых показателей, утвержденных на федеральном уровне замещения/дополнения мощностей невозобновляемой энергии мощностями ВИЭ оцениваются принимается решение об их пересмотре. Отдельно рассматривается доля появления и укрепления класса просьюмеров и домашних хозяйств, полностью перешедших на автономное энергообеспечение и дополнительных возможностях созданных систем хранения и накопления энергии с целью принятия решения о создании региональных систем интеллектуального распределения и потребления энергии внутри рассматриваемого региона. При достижении точки окупаемости проекта и формировании потенциала сбережения средств производителей возобновляемой энергии данный опыт масштабируется на соседние регионы в целях дальнейшего продвижения ВИЭ и формировании углеродно-нейтральной экономики на федеральном уровне.

Концепция сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергии в условиях перехода к низкоуглеродной экономике предполагает постепенное создание дополнительных мощностей увеличения процента глубокой переработки высвобождаемых ископаемых с целью создания дополнительной добавочной стоимости в соответствии с рекомендациями параграфа 4.3. настоящей главы.

Концепция сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергии в условиях перехода к низкоуглеродной экономике должна согласовываться в установленном порядке, пройти соответствующие процедуры общественных слушаний и утверждаться указом Президента Российской Федерации.

Учитывая, что постепенный переход отечественной автотранспортной отрасли на средства с электрическим приводом (флагманом перехода на электротранспорт является город Москва, эксплуатирующий на начало 2021 года 900 электробусов) понижает спрос на автомобильные марки бензинов, необходимо провести дополнительную оценку стоимости переориентации производств на экологические виды топлив (с постепенным переводом производственных процессов на возобновляемую энергию, рассмотренных на примере французских компаний, параграф 3.3.).

Концепция сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергии в условиях перехода к низкоуглеродной экономике в случае её успешной реализации обеспечит своевременное выполнение взятых на себя Российской Федерацией экологических обязательств, рост социального благосостояния и повышения энергетической безопасности на федеральном, региональном и муниципальном уровнях, обеспечит принципиально новую модель экономического роста страны[467].

Стабильные макроэкономические условия, созданные в Российской Федерации в настоящее время[468] располагают к безболезненной для экономической ситуации реализации предлагаемой Концепции сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергии в условиях перехода к низкоуглеродной экономике.

---

[467] Аганбегян А.Г. Новая модель экономического роста России // Управленческое консультирование. 2016. №1. С. 32.

[468] Мау В.А. Национальные цели и модель экономического роста: новое в социально-экономической политике России в 2018—2019 гг // Вопросы экономики. 2019. № 3. С.11.

Выводы по Главе 4.

Энергетическая самодостаточность Российской Федерации, подкрепленная инновационно-развитой атомной отраслью, традиционно обеспечивает безопасность внутреннего потребления энергии, что является причиной неприятия первичных общемировых предпосылок развития ВИЭ.

За отсутствием экстренной необходимости 70-х в замещении традиционных источников энергии в силу рыночных факторов не возникло институциональной базы для массового внедрения ВИЭ, что наравне с наибольшей территорией в мире и, как следствие, значительным потенциалом поглощающей способности эквивалента углекислого газа, обусловливает умеренное развитие возобновляемой энергетики.

В то же время, благодаря распространённости таких ВИЭ, как солнце, ветер, малая гидроэнергия и геотермальная энергия в каждом из регионов Российской Федерации, имеется достаточный потенциал для использования хотя бы одного из них.

С учетом устойчивого сектора гидроэнергетики, наличия производств кобальта, лития и кремния представляется целесообразной их интенсификация не только в целях создания промышленного кластера по обеспечению сектора ВИЭ, но поддержания спроса на энергию, а также значительного его увеличения. Последнее особенно важно с учетом особенностей национальной энергетической системы, выраженной доминирования наиболее «чистых» источников энергии в ТЭБ, их эффективности преобразования в электрическую энергию, а также совокупного потенциала ВИЭ и естественного поглощения вредных выбросов.

В предыдущей главе было выявлено влияние ВИЭ на триаду устойчивого развития как комплекса технологических решений и мер обеспечения эффективного использования возобновляемой энергии в виде

взаимосвязанных благоприятных экономических, социальных и экологических эффектов, которое потенциально ограниченно в части исходных ресурсов и может быть использовано в Российской Федерации для:

a. развития отечественной энергетики с учетом возможности экспансии в область энергоемких производств, а также переработки высвобождаемого углеводородного сырья с целью производства продуктов с высокой добавленной стоимостью;
b. создания принципиально новых отраслей экономики и квалифицированных рабочих мест, повышения спроса на продукцию высокотехнологичных производств;
c. формирования класса энергетических просьюмеров, обеспечивающего рост благосостояния среднего класса;
d. снижения загрязнения окружающей среды и роста вовлеченности населения в решение глобальных экологических задач;
e. привлечения социально-ответственных инвесторов, обусловленного соответствием разрабатываемых решений и механизмов критериям ESG.

В связи с этим, а также на основании обоснованной общемировой востребованности технологий производства, хранения и перераспределения возобновляемой энергии и прочих видов деятельности, прямо или косвенно связанных с ВИЭ, представляется целесообразным государственное регулирование сбалансированного развития невозобновляемой и возобновляемой энергетики Российской Федерации для сохранения исторически сложившейся и надежной энергетической системы, и, в то же время, получения дополнительных благоприятных социально-экономических эффектов от точечного использования ВИЭ в энергетике и вовлеченности в мировой рынок связанный с этой сферой.

Для преодоления сложившегося положения в энергетической отрасли автором разработаны методологические рекомендации по выводу отрасли

ВИЭ и сопряженных с ней отраслей экономики на траекторию инновационного развития.

Предложенная система организационных и правоустанавливающих мер, разработанная на основе мирового опыта стимулирования применения ВИЭ позволит в рамках разработанных методологических рекомендаций активировать данное направление, фактически создавая новые отрасли отечественной экономики и энергетики.

Произведен углублённый анализ практических аспектов микрогенерации в России по результатам которого можно утверждать, что популяризация данного вида деятельности чрезвычайно ограничена вследствие её позиционирования с точки зрения сугубо энергетических целей, характерного для сектора ВИЭ в целом и обоснованного ранее. Развитие класса энергетических просьюмеров как фактора социально-экономического развития практически не имеет отражения в мерах обеспечения микрогенерации. Реальные покупатели, предъявляющие спрос на соответствующее оборудование, действуют вследствие их общих представлений об использовании возобновляемой энергии и, как правило, потребности стабильного и автономного энергоснабжения. В тоже время, генерация на базе солнечной энергии (имеет значительные ограничения с точки зрения эффективности), при условии полного потребления со стороны домохозяйства оказывается экономически целесообразной исходя из стоимости минимально оптимального комплекта оборудования и без учета действующих мер государственной поддержки микрогенерации.

Отдельно стоит отметить, что основное оборудование данного комплекта импортируется и несмотря на это оказывается одним из лучших стоимостных предложений на рынке, что предъявляет требования не только к локализации, но и увеличению масштабов соответствующих национальных производств в целях достижения макроэкономического эффекта наравне с прямым потоком финансовых ресурсов, распределенным по домохозяйствам за счет стимулирования массовой микрогенерации.

По мнению автора, для позиционирования ВИЭ как инструмента социально-экономического развития, прежде всего необходимо создание полностью национальных производств всех комплектующих для оборудования генерации, перераспределения и накопления энергии вплоть до исходных заготовок и сырьевых ресурсов, что в сочетании с практикой заключения контрактов жизненного цикла и при развитии нефинансовых инструментов привлечения инвестиций позволит оказать комплексное позитивное влияние на триаду устойчивого развития. Кроме этого, образование локальный сообществ, использующих преимущественно возобновляемую энергию на базе класса просьюмеров, позволит добиться позитивных результатов на микро- и мезоуровне, что в свою очередь прежде всего требует корректировок действующий нормативных положений, связанных с микрогенерацией, в частности безусловно ограничивающих предельную установленную мощность и позволяющих устанавливать заведомо низкий «зеленый тариф». В качестве компромиссного решения, учитывающего как интересы энергосбытовых компаний, так и не позволяющего злоупотреблять возможностями микрогенерации, автором предлагается механизм целевого использования установленной мощности микрогенерации для владельца нескольких объектов недвижимости.

Таким образом, на основе анализа мирового опыта разработаны и адаптированы к отечественным условиям эффективные инструменты стимулирования инновационного развития возобновляемой энергетики, включая создание новых, сопряженных с ВИЭ отраслей экономики. В их числе:

a. доведение степени локализации производства генераторов возобновляемой энергии, а также систем хранения, накопления и перераспределения энергии до 100%;
b. снятие безусловного ограничения в 15 кВт установленной мощности оборудования микрогенерации для создания на этой основе предпосылок для самоокупаемости домашних хозяйств;

c. установление тарифа на покупку электрической энергии, произведенной благодаря микрогенерации на уровне не ниже фактического тарифа продажи для конкретного потребителя;
d. обеспечение возможности владельца двух и более объектов недвижимости для их энергоснабжения использовать единственное оборудование микрогенерации;
e. формирование субсидий из федерального бюджета, компенсирующих до 50% стоимости монтажно-строительных работ по вводу в эксплуатацию генераторов ВИЭ;
f. создание локальных сообществ с обеспечением стимулирующих банковских инструментов для активизации использования ВИЭ, систем хранения, накопления и распределения энергии для муниципальных нужд;
g. использование методологии заключения контрактов жизненного цикла с учётом особенностей реализации проектов ВИЭ.

Стоит отметить, что аргументация по каждому из пунктов данного перечня раскрыта прежде всего в той мере, в которой содержится его наибольшая ценность из соображений адаптации мирового опыта к отечественным условиям и, в том числе, раскрытия значимости микрогенерации как вида деятельности с точки зрения факторов социально-экономического развития.

Предлагаемое поэтапное регулирование соотношения возобновляемой и невозобновляемой энергетики со стороны государства простимулирует эффективное замещение выбывающих мощностей, укрепит перспективный сегмент микрогенерации, повысит качество и надежность регионального энергоснабжения, сгладит пиковое потребление электрической и тепловой энергии, создаст новые рабочие места, минимизирует и постепенно сведёт на нет энергодефицитные регионы, зависящие от поставок привозного или дальнепривозного топлива, снизит влияние и соответственно сопутствующие

риски от использования доминирующего регионального ресурсного источника невозобновляемой энергии.

Доказанная автором экономическая целесообразность микрогенерации, наравне с выгодами целевого использования со стороны частных домохозяйств, может быть использована как инструмент оценки регионального стимулирования ВИЭ. Авторский подход, наравне с выявленными ранее свойствами универсальности и масштабируемости средств генерации на базе ВИЭ, обеспечивающих как прямую экономию от масштаба, так и рост производительности по мере лучшего расположения более крупных генераторов возобновляемой энергии означает, что разворачивание объектов ВИЭ средней и большой мощности в регионе поспособствует снижению общей себестоимости электрической энергии, наравне с прочими благоприятными последствиями социально-экономического характера при регулировании баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии. Однако, для решения общегосударственных задач энергетической политики, использование авторского подхода к сравнению стоимости солнечной микрогенерации с действующим региональным тарифом для населения представляется целесообразным при первичном ранжировании регионов в целях определения приоритетов соответствующей политики, что при формировании стратегических планов развития должно включать значительно больший инструментарий оценки целесообразности целевого стимулирования отдельных видов ВИЭ.

Для данных целей автором разработан административный механизм государственного стимулирования ВИЭ, который, по сути, служит несущей конструкцией регулирования баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии и основан на соответствующих профилях деятельности министерств и ведомств Российской Федерации, что в целях спектра задач, в том числе определенных Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года, но не ограничивающихся ею, требует консолидированных и конкретных действий

указанных органов, в настоящее время отсутствующих. План действий содержит последовательные шаги по планомерному и долгосрочному внедрению ВИЭ с использованием существующего инструментария отраслевого стимулирования, а также меры по надзору и контролю за эффективностью проводимых мероприятий.

На основе лучших мировых практик разработана структура концепции сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергии в условиях перехода к низкоуглеродной экономике, учитывающая особенности национальной энергетической отрасли. Её ключевыми элементами являются: определение приоритетных видов ВИЭ в зависимости от природных условий конкретного региона, определение лимитов льготных тарифов, внедрение системы «зеленых сертификатов», формирование постепенного не нарушающего экономического баланса интересов её потребителей и производителей соотношения выработки возобновляемой и невозобновляемой, институциональное обеспечение устойчивого регионального развития, рост надежности энергоснабжения на основе гибридизации генераторов разных видов ВИЭ в удаленных районах с системами хранения, накопления и распределения энергии, предоставление бесплатной эксплуатации малообеспеченным слоям населения доступа к индивидуальным ВИЭ в удаленных районах на определенный период.

Планомерное балансирование возобновляемой и невозобновляемой энергетики в рамках предлагаемой Концепции позволит отечественной энергетике наравне с прямыми позитивными эффектами наращивания объемов применения ВИЭ нивелировать искажения ценообразования рынка электроэнергии благодаря снижению необходимости применения регулируемого тарифа. Обозначенный процесс будет способствовать снижению дифференциации тарифов в нашей стране, которая в 2019 году составила двенадцатикратную разницу, что в свою очередь приведёт к выравниванию регионального экономического развития и повышению жизненного уровня граждан.

Существенный потенциал финансового сбережения средств, которым обладает возобновляемая энергетика внесёт положительные тенденции стабилизации региональной экономики удаленных и труднодоступных населённых пунктов, и производств, не имеющих централизованного энергоснабжения. Порядка десяти миллионов человек в РФ вынуждены оплачивать доставку топлива для дизельных и иных генераций, получая дорогостоящую и не всегда круглосуточную электрическую энергию, к тому же зависимую от транспортных тарифов, графиков и условий своевременной доставки. Несмотря на ряд принятых нормативных актов последнего десятилетия, обеспечивших создание первичной правовой базы для внедрения ВИЭ и закрепления их как перспективного сектора энергетики РФ, проведенное исследование выявило недостаточность создания институциональной поддержки активизации применения возобновляемой энергетики. Предлагаемые авторские методологические рекомендации выводу отрасли ВИЭ на инновационный уровень институциональной поддержки и сопряженных с ней отраслей экономики будут способствовать решению данной проблемы.

Современная мировая экономика на базе активного использования возобновляемой энергетики осуществляет переход к шестой инновационной волне: созданию углеродно-нейтральной экономики. Применение предложенных рекомендаций, являющихся, по сути, инструментом обеспечения сбалансированного перехода к низкоуглеродной, а в дальнейшем и углеродно-нейтральной, экономике и позволят сделать его безболезненным в отечественных условиях.

Реализация предложений автора обеспечит укрепление энергетической безопасности Российской Федерации и сохранение исторически сложившихся конкурентных преимуществ Российской Федерации в энергетической сфере; динамическое развитие её экспортного потенциала, оптимизации региональных ТЭБов; децентрализацию энергоснабжения при сохранении целостности энергетической системы в целом, повышение её

надежности и гибкости реагирования; преодоление ряда дисбалансов социально-экономического регионального развития; рост и укрепление среднего класса; существенное улучшение экологической ситуации, направленной в том числе на выполнение международных обязательств Российской Федерации и усиление ее значимости в глобальных экологических процессах.

Таким образом, разработана структура концепции сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергетики в условиях перехода к низкоуглеродной экономике и методологические рекомендации по ее реализации, основанные на использовании процедур оценки регулирующих воздействий и включающие меры институциональной поддержки вывода возобновляемой энергетики и сопряженных с ней отраслей экономики на траекторию инновационного развития. В качестве несущей конструкции данной концепции могут рассматриваться:

a. приоритетное развитие ВИЭ на основании социально-экономической значимости данного сектора энергетики для экономики и общества в целом;
b. административный механизм целевого производства наиболее совершенного оборудования для нужд региональной возобновляемой энергетики и обеспечения функционирования сектора ВИЭ в целом с учетом существующего инструментария стимулирующих мер экономической политики и стратегических планов развития;
c. базовая оценка целесообразности регионального развития ВИЭ на основании стоимости их использования для генерации электрической энергии на микроуровне;
d. цикличный ввод мощностей возобновляемой энергетики при соблюдении предпосылок роста спроса на энергию, региональной целесообразности конкретных видов ВИЭ и планового выбытия мощностей на базе ТИЭ.

Заключение.

Одной из целей устойчивого развития является борьба с изменениями климата, важнейшую роль в которой играет структурная трансформация энергетической парадигмы мира, обеспеченной углеводородными ресурсами на четыре пятых от показателя общего первичного предложения энергии. В связи с этим на повестке дня многих государств стоит задача построения низкоуглеродной, а в дальнейшем углеродно-нейтральной экономики. Также абсолютное большинство государств, особенно из числа зависимых от импорта ископаемых топливных ресурсов, имплементировали в свои национальные стратегии необходимость развития альтернативных видов топлива и принципы энергоэффективности, что говорит о прохождении точки невозврата в понимании принципов развития энергетики.

Столь внушительная доля ископаемого топлива, достигнутая за два века и в течение пяти инновационных волн, не может быть кардинально изменена даже в долгосрочной перспективе, что подтверждается общемировой динамикой энергетического рынка последних тридцати лет. Тем не менее, несмотря на более чем общий полуторакратный рост предложения энергии из альтернативных источников энергии, только удельная доля сектора возобновляемых источников энергии (ВИЭ) показала тенденцию к незначительному увеличению в противовес аналогичному снижению доли атомной энергетики, что говорит о достаточности существующих институциональных и экономических механизмов для соразмерного развития возобновляемых и невозобновляемых источников энергии в общемировом масштабе.

Исторически, ВИЭ стали первым ресурсом, освоенным в процессе хозяйственной деятельности человека и их динамичное развитие на фоне инновационных волн Й.Шумпетера, приобрело необратимый характер, подкрепленный уникальным потенциалом изменения профиля отдельных фаз циклов Н.Д.Кондратьева, основанным на раскрытии новых

возможностей сбережения финансовых ресурсов для производителей возобновляемой энергии на микро-, мезо и макроуровнях, лишенных зависимости от краткосрочной и долгосрочной ценовой конъюнктуры и связанных с преимуществами их локального применения и одновременной интеграции в общую энергетическую инфраструктуру.

Кроме этого, выявлена и обоснована внутренняя трансформация в группах ТИЭ и ВИЭ, наилучшую динамику в составе которых показали природный газ и прочие ВИЭ соответственно. Если к третьей четверти прошлого века использование энергии ветра и солнца утратило всякую экономическую целесообразность и воспринималось на уровне технологий неопределенного будущего, когда по какой-то причине отпадёт необходимость использования ископаемых ресурсов, то с первым нефтяным кризисом современности эти не единственные возобновляемые источники энергии получили импульс к развитию на новом технологическом уровне и стали наиболее узнаваемой частью формирующегося сектора энергетики. Жидкое и газообразное биотопливо как перспективный вид энергетического ресурса также обладают отличной динамикой, но малой долей по сектору биотоплива и отходов в целом, показывающим наименьшую положительную динамику в группе.

По этой причине целевое использование энергии, как с точки зрения общей эффективности и востребованности в мире представляется целесообразным прежде всего для генерации электроэнергии. Большинство прочих сценариев использования ВИЭ в контексте адаптации к отечественной практике имеют ограничения, особенно в части централизованного теплоснабжения. В свою очередь, лидирующие технологии преобразования возобновляемой энергии в электрическую, наиболее значимыми из которых являются солнечная фотовольтаика и ветрогенерация, рассматриваются как один из основных факторов давления на сектор невозобновляемой энергетики.

Весьма показательно, что ВИЭ к середине прошлого десятилетия не прекратили своего роста даже в условиях глобального финансового кризиса, который, по сути, стал катализатором процессов трансформации ключевых энергетический рынков, и по мере их восстановления показал превосходство природного газа над остальными углеводородными ресурсами.

Значимость природного газа обоснована мнением различных экспертов и политических деятелей, подчеркивающих роль природного газа как наименее экологически вредного вида топлива на переходный период к ВИЭ. Тем не менее, сегодняшний «золотой век газа» сопровождается ростом доли СПГ и общим желанием стран-импортеров по диверсификации поставщиков этого ресурса, что смещает акценты торговли в пользу срочных контрактов и спотовых поставок в противовес долгосрочным соглашениям. По совокупности факторов это несет потенциальную угрозу российскому экспорту, несмотря на возрастающий спрос, в особенности со стороны Европейского Союза.

Стоит отметить, что газовая, также, как и нефтяная, отрасли энергетики (во многом благодаря развитой трубопроводной инфраструктуре) позволяют более гибко реагировать на изменения рыночных и политических тенденций конкретного временного периода, как наращивая, так и снижая объёмы поставок в достаточно широком диапазоне. Данная особенность служит как сдерживающим фактором активизации применении ВИЭ в контексте сбалансированного развития энергетики, так и конкурентным преимуществом, поскольку ключевой институциональный принцип ВИЭ заключается в использовании неисчерпаемого и локального первичного ресурса (условно неисчерпаемого для сектора биотоплива и отдельных случаев гидроэлектроэнергии). Фактически инвестор объекта ВИЭ имеет весьма точное представление о предельных значениях объёма производства энергии, как в сезонных временных границах, так и на протяжении всего жизненного цикла объекта, не изменяющихся в силу конъюнктурных факторов энергетических рынков.

Таким образом, продолжительное использование ВИЭ создает некоторую предсказуемую усредненную величину предложения возобновляемой энергии. В тоже время, генерация возобновляемой энергии для определённого момента времени отличается значительной нестабильностью (особенно для группы прочих ВИЭ), относительно величины которой происходит балансирование предложения энергии на базе традиционных источников энергии, что подразумевается в контексте инновационного развития ВИЭ.

Выявлено, что в условиях снижения общей энергоёмкости ВВП крупнейших региональных экономик, имеется устойчивая тенденция к увеличению доли ВИЭ в структуре производства энергетических ресурсов, подкрепленная приоритетным потреблением возобновляемой энергии и спецификой её генерации, не подверженная влиянию динамики общего первичного предложения энергии (стабилизации в США, снижения в странах ЕС и роста в КНР).

Большинство операционных рисков для проектов в области ВИЭ снижается благодаря практике использования контрактов жизненного цикла, равно как и экономическим механизмам защиты инвестиций со стороны государства, что для особенно крупных инвесторов означает сопутствующие обязательства в виде более жестких критериев объема минимального производства энергии или локализации оборудования, что уже выходит за рамки сугубо энергетических задач.

Кроме этого, сравнительно невысокие капитальные затраты единичных объектов генерации в группе прочих ВИЭ в сочетании с коротким сроком ввода в эксплуатацию, позволяют создать серию самоокупаемых инвестиционных проектов на базе первичного решения о целесообразности использования возобновляемой энергии поскольку обновление существующего оборудования в значительной степени исключает временные и финансовые издержки по согласованию и вводу в эксплуатацию. Это, в сочетании с низкими операционными затратами, делает проекты группы

прочих ВИЭ особенно привлекательными для инвестора, распределяя во времени не только капитальные затраты, но и само решение о продлении производства энергии в существующем виде относительно риска появления более совершенной технологии этой области в будущем. По совокупности факторов это создает благоприятные предпосылки для массового, но распределенного ввода генерирующих мощностей ВИЭ и, как следствие, для региональной устойчивости как энергетического, так и экономического характера.

Атомная энергия сочетает как преимущества энергетической независимости использования ВИЭ, так и повышенную мощность генерации отдельной АЭС, более характерную для объектов на базе углеводородных ресурсов. В то же время, отсутствие свойств универсальности и масштабируемости значительно сужает спектр её применения в контексте достижений целей устойчивого развития, что в сочетании с неоднозначным отношением мирового сообщества делает атомную энергетику потенциально перспективным, но регионально зависимым источником энергии.

Именно благодаря свойствам универсальности и масштабируемости, особенно характерным для ветровой, солнечной и прочих генераций, возобновляемая энергетика в целом обладает широким инструментарием для решения не только энергетических, но и социально-экономических задач. Фактически использование возобновляемой энергии может быть целесообразными на любом уровне значимости, от наднационального до индивидуального, и для каждого из них иметь положительный эффект в виде роста благосостояния общества.

Микрогенерация (в широком смысле) является задачей государственной энергетической политики в случае необходимости обеспечения территорий, не имеющих подключения к централизованному энергоснабжению и ВИЭ, в данном случае, доказала свою эффективность еще на этапе своего становления как сектора энергетики благодаря значительной экономии на отсутствии дальнепривозного топлива. В то же

время, при наличии подключения к централизованному энергоснабжению, энергетическая значимость уступает место социально-экономической, поскольку возникает экономия от уменьшения потребления сетевой энергии на индивидуальном и близких к нему уровнях, и, в случае избытка собственного производства энергии, создает дополнительную статью дохода для владельца генератора. Благодаря этому формируется целый класс энергетических просьюмеров, что является уникальной особенностью использования ВИЭ как инструмента социального выравнивания, а также содействия чувству вовлеченности населения в решение глобальных экологических задач.

Таким образом, помимо очевидных, сугубо энергетических результатов в виде недорогостоящей и чистой энергии, и формирования принципа ответственного потребления и производства, их применение способствует активизации международного сотрудничества, уменьшению неравенства, росту инноваций и даже факторам хорошего здоровья и благополучия, что является Целями устойчивого развития. На основании проведенного анализа можно утверждать, что ВИЭ также содействуют достижению таких ЦУР как, ликвидация нищеты и голода, чистая вода и санитария, достойная работа и экономический рост, а также устойчивые города и населённые пункты.

Поскольку ключевая задача активизации современных технологий использования ВИЭ была сопряжена с необходимостью экстренных мер по снижению экономических и экологических рисков массового использования ископаемых углеводородных ресурсов, выявлен институциональный принцип глобальной, в том числе неэнергетической, значимости и неизбежности продолжительных государственных затрат. Именно благодаря реализуемым государственным стратегическим концепциям обеспечивается предложение возобновляемой энергии, оказывающее значительное влияние на сдерживание негативного экологического воздействия, и происходит восстановление биосферы ради будущего нашей планеты. Прочие

институциональные и экономические механизмы являются следствием первичной активизации применения ВИЭ и распространяются на все уровни регулирования от наднационального до индивидуального, обеспечивая устойчивое развитие и формирование все более ощутимых контуров углеродно-нейтральной экономики.

В большинстве стран-лидеров в области стимулирования ВИЭ развитие и активное использование источников, таких как солнце и ветер, позволило ввести в строй на их базе существенно больше генерирующих мощностей, чем в невозобновляемой и остальных видах возобновляемой энергетики. Характерно, что оба эти источника возобновляемой энергетики показывают устойчивую тенденцию к снижению себестоимости производства энергии, катализатором формирования которой стала существенная государственная поддержка.

Инвестиции в средства генерации ВИЭ формируют новый долговременный спрос, который в свою очередь формирует необходимость новых инвестиций и повышает предельную склонность к потреблению.

Общей чертой, особенно на первоначальных этапах стимулирования этих источников, была политика гарантированного выкупа или самого генерирующего оборудования, или энергии им произведенной. Однако, по мере роста производств и формирования рынка сбыта, фактором ускорения развития стала поддержка ускоренной модернизации, благодаря которой инвесторы получили возможность обновлять генерирующее оборудование еще до наступления срока окупаемости, но при условии качественного роста его эксплуатационных характеристик. Это позволило улучшить не только ключевые параметры отдельных инвестиционных проектов, но и создать постоянный спрос на инновации со стороны производителей генерирующего оборудования.

Дополнительным фактором снижения стоимости энергии на базе прочих ВИЭ служит упомянутое выше свойство масштабируемости технологий генерации, что при массовости их применения означает

унификацию производств генерирующего оборудования и возможность удовлетворения спроса разноуровневых заказчиков одним производителем. Это особенно характерно для сектора фотоэлектрических панелей, где на фоне общей интенсификации инноваций, произошли значительные положительные изменения, и солнечная энергетика в целом по установленным мощностям сравнялась с сектором ветровой энергетики. В тоже время, приведенные примеры научно-исследовательских разработок в области возобновляемой энергетики и сопряженных с ней отраслей обозначили существенный потенциал дальнейшего развития ВИЭ.

Активное сочетание государственного стимулирования развития сектора биоэнергетики позволило ряду стран не только сделать данный вид энергии ключевым в своих топливно-энергетических балансах, но и существенно уменьшить негативные последствия загрязнения почв в сельском хозяйстве, в том числе и от сопутствующих нитратов. Как и в других видах ВИЭ в секторе биоэнергетики появились дополнительные источники дохода для укрепления среднего класса, активно применяющего данный вид возобновляемой энергии.

Весьма закономерно, что активное и долгосрочное применение возобновляемой энергии на основе стратегических инвестиционных программ повлияло на сопряжённые отрасли энергетики. Так, по мере роста генерирующих мощностей на базе возобновляемой энергии, наиболее четко проявилась основная проблема большинства из видов ВИЭ – нестабильность производства энергии, что дало импульс к развитию существовавших ранее, но оптимизированных под более простые задачи традиционной энергетики, систем хранения энергии (СХЭ). Их масштабное использование при балансировании пиковых нагрузок в сети может существенно трансформировать структуры энергетических рынков как локальной, так и глобальной значимости, предоставляя владельцам объектов СХЭ функции провайдеров и выравнивая среднюю мощность энергосистемы, что означает эффективное балансирование мощностей традиционной энергетики

относительно ВИЭ и нивелирование стоимостной дифференциации тарифа региона присутствия.

В то же время качество интеграции хранилища в энергетическую систему, определяющее скорость и эффективность реакции на изменение спроса и предложения, непосредственно влияют на денежный поток, генерируемый инвестиционным проектом в области СХЭ, что обусловливает необходимость развития соответствующей инфраструктуры и, в первую очередь, систем цифровой диспетчеризации. Так, более половины условного дохода крупных СХЭ, оперирующих на оптовом рынке электроэнергии, зависит от оперативности перераспределения накопленной энергии, а для проектов коммерческого и частного сектора большее значение приобретает управление транзакциями при единовременных колебаниях соотношения внутреннего спроса и предложения.

Фактически самостоятельный рынок СХЭ стал ассоциироваться в международном сообществе исключительно с использованием ВИЭ, равно как и системы цифровой диспетчеризации энергии обрели значение благодаря необходимости управления потоком возобновляемой энергии и, в случае отсутствия СХЭ, балансировки традиционных источников энергии.

При этом наиболее популярный тип СХЭ подразумевает использование электрических аккумуляторов, которые по результатам последних лет показали существенное снижение себестоимости и увеличение производительности, что обусловлено не только инвестициями со стороны ВИЭ, но и существенно возросшего рынка электрического транспорта.

Показательно, что электрический транспорт, как таковой, не имеет прямой связи с возобновляемой энергетикой. Однако, в силу его чрезвычайной популяризации как экологичной альтернативы использования производных нефтяной промышленности в качестве топлива, а также как углеродно-нейтрального средства передвижения, данный рынок имеет косвенную, но устойчивую связь с рынком ВИЭ. Ожидается, что формирование глобального рынка электромобилей будет способствовать

вытеснению двигателя внутреннего сгорания, что повлечет за собой снижение спроса на традиционное автомобильное топливо рынков наиболее развитых стран не менее, чем на треть от текущего уровня, высвободив соответствующие объёмы сырой нефти для более глубокой переработки.

Наглядным примером бескомпромиссного замещения объектов ископаемой энергетики служит использование угольных месторождений для строительства СХЭ гидроаккумулирующего типа (Германия, Финляндия) и реализации прочих проектов, связанных с использованием возобновляемой энергии (Китай, Индия). Данный процесс является взаимосвязанным результатом морального устаревания угольной генерации как вида деятельности и экономической нецелесообразности её применения.

Ряд других примеров перепрофилирования европейских объектов традиционной энергетики на производство экологически чистых видов топлива с использованием только возобновляемой энергии, создание производственных мировых технологических цепочек, использующих только «зеленую» энергию, говорят о том, что приверженцев идеи углеродно-нейтральной экономики становится все больше, в том числе в кругах, пропагандировавших долгое время необходимость сохранения традиционных видов энергии.

Отдельно стоит отметить, что крупнейшие мировые корпорации, связанные с ископаемыми ресурсами проинветировали существенные финансовые средства не только на освоение и развитие технологий ВИЭ, но и формирование кадровых ресурсов за счет специалистов отраслей традиционной энергетики.

Становление социально ответственных инвесторов, оценивающих перспективные инвестиции с точки зрения принципов ESG, дополнительно стимулируют национальные и международные компании соответствовать современным трендам создания экономики будущего как в отношении создания безуглеродной продукции, так и в социально- экономическом отношении к собственной кадровой политике, формируя программы

повышения внутренней клиентоориентированности, и в отношении к сторонним организациям (программы внешней клиентоориентированности). По сути, критерии ESG являются обязательными в оценке современной компании и показывают степень её эффективности в экологических, социальных и управленческих решениях, направленных на устойчивое развитие как самой компании, так и окружающей её экологической, социальной и экономической среды.

Таким образом, помимо активизации производственных цепочек генерирующего оборудования, институциональное обеспечение мер поддержки ВИЭ формирует синергетические эффекты своего развития путем создания новых секторов экономики, таких как сегменты хранения, накопления и распределения произведенной энергии. Потребность в локализованном оборудовании и соответствующей инфраструктуре генерирует новые рабочие места. Принципы социальной ответственности обеспечивают защищённость трудовых ресурсов традиционной энергетики. Возобновляемая энергетика, как самостоятельная отрасль экономики и энергетики, и связанные с ней сопряженные отрасли существенно повлияли на банковский сектор, который разработал принципиально новый набор финансовых стимулирующих инструментов, сгенерировав дополнительные возможности привлечения инвестиций. В сочетании с исходным посылом ВИЭ, как наиболее экологичного энергетического ресурса, делает эту группу значимым фактором позитивного влияния на триаду устойчивого развития (рост экономики, совершенствование социальной политики и улучшение экологической обстановки).

Тем не менее, создание класса просьюмеров, как отдельный результат применения ВИЭ, является наиболее недооцененным явлением. Технически, объём генерации в данном случае практически не ограничен и в качестве субъекта деятельности может выступать как отдельное домохозяйство или их группа (в виде местного сообщества), так и коммерческое предприятие. Но именно для индивидуального уровня возможность локального и

одновременно интегрированного в общую сеть производства энергии является новым и нетипичным источником положительного финансового потока по традиционно расходной статье затрат на энергию. В связи с этим, и при условии благоприятных нормативных условий микрогенерации, создаётся предпосылка не только к полной самоокупаемости конкретного объекта с точки зрения жилищно-коммунальных услуг, но и к росту финансового благосостояния его владельца в целом.

Главный недостаток прочих ВИЭ в виде нестабильности производства энергии в данном случае не имеет значения, поскольку: во-первых, домохозяйство остается подключенным к общей энергетической сети; во-вторых, использование возобновляемой энергии может быть сопряжено с СХЭ как на первоначальном этапе проекта, так и по мере его развития.

Стоит отметить, что именно такой элемент как аккумулятор, позволяет использовать электромобиль в период простоя в качестве особого типа СХЭ, что весьма целесообразно с точки зрения оптимизации затрат как на хранение энергии, так и утилизацию аккумулирующего оборудования на индивидуальном уровне.

Универсальность и масштабируемость, как основные конкурентные преимущества ВИЭ проецируются на заинтересованных лиц тем же образом, как и в случае с инвесторами среднего и крупного бизнеса, однако позволяют не только распределить во времени ключевые капитальные затраты и сами инвестиционные решения, но и экспериментировать с разным оборудованием на базе ВИЭ по мере осознания значимости данной деятельности как из соображений экономической выгоды, так и экологической пользы общемирового масштаба.

Таким образом, несмотря на прямую связь микрогенерации с вопросами энергетики, она стала технической базой для создания класса просьюмеров и, как следствие, фактором улучшения благосостояния населения, что в сочетании с процессами социального выравнивания, роста массового спроса на генерирующее оборудование и общего благоприятного

экологического эффекта имеет потенциал воздействия на триаду устойчивого развития сопоставимый с сектором ВИЭ настоящего времени в целом.

Тем не менее, вследствие роста масштабов использования возобновляемой энергии требуется все больше ресурсов для производства соответствующего оборудования. В данном отношении подразумеваются как энергетические ресурсы в целом, так и продукты первичной обработки ископаемых ресурсов, используемые в производственных цепочках.

Редкоземельные металлы, применяемые при производстве электрических аккумуляторов и востребованные в промышленности в целом (особенно кобальт и литий), наряду с высокими политическими и региональными рисками производства, создают предпосылки для гораздо более серьезных ресурсных ограничений, традиционно характерных для ископаемого топлива. В связи с этим потенциально ограничены рынки электрического транспорта и СХЭ, несмотря на интенсификацию инноваций в области альтернатив базовой литий-ионной технологий и стабильного удешевления аккумулирования электрической энергии последних лет, что, в свою очередь, накладывает ограничения на активное использование ВИЭ в целом в долгосрочной перспективе.

Помимо известной нестабильности генерации, наиболее характерной для ветровой и солнечной энергетики, риск чувствительных провалов в общем объеме выработки становится критичным для одного из наиболее освоенных видов ВИЭ – гидроэнергетики. Глобальное изменение климата привело к увеличению частоты и силы природных катаклизмов, которые помимо непосредственного риска разрушения объектов энергетики в целом, могут приводить к продолжительным засухам на примерах КНР, США и Бразилии. Учитывая почти израсходованный потенциал крупной гидроэнергетики в большинстве из стран, а также экологические риски увеличения емкости водохранилищ (одна из контрмер), это означает необходимость наращивания предложения энергии, которое, в свою очередь,

должно быть обеспечено за счет ВИЭ исходя из принятых энергетических стратегий указанных стран и принципов развития ВИЭ, раскрытых ранее.

По совокупности это дополнительно загружает производства и увеличивает спрос на энергию, приводящее к дальнейшему проявлению указанных ранее ресурсных ограничений. Кроме этого, обостряется проблема утилизации оборудования, которая в случае глубокой переработки материалов также отличается значительной энергоемкостью и только начинает (по отношению к развитию прочих технологий ВИЭ) аккумулировать инвестиции и инновации.

Таким образом, использование условно неисчерпаемого и повсеместного первичного источника энергии (определено ранее как конкурентное преимущество ВИЭ), обретает потенциальное ресурсное ограничение, которое выражается как в непосредственном использовании гидроэнергии, так и отдельных видах сырья, необходимого для производства соответствующего оборудования.

Безусловно, для устойчивости сектора ВИЭ в целом данный риск представляется не критичным даже на долгосрочном горизонте планирования, однако уже в настоящее время очевидна проблематика локализации отдельных производств оборудования ВИЭ и, как следствие, зависимости от глобальной политической, экономической и экологической обстановки.

Для большинства стран-лидеров развития ВИЭ исходным посылом послужила необходимость снижения зависимости от импорта углеводородных ресурсов, что по мере становления возобновляемой энергетики сохранило ключевую, но не единственную роль. По сути, аббревиатура ВИЭ вышла за пределы термина, означающего исключительно производство энергии и больше означает философию формирования углеродно-нейтральной экономики будущего, в ядре которой (исходя из текущих технологических возможностей и глобальных задач современности) находится принцип использования преимущественно возобновляемой

энергии в качестве надежного и доступного энергетического ресурса, обеспечивающего постепенное решение экологических и социально-экономических проблем.

Для применения лучших практик стимулирования активного использования возобновляемой энергетики для построения углеродно-нейтральной экономики будущего рассмотрены различные этапы государственного построения долговременных стратегий стран-лидеров, стимулирующих использование ВИЭ, начиная от постановки вопроса о целесообразности подобного энергетического перехода до его практического воплощения.

Рассмотренные практические подходы европейских нефтяных компаний по постепенному переходу от добычи невозобновляемых углеродных источников к производству чистой энергии на базе ВИЭ с нулевыми выбросами CO_2 становятся новой нормальностью.

Данный вопрос приобрёл первостепенное значение, поскольку в конце 2019 года ЕС разработал плановые показатели создания безуглеродной экономики к 2050 году, известную как Green Deal, которая закрепляет ключевые понятия минимизации выбросов CO_2 на основе активного применения ВИЭ, которые к 2030 году должны составить 55 процентов по отношению к 1999 году, что на 15 процентов выше рассматриваемых ранее показателей. Причем для этого достаточно достигнуть доли двух третей ВИЭ в мировом балансе мощностей электроэнергии, что вполне вероятно, как было доказано результатами проведенного исследования.

Кроме этого, запланированное применение углеродного налога на импорт в ЕС товаров, который может составить десятки миллиардов долларов в год от оборота ввозимых товаров, в том числе и сырьевого характера из Российской Федерации, потребует применения отечественными компаниями перехода на «зелёные» технологии, чтобы соответствовать требованиям ЕС в краткосрочной перспективе.

Отмечено, что документ Green Deal не планирует компенсаторных страновых положений по минимизации углеродных выбросов, кроме учета поглощаемости, так называемых, управляемых лесов и становится реальным стимулом для оценки последствий не только сокращения импорта традиционных видов энергии путем замещения их ВИЭ, но и экономических потерь для стран экспортеров оставшейся доли импорта из-за обложения дополнительным экологическим налогом.

Выявленное влияние ВИЭ на триаду устойчивого развития как комплекса технологических решений и мер обеспечения эффективного использования возобновляемой энергии в виде взаимосвязанных благоприятных экономических, социальных и экологических эффектов, которое потенциально ограниченно в части исходных ресурсов может быть использовано в Российской Федерации для: развития отечественной энергетики с учетом возможности экспансии в область энергоемких производств, а также переработки высвобождаемого углеводородного сырья с целью производства продуктов с высокой добавленной стоимостью; создания принципиально новых отраслей экономики и квалифицированных рабочих мест, повышения спроса на продукцию высокотехнологичных производств; формирования класса энергетических просьюмеров, обеспечивающего рост благосостояния среднего класса; снижения загрязнения окружающей среды и роста вовлеченности населения в решение глобальных экологических задач; привлечения социально-ответственных инвесторов, обусловленного соответствием разрабатываемых решений и механизмов критериям ESG.

Энергетическая самодостаточность Российской Федерации, подкрепленная инновационно-развитой атомной отраслью, традиционно обеспечивает безопасность внутреннего потребления энергии, что является причиной неприятия первичных общемировых предпосылок развития ВИЭ. За отсутствием экстренной необходимости 70-х в замещении традиционных источников энергии в силу рыночных факторов, не возникло и

институциональной базы для массового внедрения ВИЭ, что наравне с наибольшей территорией в мире и, как следствие, значительным потенциалом поглощающей способности эквивалента углекислого газа, обусловливает умеренное развитие возобновляемой энергетики.

Тем не менее, с учётом распространённости ключевых ВИЭ (солнечная, ветровая, малая гидроэнергия и геотермальная энергия) в каждом из регионов Российской Федерации присутствует достаточный потенциал для использования хотя бы одного из них.

Изученный мировой опыт стран-лидеров использования возобновляемых источников энергии на базе государственных стратегий регулирования баланса возобновляемой и невозобновляемой энергетики был использован для адаптации в отечественных условиях как для сохранения естественных конкурентных преимуществ Российской Федерации, так и для совершенствования развития национальной энергетики и формирования новых инновационных отраслей экономики.

Сформулированные автором принципы государственного регулирования баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии, учитывающие региональные и экономические особенности инновационного развития ВИЭ и изменения национальных ТЭБ, стимулируют рост экономической эффективности субъектов, вне зависимости от объёма потребления электроэнергии и соответствующие целям устойчивого развития на различных уровнях государственного регулирования: наднациональном, федеральном, региональном, индивидуальном использованы после соответствующей адаптации для разработки методологических рекомендаций его применения в отечественных условиях.

На основе выявленных необратимых тенденций как замещения устаревших мощностей традиционных источников энергии возобновляемыми, так и опережающих спрос объемов внедрения ВИЭ на примере ЕС, КНР, Индии, США и других стран подготовлены

методологические рекомендации по активизации ВИЭ в отечественных условиях.

Разработанные на основе мирового опыта и адаптированные к отечественным условиям эффективные инструменты стимулирования инноваций активного применения возобновляемой энергии, включая создание новых, сопряженных с ВИЭ отраслей экономики, среди них: доведение степени локализации производства генераторов возобновляемой энергии, а также систем хранения, накопления и перераспределения энергии до 100%; снятие безусловного ограничения в 15 кВт установленной мощности оборудования микрогенерации для создания дополнительных предпосылок самоокупаемости домашних хозяйств; установление тарифа на покупку электрической энергии, произведенной благодаря микрогенерации на уровне не ниже фактического тарифа продажи для конкретного потребителя; обеспечение возможности владельца двух и более объектов недвижимости для их энергоснабжения использовать единственное оборудование микрогенерации; формирование субсидий из федерального бюджета, компенсирующих до 50% стоимости монтажно-строительных работ по вводу в эксплуатацию генераторов ВИЭ; создание локальных сообществ с обеспечением стимулирующих банковских инструментов для активизации использования ВИЭ, систем хранения, накопления и распределения энергии для муниципальных нужд; использование методологии заключения контрактов жизненного цикла с учётом особенностей реализации проектов ВИЭ.

Ключевые положения выявленного опыта этапов стимулирования развития возобновляемой энергетики в мире, приемлемые для использования в отечественных условиях в виде разработанных мер инновационной поддержки видов ВИЭ в зависимости от их потенциала, свойственных конкретному региону, в том числе предоставление бесплатной эксплуатации малообеспеченным слоям населения для доступа к индивидуальным преимуществам ВИЭ в удаленных районах на определенный срок.

Рассмотренные примеры отрицательного (запаздывающего) государственного регулирования активного применения возобновляемой энергетики позволят избежать их повторения в отечественной практике, а исследованный опыт балансирования комплексного использования возобновляемой и невозобновляемой энергии ряда стран на энергетическом переходе к безуглеродной экономике также полезен к применению в отечественных условиях.

Выявленные в работе особенности развития и стимулирования возобновляемой энергетики, свойственные национальным экономикам стран-лидеров их применяющих, позволят не только адаптировать накопленный опыт в отечественных условиях, но и осознать, насколько ВИЭ соответствуют последующей (шестой) инновационной волне и востребованы своими уникальными преимуществами для достижения Целей эффективного развития национальных экономик.

Исследованные возможности применения накопленного мирового опыта в отечественных условиях, оценка потенциала возобновляемой энергии в Российской Федерации, целесообразность государственного регулирования баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии в национальной энергетике позволила сделать вывод, что Российская Федерация, обладая существенным потенциалом возобновляемой энергии, практически его не использует.

Для преодоления сложившегося положения в энергетической отрасли разработаны методологические рекомендации по выводу на инновационный уровень институциональной поддержки отрасли ВИЭ и сопряженных с ней отраслей экономики.

Предложенная система организационных и правоустанавливающих мер, разработанная на основе мирового опыта стимулирования применения ВИЭ позволит в рамках разработанных методологических рекомендаций активировать данное направление, фактически создавая новые отрасли отечественной экономики и энергетики.

Автором разработана структура концепции сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергетики в условиях перехода к низкоуглеродной экономике и методологические рекомендации по ее реализации, основанные на использовании процедур оценки регулирующих воздействий и включающие меры институциональной поддержки вывода возобновляемой энергетики и сопряженных с ней отраслей экономики на траекторию инновационного развития. В качестве несущей конструкции данной концепции могут рассматриваться: приоритетное развитие ВИЭ на основании социально-экономической значимости данного сектора энергетики для экономики и общества в целом; административный механизм целевого производства наиболее совершенного оборудования для нужд региональной возобновляемой энергетики и обеспечения функционирования сектора ВИЭ в целом с учетом существующего инструментария стимулирующих мер экономической политики и стратегических планов развития; базовая оценка целесообразности регионального развития ВИЭ на основании стоимости их использования для генерации электрической энергии на микроуровне; цикличный ввод мощностей возобновляемой энергетики при соблюдении предпосылок роста спроса на энергию, региональной целесообразности конкретных видов ВИЭ и планового выбытия мощностей на базе ТИЭ.

Выполнение Концепции сбалансированного развития возобновляемой и невозобновляемой энергии в условиях перехода к низкоуглеродной экономике приостановит практику замены рыночных цен на электроэнергию вводом регулируемого тарифа (что вносит искажение в рыночное ценообразование) и минимизирует дифференциацию тарифов в разных территориальных округах, что приведёт к выравниванию жизненного уровня населения в регионах.

Существенный потенциал финансового сбережения средств, которым обладает возобновляемая энергетика внесёт положительные тенденции стабилизации региональной экономики удаленных и труднодоступных

населённых пунктов и производств, не имеющих централизованного энергоснабжения. Порядка десяти миллионов человек в РФ вынуждены оплачивать доставку топлива для дизельных и иных генераций, получая дорогостоящую и не всегда круглосуточную электрическую энергию, к тому же зависимую от транспортных тарифов и графиков и условий своевременной доставки.

Несмотря на ряд принятых нормативных актов последнего десятилетия, обеспечивших создание первичной правовой базы для внедрения ВИЭ и закрепления их как перспективного сектора энергетики РФ, проведенное исследование выявило недостаточность создания институциональной поддержки активизации применения возобновляемой энергетики. Предлагаемые авторские методологические рекомендации выводу отрасли ВИЭ на инновационный уровень институциональной поддержки и сопряженных с ней отраслей экономики будут способствовать решению данной проблемы.

Современная мировая экономика, обеспечивает на базе активного использования возобновляемой энергетики переход к шестой инновационной волне, созданию безуглеродной экономики будущего. Применение предложенных авторских методологических рекомендаций, являющимися по сути инструментом обеспечения эволюционного отхода отечественной экономики от использования ископаемой энергетики, позволят сделать его безболезненным в отечественных условиях.

Активизация использования ВИЭ минимизирует влияние привозных/дальнепривозных ресурсов на стоимость и объёмы производимой/потребляемой энергии в удаленных регионах, а также снизит долю доминирующего энергетического источника, что положительно скажется в повышении надежности энергоснабжения в том числе и регионов, располагающей развитой инфраструктурой, имеющих недопустимо высокую долю одного ресурса.

Предложенные авторские рекомендации позволят не только активно использовать проверенный опыт стран, осуществивших и осуществляющих энергетический переход к экологически чистой экономике, но и найти особое место и роль нашей страны в этом долговременном процессе, решить ряд накопленных проблем, в том числе преодолев разрыв дифференциации региональных тарифов, достигшей двенадцатикратного значения, что будет способствовать выравниванию жизненного уровня в стране, появлению и укреплению нового класса энергетических собственников, качественному энергоснабжению энергоудаленных районов, существенному повышению конкурентоспособности региональных экономик, улучшению экологической обстановки.

Концепция регулирования баланса возобновляемой и невозобновляемой энергии обеспечит укрепление энергетической безопасности Российской Федерации и сохранение исторически сложившихся конкурентных преимуществ Российской Федерации в энергетической сфере, динамичное развитие её экспортного потенциала, оптимизацию региональных ТЭБов, децентрализацию энергоснабжения при сохранении целостности энергетической системы в целом, повышение её надежности и гибкости реагирования, преодоление ряда дисбалансов социально-экономического регионального развития, роста и укрепления среднего класса, существенного улучшения экологической ситуации, направленной в том числе на выполнение международных обязательств Российской Федерации.

Экономические и институциональные механизмы, обеспечивающие общемировое соотношение возобновляемой и невозобновляемой энергии с последней четверти прошлого века, трансформировались в пользу приоритетного развития ВИЭ как нового энергоэкономического явления, что обусловлено их ключевым преимуществом в виде возможности использования неисчерпаемого и локального первичного ресурса при соблюдении ключевых экологических принципов. Несмотря на сохраняющиеся элементы мер государственной поддержки, особенно

необходимые на индивидуальном уровне, макроэкономическая целесообразность развития возобновляемой энергетики, выходящая далеко за пределы сугубо энергетических задач, делает ВИЭ ядром углеродно-нейтральной экономики будущего.

Тем не менее, нейтральность как цель не означает отсутствие генерации на базе углеводородного сырья (в особенности природного газа), равно как и её достижение в общемировом масштабе ожидается на чрезвычайно долгосрочном горизонте планирования, что предоставляет для стран-экспортеров углеводородного сырья продолжительный, но не бесконечный срок адаптации к неизбежной реальности.

Россия обладает колоссальным запасом как энергетических ресурсов, так и естественным природным потенциалом для нормализации глобального климата, что определяет не только специфику восприятия предпосылок энергетического перехода, но и особую значимость в глобальных энергетических процессах. В связи с чем развитие ВИЭ как инновационного комплекса средств генерации, перераспределения и накопления возобновляемой энергии любого объёма, особенно на индивидуальном и близких к нему уровнях, включающего наиболее совершенные механизмы защиты инвестиций и стимулирования экономической активности, представляется инструментом сбалансированного развития секторов традиционной и возобновляемой энергетики и одним из эффективных способов достижения целей устойчивого развития как на региональном, так и на государственном уровнях.

Как сказал великий ученый Н.Тесла: «Наш мир погружен в огромный океан энергии, мы летим в бесконечном пространстве с непостижимой скоростью. Всё вокруг вращается, движется - всё энергия».

Перед нами грандиозная задача — найти способы добычи этой энергии. Тогда, извлекая её из этого неисчерпаемого источника, человечество будет продвигаться вперёд гигантскими шагами».

Литература.

Научные периодические издания

1. Аганбегян А.Г. Новая модель экономического роста России. // Управленческое консультирование. 2016, №1 - С. 31 - 46.
2. Арциховский А. В. Раскопки 1955 г. в Новгороде // Вопр. истории. 1956. № 3. - С.70 - 71.
3. Бердин В.Х., Кокорин А.О., Поташников В.Ю., Юлкин Г.М. Развитие ВИЭ в России: потенциал и практические шаги // Экономическая политика. 2020. Т. 15. № 2. - С. 106 – 135.
4. Беловежец Л. А., Волчатова И. В., Медведева С.А. Перспективные способы переработки вторичного лигноцеллюлезного сырья // Химия растительного сырья. 2010. № 2. - С.5 - 16.
5. Боровков В.М., Зысин Л.В., Сергеев В.В. Итоги и научно-технические проблемы использования растительной биомассы и органосодержащих отходов в энергетике // Изв. РАН. Энергетика. 2002. № 6. - С.13 - 23.
6. Булаткин Г.А. Оценка эффективности производства традиционных и возобновляемых источников // Вестник РАН. 2009.№ 7. - С.608 - 616.
7. Бучнев А.О. Аспекты государственного и локального стимулирования развития рынка хранения и эффективного использования возобновляемой энергии в условиях ресурсных ограничений // Государственная служба. 2019. № 4. – С.32 - 37.
8. Бучнев А.О. Возобновляемая энергия как инструмент выравнивания энерготарифов и ряд других сопутствующих возможностей. // Международный научный журнал. 2020. № 3. - С.42 – 48.
9. Бучнев А.О. Государственное регулирование и стимулирование развития возобновляемых источников энергии // Государственная служба. 2015. № 5. - С.88 - 90.
10. Бучнев А.О. Инновационная и инвестиционная активность в возобновляемой энергетике // Проблемы теории и практики управления. 2017. № 12. – С. 55 - 65.
11. Бучнев А.О. Институциональные условия становления инновационной возобновляемой энергетики // Международный технико-экономический журнал. 2017. № 12. – С.7 - 16.
12. Бучнев А.О. История газовой промышленности – история инноваций // Нефть, газ и бизнес. 2007. № 12. - С.67 - 70.

13. Бучнев А.О. Конкуренция альтернативной и традиционной энергетики: объективная реальность // Проблемы теории и практики управления. 2010. № 5. - С.18 - 24.
14. Бучнев А.О. Мировые тенденции управления соотношением возобновляемой и невозобновляемой энергии // Проблемы теории и практики управления. 2019. № 1. – С.38 – 45.
15. Бучнев А.О. Непрерывное образование – инвестиции в успех завтрашнего дня // Нефть, газ и бизнес. 2006. № 9. – С.67 - 69.
16. Бучнев А.О. Нетрадиционные источники энергии как составляющая новой энергетики // Интеграл. 2008. № 6. - С.30 - 33.
17. Бучнев А.О. Обзор газового рынка Австралии // Нефть, газ и бизнес. 2013. № 8. - С.18 - 24.
18. Бучнев А.О. Перспективы возобновляемой энергии в ключевых страновых стратегиях // Труды Вольного экономического общества. 2019. № 1 (215). – С.332 - 353.
19. Бучнев А.О. Стимулирование использования биомассы как универсального источника возобновляемой энергии на уровне государственных стратегий // Международный научный журнал. 2019. № 2. – С.43 - 49.
20. Бучнев А.О. Стимулирование рынка возобновляемой энергии в условиях ресурсных ограничений: поддержка среднего класса и решение государственных задач // Труды Вольного экономического общества. 2019. № 5 (219). – С.235 - 256.
21. Бучнев А.О. Целевое государственное регулирование соотношения возобновляемой и невозобновляемой энергии // Государственная служба. 2018. № 3. – С.35 - 43.
22. Бучнев А.О. Предпосылки формирования и характеристика совокупной многофакторной производительности как инструмента оценки эффективности ресурсоограниченных экономических систем / Бучнев А.О., Сериков П.Ю. // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2018. № 7. – С.338 – 351.
23. Бучнев А.О. Экономические аспекты использования возобновляемых источников энергии / Бучнев А.О., Сериков П.Ю. // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2016. № 3. – С.90 - 95.
24. Бучнев А.О. Политико-экономические стимулы развития возобновляемых источников энергии // Нефть, газ и бизнес. 2011. № 9. – С.3 - 8.

25. Бучнев А.О. Экологические особенности использования возобновляемой энергии в свете достижений Целей устойчивого развития // Государственная служба. 2021. № 4. – С.51 - 58.
26. Бучнев А.О. Приоритеты государственного регулирования энергетики в контексте построения углеродно-нейтральной экономики и достижения социально-экономических целей // Государственная служба. 2021. № 6. – С. 23 - 29.
27. Бучнев А.О. Государственное управление развитием возобновляемой и невозобновляемой энергетики // Международный научный журнал. № 2, 2022. – С.59 – 72.
28. Бучнев А.О. Создание класса энергетических просьюмеров как цель государственной политики в области регулирования возобновляемой энергетики // Государственная служба. 2022. № 2. – С. 38 - 45.
29. Варфоломеев С.Д., Моисеев И.И., Мясоедов Б.Ф. Энергоносители из возобновляемого сырья // Вестник РАН. 2009. т.79. № 7. - С.595 - 604.
30. Варфоломеев С.Д., Шевалеевский О.И. Возобновляемая энергия: фотоэлектричество и биотоплива - реалии сегодняшнего дня // Наука и технологии в промышленности. 2010. №2. - С.18 - 22.
31. Вукович Н.А., Мингалева Ж.А. Перспективы развития зеленой экономики в России // BENEFICIUM. 2020. № 1 (34). - С.39-45.
32. Догуаб А.А. «Зеленая сделка» - реальность, в которой надо жить // Энергетическая политика. 2020. №10 (152). – С.34 – 39.
33. Драбкин Л.М. Солнечные электростанции // СОЖ. 1999. № 4. - С.105 - 111.
34. Зоидов К.Х., Медков А.А. Перспективы декарбонизации мировой экономики в процессе формирования и эволюционного развития инновационно-индустриальных поясов торговых путей XXI века // Проблемы рыночной экономики. 2021. № 2. – С. 91-107.
35. Жариков М.В. Цена декарбонизации мировой экономики. // Экономика. Налоги. Право. 2021. № 14(4). - С.40 - 47.
36. Капица П.Л. Энергия и физика. Доклад на научной сессии, посвященной 250-летию Академии наук СССР // Вестник АН СССР. 1976. № 1. - С.34 - 43.
37. Каторгина Е. Новый манхэттенский проект // Эксперт. 2002. № 39. - С.55 - 57.
38. Киреева А. ВИЭ для удаленных территорий // Экология и право. 2014. № 2. - С.38 - 39.

39. Лещенко С.В. Основные факторы развития сектора возобновляемых источников энергии в ФРГ // Проблемы современной экономики. 2012. № 2. - С. 368 - 371.
40. Марголин А.М., Бучнев О.А. Правотворческая деятельность: оценка регулирующего воздействия // Проблемы теории и практики управления. 2014. № 1. - С.14 - 21.
41. Мау В. А. Экономическая политика 2016 года: успехи и риски // Вопросы экономики. 2016. № 2. - С.4 - 25.
42. Мау В.А. Национальные цели и модель экономического роста: новое в социально-экономической политике России в 2018 - 2019 гг // Вопросы экономики. 2019. № 3. - С.5 - 28.
43. Мау В.А. Экономика и политика 2019 - 2020 гг.: глобальные вызовы и национальные ответы // Вопросы экономики. 2020. №3. - с.5 - 27.
44. Миловидов К.Н. Либерализация рынка газа ЕС: как привлечь инвестиции // Мировая энергетика. 2005. № 7-8. - С.74-78.
45. Николаева Е.А. Лес рубят – рыбы летят // Рыбачьте с нами. 2009. № 6. - С.148 - 150.
46. Поваров О.А., Бритвин О.В., Никольский А.И., Томаров Г.В., Васильев Г.П. Использование тепла земли для локального теплоснабжения // Тяжелое машиностроение. 2002. № 8. - С.5 - 12.
47. Порфирьев Б. Н. «Зелёная» экономика: новые тенденции и направления развития мирового хозяйства / Б. Н. Порфирьев // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2012. Т. 10. - С.9 - 33.
48. Пусенкова Н.И. Политика декарбонизации европейских и американских нефтяных компаний // «Общество и экономика». 2021. № 5. - С.51 - 67.
49. Ремизова Т.С., Кошелев Д.Б. Влияние мировых тенденций на рынок электромобилей в России: проблемы, возможности и направления развития // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2021. Т.17. № 5(398). - С.913 - 939.
50. Стенников В., Пеньковский А. Рынок Тепла: Мировой опыт развития централизованного теплоснабжения // Энергетическая политика. 2021. № 10. - С.64 - 75.
51. Степанов И.А. Налоги в энергетике и их роль в сокращении выбросов парниковых газов // Экономический журнал ВШЭ. 2019.Т.23. № 2. - С.290 - 313.
52. Телегина Е.А. Энергетические рынки: неопределенность будущего мировой энергетики // Нефть, газ и бизнес. 2014. № 1. - С.3 -5.

53. Шклярук М. Возобновляемая энергетика: экономические инструменты поддержки и оценка их нормативно-правового закрепления // Ежегодный сборник статей ЭНЕРПО. 2018. – С.93 – 146.
54. Aftalion A. The Theory of Economic Cycles Based on the Capitalistic Technique of ProductionThe Review of Economics and Statistics Vol. 9, No. 4 (Oct., 1927). The MIT Press., pp. 165-170.
55. Arent D. J., Wise A., Gelman R. The status and prospects of renewable energy for combating global warming // Energy Economics, Volume 33, Issue 4, July 2011. - P.584 - 593.
56. Char N.L., Csik B.J. Nuclear power development: history and outlook. IAEA Bulletin (1987). - P.19 – 25.
57. Deng Y., Blok K., van der Leun K. Transition to a fully sustainable global energy system // Energy Strategy Reviews, Volume 1, Issue 2, September 2012. - P.109 – 121.
58. Gardner E.S., McKenzie Ed. Forecasting Trend in Times Series // Management Science. 1985. Vol.31. №10. - P.1237 - 1246.
59. Greene K. Technological Innovation and Economic Progress in the Ancient World: M.I. Finley Re-Considered. The Economic History Review, New Series, Vol. 53, No. 1. (Feb., 2000). - P.29-59.
60. Holm-Nielsen J.B., Al Seadi T., Oleskowicz-Popiel P. The future of anaerobic digestion and biogas utilisation, Bioresour Technol 100, 2009, / OECD Workshop: Livestock Waste Treatment Systems of the Future: A Challenge to Environmental Quality, Food Safety, and Sustainability. - P. 5478 - 5484.
61. Jacobson M.Z., Delucchi M. A. How to get all energy from wind, water and solar power by 2030. // Scientific American. November 2009. – P.58 - 65.
62. Kahn R. F. The Relation of Home Investment to Unemployment, The Economic Journal, Vol. 41, No. 162 (Jun., 1931). Oxford University Press. - P. 173-198.
63. Maraseni T.N., Maroulis J. Piggery: from environmental pollution to a climate change solution, J Environ Sci Health, Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes 43, 2008. - P.358 - 363.
64. Margolin A. M. Long-term liabilities. How to determine the effectiveness of the contracts lifecycle. Information and analytical publication Bulletin operational data Moscow trading, 1, 2014. - P.48-51.
65. Mensch G. Basisinnovationen und Verbesserungsinnovationen. Zeitschrift für Betriebswirtschaft 42, 1972. - S.291 – 297.
66. Müller C. Die Energie politik zwischen Wettbe werbs fhigkeit, Versorgungssicherheit und Nachhaltigkeit // Vierteljahrsheftezur Wirtschaftsforschung. Duncker&Humblot. Berlin 2007. - S.5 - 16.

67. Nuclear? Nein, danke // Economist. 2011. June. - P.38 - 39.
68. Roberson S. Ensuring America's Energy Security // International Organization 2003. № 5. - P.221-256.
69. Samuelson P. Alvin Hansen as a Creative Economic Theorist // Quaterly Journal of Economics, Oxford University Press. 1976. vol. 90, issue 1. - P.24-31.
70. Schumpeter J. A. Businesscycles. A theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process. Vol. 1. N. Y.— L., 1939. - P.130-135.
71. Teruel M. G. Apuntes de Economía Ecológica // Boletin economic de ice № 2767 del 28 de abril al 4 de mayo de 2003. - P.78 - 88.
72. Tugcu C., Ozturk I., Alper A. Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth relationship revisited: Evidence from G7 countries. Energy Economics, Volume 34, Issue 6, November 2012. – P.1942 - 1950.
73. Winzer Christian. Conceptualizing energy security. Energy Policy. 46 (2012). - P. 36 – 48.
74. Zimmermann Jörg-Rainer. Hindernisseaufdem Wegins Zeitalter der Erneuerbaren. Internationale Politik. 9, 2011. – P.60 - 61.

Монографии.

75. Азиатские энергетические сценарии 2030 / под ред. С. В. Жукова. Москва : Магистр, 2012. - 336 с.
76. Алексеев Г.Н. Энергоэнтропика / Г. Н. Алексеев. - Москва : Знание, 1983. - 192 с.
77. Ансофф И. Новая корпоративная стратегия [Текст] / Игорь Ансофф при содействии Эдвада Дж. Макдоннела ; [пер. с англ. С.Жильцов]. – Москва [и др.] : Питер, 1999. - 413 с.
78. Атлас ветров России = Russian Wind Atlas / А.Н.Старков, Л.Ландберг, П.П.Безруких, М.М.Борисенко. – Москва : М-во топлива и энергетики России, [и др.], 2000. - 551 с.
79. Ахмедов Р.Б. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / Р.Б. Ахмедов, А.Д. Передрий. – Москва : О-во «Знание» РСФСР, 1988. – 44 с.
80. Байков Н.М. Прогноз развития отраслей в мире и по основным регионам до 2030 г. / Н.М. Байков, Р.Н. Гринкевич. – Москва : ИМЭМО РАН, 2009.– 82 с.

81. Безруков Ю.Ф. Океанология. Часть II. Динамические явления и процессы в океане / Ю.Ф. Безруков. - Симферополь: Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, 2006. – 123 с.
82. Бердин В.Х., Кокорин А.О., Юлкин Г.М., Юлкин М.А. Возобновляемые источники энергии в изолированных населенных пунктах Российской Арктики. – Москва : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2017. – 80 с.
83. Брагинский О.Б. Нефтегазовый комплекс мира. Москва : «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2006. - 640 с.
84. Бучнев А.О. Тенденции развития возобновляемых источников энергии. Москва : Антарес, 2012.- 56 с.
85. Бучнев А.О. Инновационное развитие возобновляемой энергетики как основного компонента экономики будущего. Москва : Антарес, 2016. – 192 с.
86. Бучнев А.О. Перспективы и преимущества инновационного развития возобновляемой энергетики как элемента парадигмы новой экономики. Москва : Антарес, 2020. – 304 с.
87. Бучнев А.О. Аспекты развития возобновляемой и невозобновляемой энергетики в контексте построения углеродно-нейтральной экономики. Москва : Грифон, 2022. – 499 с.
88. Ветроэнергетика. Под ред. Д. де Рензо: Пер. с англ.; под ред. Я. И. Шефтера. — Москва : Энергоатомиздат, 1982. - 272 с.
89. Герасимчук И. В. Государственная поддержка добычи нефти и газа в России: какой ценой? Исследование Всемирного фонда дикой природы (WWF) и Глобальной инициативы по субсидиям Международного института устойчивого развития (IISD). Москва — Женева : WWF России и IISD, 2012. -106 с.
90. Грилихес В.А. Солнечная энергия и космические полеты / Грилихес В.А., Орлов П.П., Ионов Л.Б. Отв.ред. С.В.Тимашев – Москва : Наука, 1984. - 215 с.
91. Гринспен А. Эпоха потрясений. Проблемы и перспективы мировой финансовой системы / Алан Гринспен; пер. с англ. [Т.Гутман, В. Ионов, С. Сурин]. - 3-е изд. – Москва : Юнайтед Пресс, 2010. – 517 с.
92. Десять книг об архитектуре / Витрувий ; Пер. Ф. А. Петровского. - Москва : Изд-во Всес. акад. архитектуры, (Классики теории архитектуры/ Под общ. ред. А. Г. Габричевского). 1936. - 331 с.
93. Долгий путь к IRENA. От идеи до учреждения Международного агентства по возобновляемой энергии. Сборник документов 1990-2009

гг. / Под ред. WCRE, EUROSOLAR. Перевод с англ. – Москва : Издательство «Журнал «Экология и жизнь», 2010 г. - 152 с.
94. Дураева Е., Селлерс Р. Возобновляемая энергия в России. От возможности к реальности ; [пер. с англ. В. Мазин]. ОЭСР/МЭА, 2004. - 120 с.
95. Инновационная экономика. Под ред. А. А. Дынкина и Н. И. Ивановой ; Рос. акад. наук, Ин-т мировой экономики и междунар. отношений (ИМЭМО). - [2-е изд., испр. и доп.]. Москва : Наука, 2004. -352 с.
96. Жизнин С.З. Энергетическая дипломатия России = Energy Diplomacy of Russia: экономика, политика, практика / Станислав Жизнин; Союз нефтегазопромышленников России, центр энергет. дипломатии и геополитики. –Москва : Ист Брук, 2005. – 637 с.
97. Кара-Мурза С.Г. Идеология и мать её наука / С. Кара – Мурза. Москва : «Алгоритм», 2002 г. - 253 с.
98. Кейнс Дж. М. Избранные произведения : Пер. с англ. / Дж. М. Кейнс; [Предисл., с. 5-24, сост. А. Г. Худокормова; Имен. указ., коммент. Ю. Н. Калашнова]. - Москва : Экономика, 1993. – 540 с.
99. Колодин М.В. Ветер и ветротехника / Под ред. И. С. Астаповича ; Акад. наук Туркм. ССР. Ин-т физики и географии. - Ашхабад: Изд-во Акад. наук Туркм. ССР, 1957. - 140 с.
100. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения: Избранные труды / Н.Д.Кондратьев; Международный фонд Н.Д.Кондратьева и др.; Ред. колл.: Абалкин Л.И. (пред.) и др.; сост. Яковец Ю.В. – Москва : ЗАО «Издательство «Экономика», 2002. - 767 с.
101. Кондратьев Н.Д. Проблемы экономической динамики / Н.Д. Кондратьев; [Редкол.: Л.И. Абалкин (отв.ред. и др.; Ин-т экономики АН СССР, Отд-ние экономики АН СССР] Москва : 1989. – 523 с.
102. Конфедератов И. Я. История теплоэнергетики. Начальный период (17-18 вв.) – Москва : Госэнергоиздат, 1954.— 296 с.
103. Коротаев А.В. Законы истории. Вековые циклы и тысячелетние тренды. Демография, экономика, войны / А.В. Коротаев, Н.Л. Комарова, Д.А. Халтурина; Российский гос. гуманитарный ун-т, Ин-т востоковедения. - 2 -е изд. испр. и доп.- Москва: URSS, 2007. - 255 с.
104. Крейдер А.А. Американская буржуазия и "новый курс", 1933-1940 / А. А. Кредер. - Саратов : Изд-во Саратовского ун-та, 1988. – 198 с.
105. Ламбен Ж.Ж. Менеджмент, ориентированный на рынок : Стратег. и операц. маркетинг / Жан-Жак Ламбен ; [Перев. с англ. С.Жильцова]. – Москва [и др.] : Питер, 2004. – 796 с.

106. Леонтьев В. В. Межотраслевая экономика / Василий Леонтьев; [Науч. ред. и авт. предисл. А.Г. Гранберг]. – Москва : Экономика, 1997. – 477 с.
107. Макаров А.А. Мировая энергетика и Евразийское энергетическое пространство / А.А.Макаров; Ин-т энерг. исслед. РАН. – Москва : Энергоатомиздат, 1998. – 279 с.
108. Мандил К. Руководство по энергетической статистике / OECD, Международное энергетическое агентство, Eurostat. - Paris : ОЭСР / МЭА, 2007. - 192 с
109. Маркс К. «Капитал». 1 т., Москва : Госполитиздат, 1949. - 900 с.
110. Маркс К. Капитал. Том II. Книга II: Процесс обращения капитала // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 24. 2-е изд. Москва : Государственное издательство политической литературы, 1961. – 648 с.
111. Международный финансовый центр в России : экономические проблемы и юридические решения / [С. Е. Нарышкин и др] ; под ред. С. Е. Нарышкина В. А. Мау, Т. Я. Хабриевой ; Ин-т законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации. - Москва: Изд. дом "Дело" РАНХиГС, 2011. – 343 с.
112. Мельников Р.М. Эконометрика. – Москва : Проспект, 2014. – 288 с.
113. Мировой кризис и глобальные перспективы энергетических рынков: материалы совместного заседания ученых советов института мировой экономики и международных отношений РАН и фонда «Ин-т энергетики и финансов», [22 мая 2009 г.] / Учреждение Российской акад. наук, Ин-т мировой экономики и международных отношений ран, фонд «Ин-т энергетики и финансов»; [сост. и науч. ред. С.В.Чебанов]. – Москва : ИМЭМО РАН, 2009. - 150 с.
114. Мичурин И.В. Итоги шестидесятилетних работ 1855 - 1935, изд. 5 - е, ОГИЗ СЕЛЬХОЗГИЗ, 1949 г. – 672 с.
115. Налоговое стимулирование инновационных процессов / отв. ред. Н.И. Иванова. – Москва : ИМЭМО РАН. 2009. - 160 с.
116. Норт Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики / Пер. с англ. А.Н. Нестеренко; предисл. и науч. ред. Б.З. Мильнера. — Москва : Фонд экономической книги «Начала», 1997. - 180 с.
117. Новиков А.С. Философия научного поиска / А.С. Новиков. – Москва : «URSS», 2009. – 330 с.
118. Пискулова Н.А., Костюнина Г.М., Абрамова А.В. Климатическая политика основных торговых партнеров России и ее влияние на экспорт ряда российских регионов – Москва : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2013. – 223 с.

119. Письмо Энгельса Марксу 19.12.1882 г. / Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 35. 2-е изд. Москва : Издательство политической литературы., 1964. – 525 с.
120. Подолинский С.А. Труд человека и его отношение к распределению энергии. /Предисловие П.Г. Кузнецова. – Москва : Ноосфера, 1991. – 160 с.
121. Полинг Л. Вся жизнь в борьбе за мир: диалог / Лайнус Полинг, Дайсаку Икеда; [пер. с англ. Ю.М. Кацура]. Москва : Изд-во Моск. ун-та, 2004. - 143 с.
122. Рифкин Дж. Третья промышленная революция: как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом. / Джерими Рифкин: Пер. с англ. – Москва : Альпина, 2014. - 410 с.
123. Рогалев Н.Д., Бучнев О.А. Топливно-энергетический комплекс: проблемы развития и организации инновационной деятельности. Москва : Издательский дом МЭИ, 2008. - 36 с.
124. Российская промышленная политика и проблемы индустриализма / ред. И.О. Шурчков И.О., Пискунов Д.И.; сост. Кара-Мурза С.Г. Гос. ком. РФ по промышленной политике, Аналитич. центр по науч. и промышленной политике Миннауки РФ, Госкомпрома РФ и РАН. – Москва : АО "ИКК РИА", 1994. – 243 с.
125. Рыбаков Б. А. Ремесло древней Руси / Б. А. Рыбаков ; ответственный редактор академик Б. Д. Греков ; Академия наук СССР. - Москва: 2-я тип. Изд-ва Акад. наук СССР, 1948. - 792 с
126. Рынок энергетических ресурсов Китая: интересы и возможности России / Российская акад. наук, Ин-т Дальнего Востока РАН; [сост. ВВ. Жигулева; отв. ред. А.В. Островский]. Москва: ИДВ РАН, 2011. - 256 с.
127. Самуэльсон П. Экономика: Перевод / П.Самуэльсон. – Москва : МГП «Алгон», 1992. – 331 с.
128. Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайделл, А. Уэйр; Перевод с англ. [и предисл.] В. А. Коробкова. - Москва : Энергоатомиздат, 1990. – 390 с.
129. Твисс Б. Прогнозирование для технологов и инженеров = Forecasting for technologists fnd engineers: Практич. рук. Для принятия решений / Брайен Твисс. – Н.Новгород: Парсек-НН, 2000. – 255 с.
130. Тофлер Э. Третья волна / Элвин Тоффлер ; [пер. с англ. К. Ю. Бурмистрова и др.]. - Москва : АСТ : АСТ Москва, cop. 2009 (Архангельск : ИПП Правда Севера). - 795 с
131. Уайт Л. Теория эволюции в культурной антропологии // Уайт Л. Избранное: Эволюция культуры. — М.: РОССПЭН, 2004. – 1064 с.

132. Урланис Б.Ц. Рост населения в Европе : (Опыт исчисления). - Москва : Госполитиздат, 1941. - 436 с.
133. Филиппова Л.А. Из истории новгородских мельниц XVI-XVII вв. Новгородский исторический сборник. СПб. 1997. вып. 6 (16). – 239 с.
134. Хакинг Я. Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. Пер. с англ. / Перевод С. Кузнецова, Науч. ред. Маичур Е.А. Москва : «Логос», 1998 г. - 296 с.
135. Хансен Э. Экономические циклы и национальный доход / Перевод с англ. Э. Г. Лейкина, Л. Я. Розовского ; Вступ. статья Л. Б. Альтера, [с. 5-43] ; Ред. Ю. Я. Ольсевич. - Москва : Изд-во иностр. лит., 1959. - 760 с.
136. Ходжсон Д. Экономическая теория и институты : Манифест современной институциональной экономической теории / Джеффри Ходжонсон ; Пер. с англ. М.Я. Каджана ; Акад. нар. Хоз-ва при Правительстве Рос. Федерации. – Москва : Дело, 2003. – 464 с.
137. Храмов Ю.А. Физики: Биографический справочник / Под ред. А. И. Ахиезера: 2-е изд., испр. и доп.—Москва : Наука, 1983. - 320 с.
138. Чирков Ю.Г. Занимательно об энергетике. — Москва : Молодая гвардия, 1981. – 207 с.
139. Чугаев Л.А. Дмитрий Иванович Менделеев : Жизнь и деятельность / Проф. Л. А. Чугаев. - Ленинград : Науч. хим.-техн. изд-во, 1924. - 58 с.
140. Шваб Кл. Четвертая промышленная революция / К.Шваб: Пер. с англ. – Москва : Изд-во «Эксмо», 2016. - 140 с.
141. Шкрадюк И.Э. Тенденции развития возобновляемых источников энергии в России и мире. 2010. Москва, WWF России. – 88 с.
142. Шнайдер А. История и перспективы роста использования возобновляемых источников энергии в Германии: результаты и проблемы / Семинар для специалистов восточной Европы по вопросам политики и тарифов для альтернативных видов энергии. Минск, 2009. – 90 с.
143. Энергетические субсидии в современном мире. Страны «Группы двадцати»/ Под ред. Л. М. Григорьева, А. А. Курдина. — Москва : ООО «Асмин Принт», 2014. - 400 с.
144. Экономика и энергетика регионов Российской Федерации / А.М.Мастепанов, В.В.Саенко, В.А.Рыльский, Ю.К.Шафраник. – Москва : Экономика, 2001. – 474 с.
145. Allen R. G. D. Mathematical Economics. Second edition. London : Macmillan ; New York : St. Martin's Press, 1966. – 840 p.
146. Bazan L., Navas-Aleman L. The Underground Revolution in the Sinos Valley: a Comparison of Upgrading in Global and National Value Chains / Huber

Schmitz: local Enterprises in the Global Economy. Edward Elgar Publishing Ltd. 2004. – 390 p.
147. Clark J.M. The Economics of Planning Public Works. – Washington, DC : U.S. Government Printing Office, 1935. – 194 p.
148. Crump T. A Brief History of the Age of Steam: From the First Engine to the Boats and Railways. 2007. - 320 p.
149. Gereffi G., Korzeniewicz M.(eds.) Commodity Chains and Global Capitalism. Westport, CT: Greenwood Press, 1994. - 352 p.
150. Gnesotto N., Grevi G. The new global puzzle: What world for the EU in 2025? EU Institute for Security Studies. Paris, 2006. – 254 p.
151. Grundlagen der Energiepolitik / Ред. D. Reiche. – Frankfurt am Main : Peter Lang, 2005. – 330 s.
152. Harrod R. The Trade Cycle: An Essay. Oxford : The Clarendon Press. 1936. - 234 p.
153. Heinberg R. Power Down: Options And Actions For A Post-Carbon World. CLAIRVIEW BOOKS, 2004. – 209 p.
154. Hicks J. Essays in World Economics. Oxford : The Clarendon Press. 1959. – 274 p.
155. Hyndman R.J., Koehler A.B., Ond J.K., Snuder R.D. Forecasting with Exponental Smoothing: The State Space Aproach. Springer – Verlag Berlin Heidelberg. 2008. - 360 p.
156. Lyons P. K. EU Energy Policies towards the 21st Century. A Business Intelligence Report. June.1998. EC INFORM. United Kingdom - 375 p.
157. Martinez Alier J., Schlupmann K. La ecologia y la economia. Fondo de CulturaEconomicaC. Textos de economia, Ciudad de Mexico (Mexico). 1991. – 367 p.
158. Righter R.W. Wind Energy in America: A History. University of Oklahoma Press. 1996. - 361 p.
159. Scheer H. A Solar Manifesto. Second Edition. Earthscan/James & James, 2005. - 258 p.
160. Schwanhold E., Kummer B. Nachhaltige Energiepolitik. Heraus for derungen der Zukunft. Bad Honnef. 2006. – 335 s.
161. Yergin D.H. The Prize The Epic Quest for Oil, Money & Power.Simon & Schuster, New York, 1991. - 945 p.

Материалы конференций и других научных и аналитических изданий

162. Бучнев А.О. Особенности управления сектором биоэнергетики как универсального возобновляемого источника. Международная

практическая конференция «Современный мегаполис: формирование зеленой экономики». Москва, 2019. – С.108 - 116.
163. Бучнев А.О. Взаимозависимость возобновляемой энергии с инновационными сегментами экономики: проявление новых функций. Международная практическая конференция «Современный мегаполис: формирование зеленой экономики». Москва, 2020. – С. 98 - 105.
164. Бучнев А.О. Стратегия вывода на энергетические рынки альтернативных источников энергии. Москва : РАГС, 2010. – 38 с.
165. Бучнев А.О. Обзор стратегий вывода на энергетические рынки альтернативных источников энергии. Москва : Нефть и газ, 2011. – 36 с.
166. Бучнев А.О. Инновационное развитие возобновляемой энергетики. Москва : РАНХиГС, 2016. – 24 с.
167. Егоров И. Современное состояние развития биогазовой энергетики в России. Эколого – правовой мониторинг. Выпуск 2. Возобновляемые источники энергии. РНЭИ, Берлин, 2013. - 33 с.
168. Зарицкий Б.Е., Экономика ФРГ: учеб. пособие. Москва : Магистр, 2009. – 351 с.
169. Преобразование солнечной энергии: [сб. ст.] / Академия наук СССР. Секция химико-технологических и биологических наук. Научный совет по комплексной проблеме "Изыскания новых путей использования солнечной энергии". отв. ред. Семенов Н.Н., Шилов А.Е. Москва : Наука, 1985. – 183 с.
170. Четвертый двухгодичный доклад, представленный в соответствии с решением 1/CP.16 Конференции Сторон Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. Мин-во природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. 2019. – 54 с.
171. Энергетика мира. Переводы докладов X Мировой энергетической конференции / общ. ред. К. Д. Лаврененко. Москва : Энергоатомиздат, 1979. – 208 с.
172. Энергетика мира: переводы докладов XII конгресса МИРЭК [Дели, 1983] / под ред. П.С. Непорожнего, В.И. Попкова. – Москва : Энергоатомиздат, 1985. – 231 с.
173. Энергетика мира: Переводы докладов XIII конгресса МИРЭК [Канны, 18 сент. -10 окт.1986] / под ред.: Б. П. Лебедева, П. М. Матко, Москва : Энергоатомиздат, 1989. - 431 с.
174. Analyse und Bewertung der Wirkungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) aus gesamtwirtschaftlicher Sicht. Kapitel 5. Analyse und Bewertung

des EEG im Vergleich zu anderen Instrumenten zur Förderung Erneuerbarer Energien im Strommarkt. Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit / Koordination: Jochen Diekmann (DIW Berlin) — Berlin, Stuttgart, Saarbrucken, 2008.
175. An energy policy for Europe. Communication from the Commission to the European Council and the European Parliament. COM (2007) 1 final of 10.01.2007, SEC (2007), - 27 p.
176. Chatfield C. and Yar M. Holt-Winters Forecasting: Some Practical Issues. Journal of the Royal Statistical Society. Series D. 1988. Vol. 37. No. 2. - 12 p.
177. CCICED 2011 Annual General Meeting report. China Council for International Cooperation on Environment and Development, November 2011. – 196 p.
178. China's Policies and Actions for Addressing Climate Change. Information Office of the State Council. The People's Republic of China. Beijing, November 2011. – 55 p.
179. Clean Energy Trends 2010. Portland: Clean Edge, Inc., April 2010.– 21 p.
180. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Rio+20: towards the green economy and better governance. Brussels, COM (2011) 363 final. - 13 p.
181. DECC Public Attitudes Tracker – Wave 10. Department of Energy & Climate Change. Summary of key findings. London. 2014. August. – 7 p.
182. Directive 96/92/EC of the European Parliament and of the Council of 19 December 1996 concerning common rules for the internal market in electricity, OJ L 27, 30.01.1997, Official Journal L 027, 30/01/1997. - P. 0020 – 0029.
183. Electricity Directive 2009/72/EC, Gas Directive 2009/73/EC. - 18 p.
184. Electricity information 2011 IEA statistics 2011, 75739 Paris Cedex 15, France. - 878 p.
185. Energy Bulletin. 2012. № 4. – 7 p.
186. Energy Policy for Europe (EPE). European Council Action Plan (2007–2009). Presidency Conclusions. 7224/1/07 REV 1 16–2007. 8/9 March. Brussels. Annex I.- 26 p.
187. Erneur bare Energien. Bundes ministerium fur Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2014. - 94 s.
188. EU renewable energy targets in 2020: Revised analysis of scenarios for transport fuels Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014. - 94 p.

189. Holm-Nielsen J.B. Biogas plants in Denmark 2009 and forward: new tendencies and projects in the pipeline, IEA Bioenergy Task 37 workshop on energy from biogas and landfill gas. 2009. – 19 p.
190. IEA Special report «Are we entering a golden age of gas». World Energy Outlook, 2011. - 48 p.
191. Key World Energy Statistics 2020, International Energy Agency. 2020. – 80 p.
192. Lazard's levelised cost of energy analysis - version 9.0, Lazard 2015. - 21 p.
193. Lazard's Levelized Cost of Storage Analysis – version 13.0, Lazard 2019. – 20 p.
194. Lessons from Liberalised Electricity Markets. IEA, 2005. 75739 Paris Cedex 15, France. - 224 p.
195. Leeper E. Monetary Science, Fiscal Alchemy / Eric M. Leeper. NBER WORKING PAPER SERIES. 16510. NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH, Cambridge, october 2010. – 63 p.
196. Numerical methods and optimization in finance. Academik Press. 2012. - 318 p.
197. OECD/IEA. International Energy Agency: WEO 2011, 75739 Paris Cedex 15, France. – 665 p.
198. Renewable energy sources in figures, status 2009. - Berlin, Germany: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 2009. - 80 p.
199. Renewables information 2012, IEA 2012. 75739. Paris Cedex 15, France. – 497 p.
200. Report of the United Nations Conference on New and Renewable Sources of Energy: (Nairobi, 10 to 21 August 1981). New York: United Nations, 1981.- 126 p.
201. Schaller M. Subventionierung von erneuerbarer Energie: eine industrieökonomische Analyse des strategischen Wettbewerbs in der Erneuerbaren-Energieindustrie bei unterschiedlichen staatlichen Regulierungen. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Wirtschaftswissenschaften an der Fakultät für Wirtschaft — und Sozialwissenschaften der Universität Heidelberg, 2006.
202. Schwarz H.-G., Dees P., Lang C., Meier S. Quotenmodelle zur Forderung von Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien: Theorie und Implikationen. IWE Working Paper Nr. 01–2008. Erlangen, Februar 2008.
203. The long road to IRENA. From the idea to the Foundation of the International Renewable Energy Agency. Ponte Press Verlags-GmbH, 2009. – 142 p.

204. Technical assessment of nuclear energy with respect to the ‘do no significant harm’ criteria of Regulation (EU) 2020/852 (‘Taxonomy Regulation’). European Commission Joint Research Centre, Petten, 2021. – 375 p.
205. U.S. Energy Storage Monitor: Q3 2019, Wood Mackenzie Power&Renewables/ESA U.S. 2019. - 177 p.
206. United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations. 1992. – 24 p.
207. Weiland P. Impact of competition claims for food and energy on German biogas production, IEA Bioenergy Seminar, Ludlow, UK, 2008. - 19 p.
208. World Energy Outlook, Executive Summary, 2012 IEA 75739. Paris Cedex 15, France. – 12 p.

Федеральные и иные правоустанавливающие документы

209. Постановление Правительства РФ от 30.06.2004 г. № 329 "О Министерстве финансов Российской Федерации".
210. Постановление Правительства РФ от 05.06.2008 г. № 438 "О Министерстве промышленности и торговли Российской Федерации".
211. Постановление Правительства РФ от 05.06.2008 г. № 437 "О Министерстве экономического развития Российской Федерации".
212. Постановление Правительства РФ от 12.06.2008 г. № 450 (ред. от 25.01.2022) "О Министерстве сельского хозяйства Российской Федерации".
213. Постановление Правительства РФ от 20.02.2010 № 67, в ред. Постановлений Правительства РФ от 15.07.2013 N 593, от 26.01.2019 № 45.
214. Постановление Правительства Российской Федерации от 07.12.2015 № 1339 Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Энергоэффективность и развитие энергетики".
215. Постановление Правительства РФ от 15.06.2018 г. № 682 "Об утверждении Положения о Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации".
216. Постановление Правительства Российской Федерации от 02.03.2021 № 299 "О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации в части определения особенностей правового регулирования отношений по функционированию объектов микрогенерации"

217. Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2022 год и на плановый период 2023 и 2024 годов. Министерство экономического развития Российской Федерации, 2021. - 98 с.
218. Распоряжение Правительства РФ от 28.05.2013 № 861-р «Собрание законодательства Российской Федерации», 10.06.2013, № 23, ст. 2931.
219. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р.
220. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».
221. Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2019 г. № 216 «Об утверждении Доктрины энергетической безопасности Российской Федерации».
222. Указ Президента Российской федерации от 21.07.2020 года № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».
223. Указ Президента Российской федерации от 02.07.2021 года № 400 «О Стратегии национальной безопасности».
224. Федеральный закон от 21 апреля 2011 г. № 79 ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд".
225. Федеральный закон от 28.12.2019 № 471-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации».
226. Федеральный закон Российской Федерации от 5 апреля 2013 г. № 44-ФЗ "О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд" (статья 34, п. 16).

Интернет-ресурсы

227. Алжир собирается построить 4 ГВт солнечных электростанций до 2024 года. URL: http://www.premier-ministre.gov.dz/fr/premier-ministre/activites com- 20-05-2020-fr.html (дата обращения: 04.07.2020).
228. Атом, солнце или ветер: ученые выяснили, что экологичнее. URL: https://www.gazeta.ru/science/2020/10/13_a_13318051.shtml?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop&nw=1602617489000 (дата обращения: 22.09.20).

229. Безруких П.П. Аналитический доклад "Нетрадиционные возобновляемые источники энергии" // Экологические системы. 2003. № 5. URL: http://www.renewables.ru /pdf_doc/29.htm (дата обращения 13.09.2011).
230. Безруких П.П. Безруких П.П. (мл.). Состояние и перспективы использования возобновляемых источников энергии в мире // СОК. 2014. №8. URL: http://www.c-o-k.ru/articles/sostoyanie-i-perspektivy-ispol-zovaniya-vozobnovlyaemyh-istochnikov-energii-v-mire (дата обращения 20.01.2015).
231. Билл Гейтс жертвует $ 2 млрд. на исследования возобновляемых источников энергии. URL: http://www.city-n.ru/view/368350.html.11.2015 (дата обращения 18.01.2016).
232. Бучнев А.О. Новые сегменты экономики, сопряженные с возобновляемой энергетикой // Электронный журнал Вестник Московского Международного университета. 2018. № 1. URL: https://vestnik-mmu. ru/journal/article/php?id=2140
233. В Британии электроэнергия от ветряков впервые стала дешевле атомной. URL: https://ru.espreso.tv/news/2017/09/12/v_brytanyy_elektroenergyya ot_vetrykov_vpervye_stala_deshevle_atomnoy (дата обращения 21.02.2018).
234. В Великобритании цена на энергию ветра упала на 32%. URL: http://agrostory.com/energy/in-the-uk-the-price-of-wind-energy-fell-by-32 (дата обращения 14.02.2018).
235. В Германии построили первую в мире безопасную ГЭС под рекой. URL: https://aussiedlerbote.de/2020/07/zabota-o-prirode-v-germanii-postroili-bezopasnuyu-ges-pod-rekoj (дата обращения: 01.09.20).
236. В Евросоюзе ВИЭ впервые опередили ископаемое топливо в генерации электроэнергии. URL: https://renen.ru/vie-vpervye-operedili-iskopaemoe-toplivo-v-generatsii-elektroenergii-v-es (дата обращения: 20.08.20).
237. В Новой Зеландии построен первый рабочий прототип системы беспроводной передачи электроэнергии на большие расстояния. URL: http://xn--80apbncz.xn--p1ai/nauka/54325 (дата обращения: 15.08.20).
238. В Португалии установлен «мировой рекорд» в стоимости солнечной энергии – 11,14 евро за МВт·ч. URL: https://renen.ru/v-portugalii-ustanovlen-mirovoj-rekord-v-solnechnoj-energetike-11-14-evro-za-mvt-ch (дата обращения: 01.10.20).
239. В ЮАР введена в эксплуатацию крупнейшая на континенте СЭС. URL: http://www.energy-fresh.ru/solarenergy/solarbattery/?id=9935 (дата обращения 12.01.2016).

240. Ведомости. 06.02.2018 г. URL: https://www.vedomosti.ru/business/ articles /2018 /02/06 /750039-siemens-besperspektivnoi-evrope (дата обращения: 07.02.2018).
241. ВИЭ 100% - новая модель глобальной энергосистемы. URL: http://renen.ru/100-res-a-new-model-of-the-global-energy-system. (дата обращения: 07.02.2018).
242. Владимир Путин: альтернативная энергетика нуждается в целенаправленном развитии. URL: http://novostienergetiki.ru/vladimir-putin-alternativnaya-energetika-nuzhdaetsya-v-celenapravlennom-razvitii (дата обращения 03.10.2015).
243. Возобновляемая энергия и ресурсы. URL: http://renewnews.ru/south-africa (дата обращения: 28.10.2020).
244. Bnef: тенденции развития аккумуляторов. URL: http://renewnews.ru/bnef-tendentsii-razvitiya-rynka-akkumulyatornyh-batarej (дата обращения 03.03.2020).
245. Газовый рынок Европы. URL: http://www.ng.ru/energy/2011-09-13/13_europe_ market.html (дата обращения 13.09.2011).
246. Германия. 74% энергии из ВИЭ. URL: http://www.vestifinance.ru /articles /42870 (дата обращения 22.12.2015).
247. Германская Flex operation адаптирует биогазовую установку для нужд фермеров. URL: http://energyland.info/news-show-tek-alternate-200908 (дата обращения: 30.07.20).
248. Германское затмение. URL: http://expert.ru/expert/2012/16/germanskoe-zatmenie (дата обращения 11.05.2013).
249. Глобальная энергетика и Большая восьмерка. URL: http://www.ereport.ru/articles/ecunions/g8.htm (дата обращения 10.09.2011).
250. Государственный комитет Республики Башкортостан по тарифам. URL: https://tariff.bashkortostan.ru (дата обращения 10.05.2016).
251. Джанелидзе П. Правовые и нормативные рамки для развития ВИЭ: мировой и региональный опыт. URL: http://led-ca.net/assets/files/AnnexIV-Res-Bish.pdf (дата обращения 15.09.2015).
252. Доклад Института Фраунхофера. URL: http://ca-news.org/news:1145865/ (дата обращения 22.12.2015).
253. Доля ВИЭ в выработке электроэнергии в ЕС достигнет 60% к 2030 году. URL: https://energy.hse.ru/Wiie (дата обращения: 21.09.20).
254. Доля ВИЭ в электроэнергетике ФРГ составила свыше 50 процентов. URL:https://eenergy.media/2020/04/02/dolya-vie-v-potreblenii-

elektroenergii-germanii-vpervye-prevysila-50-za-kvartal (дата обращения 23.09.2020).
255. Европе предстоит утилизировать 14 тысяч лопастей ВЭУ. URL: https://rawi.ru /2020/06/evrope-predstoit-utilizirovat-14-tyisyach-lopastey-veu (дата обращения: 10.07.20).
256. Европейский парламент отклонил предложение Еврокомиссии изменить порядок торговли выбросами CO2. URL: http://www.azovpromstal.com /news/one/id/1548 (дата обращения 21.11.2014).
257. Евростат. URL: https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitModified Query.do (дата обращения 20.11.2020).
258. За три года установленная мощность ветроэнергетики в России достигла 641 МВт. URL: http://www.energyland.info/news-show-tek-alternate-200477 (дата обращения: 21.08.2020).
259. Израильские ученые нашли способ получать энергию из растений. URL: https://eenergy.media/2020/06/15/izrailskie-uchenye-nashli-sposob-poluchat-energiyu-iz-rastenij (дата обращения: 20.09.2020).
260. История атомной промышленности России. URL: https://rosatom.ru/about-nuclear-industry/history (дата обращения: 01.11.2021).
261. Инвестиции в возобновляемые источники энергии достигли рекорда. URL: https://lenta.ru/news/2016/01/14/investment (дата обращения 14.01.2016).
262. Информационный центр гидроэнергетики. URL: http://www.hydromuseum.ru/history-of-hydropower/ancient-ages/ Vodyanoe_koleso (Дата обращения 03.04.2019).
263. К 2030 объемы выработки энергии морского ветра вырастут в 8 раз. URL: https://hightech.plus/2020/08/06/k-2030-obemi-virabotki-energii-morskogo-vetra-virastut-v-8-raz (дата обращения:14.10.2020).
264. Как Бразилия создавала новое автомобильное топливо. URL: http://www.russobras.com/economy.php (дата обращения 10.08.2012).
265. Кара-Мурза С.Г. Научная картина мира, экономика и экология. URL: http://www.hrono.ru/libris/lib_k/ecec7.html (дата обращения 03.02.2015).
266. Китай ввёл в эксплуатацию новую ГЭС мощностью более 10 гигаватт. URL: https://elektrovesti.net/71801_kitay-vvel-v-ekspluatatsiyu-novuyu-ges-moshchnostyu-bolee-10-gigavatt (дата обращения: 25.08.20).
267. Китай готов к активному развитию возобновляемой энергетики к 2020 году. URL: http://russian.news.cn/2016-12/20/c_135919285.htm (дата обращения 12.02.2018).

268. Китай намерен сократить чрезмерное производство солнечных панелей. URL: https://gisprofi.com/gd/documents/kitaj-nameren-ostanovit-chrezmernoe-proizvodstvo solnechnyh-panelej.html (дата обращения: 21.10.20).
269. Компания Iron and Earth планирует открыть краткосрочные курсы для подготовки специалистов в области возобновляемых источников энергии. URL: https://arwe-expo.ru/news/the-company-is-iron-and-earth-is-planning-to-open-short-term-courses-for-training-specialists-in-the.html (дата обращения 25.02.2018).
270. Конференция ООН по проблемам климата в Париже. URL: http://ria.ru/trend/paris_climat_conference_un_28112015 (дата обращения: 10.04.2016).
271. Лукойл нарастит выработку зеленой энергии после модернизации ГЭС. URL: https://lenta.ru/news/2020/10/12/lukoil/?utm_ source= yxnews&utm_ medium=desktop&nw=1602618064000 (дата обращения: 14.10.20).
272. Лукойл увеличит выработку зеленой энергии. URL: https://rueconomics. ru/471305-lukoil-uvelichit-vyrabotku-zelenoi-energii?utm _source=yxnews &utm_medium=desktop&nw =1602618064000 (дата обращения: 14.10.20).
273. Минэнерго признало альтернативную энергетику неактуальной. 2015. URL: http: izvestia.ru/news/594810 (дата обращения 20.02.2016).
274. Министерство энергетики РФ. URL: https://minenergo.gov.ru (дата обращения 01.12.2020).
275. Новое обязательство Total: «чистые нулевые выбросы» углерода к 2050 году. URL: https://renen.ru/novoe-obyazatelstvo-total-chistye-nulevye-vybrosy-ugleroda-k-2050-godu (дата обращения: 30.10.2020).
276. Новые ветряные турбины Haliade-X мощностью 13 МВт будут установлены в крупнейшем морском ветропарке. URL: https://renen.ru/ vetryanye-turbiny-moshhnostyu-13-mvt-budut-ustanovleny-v-krupnejshem - morskom-vetroparke (дата обращения: 14.09.2020).
277. Новый материал позволит преобразовывать в тепло 90% получаемой солнечной энергии. URL: http://neftegaz.ru/news/view/132145 (дата обращения: 22.02.2016).
278. НП - СР. URL: https://www.np-sr.ru/ru/market/cominfo/foreign/index.htm (дата обращения: 30.10.2020).
279. Общемировая установленная мощность генерирующих объектов на основе ВИЭ в 2020 году достигнет 2625 ГВ. URL: https://in-power.ru/news/alternativnayaenergetika /obshchemirovaya-ustanovlennaya - moshchnost-generir.html (дата обращения: 15.07.19).

280. ООН: возобновляемые источники могут давать до 80% энергии к 2050 году. URL: http://www.dfacto.ru/presscenter/news/novosti_it_tehnologij /oon_ vozobnovlyaemye_istochniki_mogut_davat_do_80_energii (дата: обращения 10.11.2015).
281. Отчет по возобновляемым источникам энергии 2015. URL: http://www.iea.org/newsroomandevents/pressreleases/2015/october/ renewables-to-lead-world-power-market-growth-to-2020.html (дата обращения: 18.01.2016).
282. Оффшорная ветроэнергетика в Европы переживает бурный рост. URL: http://re-energynews.com/reenergynews/wind.htm (дата обращения: 21.09.2015).
283. Офшорная ветроэнергетика к 2030 году прибавит 200 ГВт. URL: https://gwec.net/ gwec-offshore-wind-will-surge-to-over-234-gw-by-2030-led-by-asia-pacific (дата обращения: 14.10.2020).
284. Партия зеленых: рынок альтернативной энергетики привлек Европу. URL: https://iz.ru/1072641/valerii-voronov/partiia-zelenykh-rynok-alternativnoi-energetiki-rf-privlek -evropu (дата обращения: 21.08.2020).
285. Первая международная энергетическая конференция в Лондоне. URL: http://neftianka.ru/1924-god-pervaya-mezhdunarodnaya-energeticheskaya-konferenciya-v-londone-kak-eto-bylo (дата обращения 15.01.2019).
286. Плавающие солнечные электростанции. URL: http://renewnews.ru/plavuchie-solnechnoenergeticheskie-proekty-stremitelno-rasprostranyayutsya-po-miru (дата обращения: 26.03.2020).
287. Пленарное заседание Петербургского международного экономического форума. URL: http://kremlin.ru/events/president/news/65746 (дата обращения: 10.08.2021).
288. Подобрать луч: в РФ могут появиться субсидии на солнечные батареи для граждан. URL: https://iz.ru/1238221/valerii-voronov/podobrat-luch-v-rf-mogut-poiavitsia-subsidii-na-solnechnye-batarei-dlia-grazhdan (дата обращения: 10.02.2022).
289. Подъём солнечной энергетики в ЮАР. URL: http://utmagazine.ru/posts/12669-podem-solnechnoy-energetiki-v-yuar/ (дата обращения: 11.01.2016).
290. Политика Китая в области развития ВИЭ. URL: http://gisee.ru/articles/foreign_politics/27656 (дата обращения 12.05.2014).
291. Правительство отменяет налог «на солнце» и принимает срочные меры по снижению цен на электричество. URL: https://espanarusa.com /ru/news/article/642544 (дата обращения: 18.08. 2019).

292. Приказ Росстата №555 от 10.09.2021 года «Об утверждении основных методологических и организационных положений федерального статистического наблюдения за затратами на производство и продажу продукции (товаров, работ и услуг) для разработки базовых таблиц «затраты - выпуск» за 2021 год». URL: https://rosstat.gov.ru/zatr-vp (дата обращения: 20.09.2021).
293. Прорыв в солнечной энергетике: в Германии разработаны панели с КПД 33%. URL: https://hightech.plus/2020/08/26/proriv-v-solnechnoi-energetike-razrabotani-paneli-s-kpd-33 (дата обращения 15.10.2020).
294. Развитие низкоуглеродной и энергоэффективной экономики. Возможности адаптации мирового опыта при реализации Федерального закона «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности. – Москва, WWF России, 2010 г. – 48 с.
295. Региональная служба по тарифам Республики Калмыкия. URL: http://www.tarif.kalmregion.ru (дата обращения: 21.09.2016).
296. Региональная энергетическая комиссия Рязанской области. URL: http://www.rek.ryazangov.ru (дата обращения: 21.09.2016).
297. Резолюция № 33/148 Генеральной Ассамблеи ООН от 20 декабря 1978 года. URL: http://daccess-dds-ny.un.org/doc/RESOLUTION/GEN/NR0/365 /80/IMG /NR036580. pdf (дата обращения 03.03.2015).
298. Резолюция A/RES/38/151 Генеральной Ассамблеи ООН от 19 декабря 1983 года. URL: http://www.un.org/ru/ga/38/docs/38res.shtml (дата обращения 15.01.2015).
299. Республиканская служба по тарифам Республики Дагестан. URL: http://www.rstrd.ru (дата обращения: 21.09.2016).
300. Речь Президента В.В. Путина на 70-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН. 2015. URL: http://www.kremlin.ru/events/president/news/50385 (дата обращения: 20.02.2016).
301. Русская дача: запрос на новый уровень комфорта. URL: https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/russkaya-dacha-zapros-na-novyj-uroven-komforta (дата обращения: 30.10.2021).
302. Рынок возобновляемой энергетики США: будущее отрасли. URL: https://investfuture.ru/articles/id/rynok-vozobnovlyaemoy-energetiki-ssha-budushchee-otrasli (дата обращения: 01.11.2020).
303. Рынок обеспечит спрос. URL: https://rg.ru/2019/10/01/podderzhku-alternativnoj-generacii-planiruetsia-prodlit-do-2035-goda.html (дата обращения: 01.10.2019).

304. Системный оператор единой энергетической системы России. URL: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/ups-review/2022/ ups_review_0122.pdf (дата обращения: 01.02.2022).
305. Служба по тарифам Иркутской области. URL: http://www.irkobl.ru/sites/sti (дата обращения: 21.09.2016).
306. Снизилась себестоимость энергии ветра. URL: http://www.ekopower.ru /snizilas-sebestoimost-energii-vet (дата обращения: 18.01.2014).
307. Солнце обгоняет ветер. URL: https://eenergy.media/2020/09/10/solntse-obgonyaet -veter-v-energetike (дата обращения: 14.10.2020).
308. СПГ достиг 10% в европейском импорте газа. URL: http://www.cdu.ru/catalog/mintop/infograf/012014 (дата обращения: 15.07.2014).
309. Спирт вместо бензина: бразильский эксперимент. URL: http://cbio.ru/page/44/id/3249 (дата обращения: 10.08.2012).
310. Статистические данные Международного Энергетического Агентства. URL: http://www.iea.org/ stats/index.asp (дата обращения: 8.09.2012).
311. Статистический ежегодник мировой энергетики. URL: https://yearbook.enerdata.ru/total-energy/world-consumption-statistics.html (дата обращения: 10.10.2020).
312. Стоимость производства электромобилей к 2024 году сравняется с классическими машинами. URL: https://speedme.ru/posts/id-32670-3uqses9 tspzof9dghf4k (дата обращения: 30.10.2020).
313. Структура финансирования по видам ВИЭ в мире. URL: http://www1.eere.energy.gov/ maps_data/ docs/eere_databook.xls (дата обращения: 22.01.2016).
314. Тоганова Н.В. Энергетика - важная, но почему-то забытая тема даже на финише предвыборной кампании в ФРГ. Сайт ИМЭМО, 10.09. 2013. URL: http://www.imemo.ru/index.php?page_id=502&id=698&printmode (дата обращения: 15.08.2014).
315. Управление государственного регулирования цен и тарифов Амурской области. URL: http://www.tarifamur.ru (дата обращения: 21.09.2016).
316. Управление по регулированию тарифов Пензенской области. URL: http://tarif.pnzreg.ru (дата обращения: 21.09.2016).
317. Управление по регулированию тарифов Тамбовской области. URL: http://www.kt.tambov.gov.ru (дата обращения: 21.09.2016).
318. Управление по тарифному регулированию Мурманской области. URL: http://utr.gov-murman.ru (дата обращения: 21.09.2016).

319. Ученые создали устройство, генерирующее энергию благодаря тени. URL: https://naked-science.ru/article/physics/seg-generator (дата обращения: 04.09.2020).
320. Федун назвал неизбежным снижение экспорта нефти и газа в Европу. URL: https://www.rbc.ru/business/24/11/2020/5fbc9cc79a7947e5a2c89fb2 (дата обращения: 24.11.20).
321. Фонд Рокфеллеров перестает инвестировать в углеводороды. РИА Новости. URL: http://ria.ru/economy/20160324/1395852329.html#ixzz43nVE4GiW (дата обращения 05.04.2016).
322. Форбс. URL: https://www.forbes.ru/biznes/358811-budushchee-chernogo-zolota-pochemu-rano-stavit-krest-na-neftyanoy-promyshlennosti (дата обращения: 30.11.2018).
323. Фортов В. Е., Попель О. С. Состояние развития возобновляемых источников энергии в мире и в России. URL: http://www.reenfor.org/upload/ files/77f24b05ec0fe4d2d44dbb6e666f1c7f.pdf (дата обращения: 14.11.2015).
324. Шейндлин А.Е. Размышления о некоторых проблемах энергетики. URL: http://www.nkj.ru /archive/articles (дата обращения: 08.11.2012).
325. Шомин А.А. Биоэнергетика. Состояние и перспективы. URL: http://www.diagram. com.ua /list/ alter-energy/alter-energy196.shtml (дата обращения: 15.07.2018).
326. Шредер: Германия нуждается в российском газе. «Бильдамзонтаг». URL: itar-tass.com (дата обращения: 21.02.2015).
327. ЮАР больше не планирует новые АЭС. URL: https://www.energovector.com /strategy-yuar-bolshe-ne-planiruet-novye-aes.html (дата обращения: 05.11.2020).
328. ЮАР построит 22,6 ГВт ветровой и солнечной генерации к 2030 году. URL: https://in-power.ru/news/alternativnayaenergetika/26523-yuar-postroit-22-6-gvt-vetrovoi-i-solnechnoi-generacii-k-2030-godu.html (дата обращения: 01.11.2020).
329. Япония планирует построить 10 ГВт офшорных ветровых электростанций к 2030 году. URL: https://renen.ru/yaponiya-planiruet-postroit-10-gvt-ofshornyh-vetrovyh-elektrostantsij-k-2030-godu (дата обращения: 14.10.2020).
330. A Better, Safer Battery Could Be Coming to a Laptop Near You. URL: https://www.nytimes.com /2017/08/01/technology/alkaline-batteries-replace-lithium-ion.html (дата обращения: 30.11.2019).
331. A Decade renewable energy investment led solar, tops usd 25 trillion. URL: https://www.unenvironment.org/news-and-stories/press-release/decade-

renewable-energy-investment-led-solar-tops-usd-25-trillion (дата обращения: 20.05.20).
332. A world powered by the wind, water, and sun is not only possible – it's already happening. URL: http://thesolutionsproject.org (дата обращения: 07.02.2018).
333. Almost a third of consumers own some form of a distributed energy resource. URL: https://www.solarpowerworldonline.com/2017/11/almost-third-consumers-reported-form-distributed-energy-resources (дата обращения: 03.03.2018).
334. Archimedes Weapon // Time Magazine. November 26, 1973. URL: http://content.time.com/time/magazine/article/0,9171,908175,00.html?promoid=googlep (Дата обращения: 05.04.2019).
335. Arstechnica. URL: https://arstechnica.com/science/2021/02/texas-power-grid-crumples-under-the-cold (дата обращения: 12.04.2021).
336. Ban on new petrol and diesel cars in UK from 2030 under PM's green plan. URL: https://www.bbc.com/news/science-environment-54981425 (дата обращения: 30.10.2020).
337. Betaenergy. URL: https://www.betaenergy.ru (дата обращения: 30.10.2020).
338. Bioenergy Efforts Empower German Villages. Households, Smaller Investors Band Together to Challenge Big Utilities. The Wall Street Journal. URL: http://www.wsj.com/articles/SB (дата обращения: 25.11.2015).
339. Bissell C.C. History of Automatic Control. URL: http://siamun.weebly.com/uploads/4/1/7/3/4173241/history_of_automatic_control.pdf (Дата обращения 07.04.2019).
340. Bloomberg. URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-02-15/winter-s-fury-unleashes-brutal-cold-over-u-s-with-more-to-come (дата обращения: 12.04.2021).
341. Bloomberg New Energy Finance. URL: https://about.newenergyfinance.com (дата обращения: 21.02.2018).
342. BNEF. URL: http://www.bloomberg.com (дата обращения: 12.01.2018).
343. BCG заявила, что поглощающая способность лесов РФ недооценена. URL: https://www.interfax.ru/russia/803654 (дата обращения: 20.11.2021)
344. BP инвестирует $200 млн в солнечную энергетику. URL: https://www.vedomosti.ru/business/articles/2017/12/15/745502-bp-investiruet-200-mln (дата обращения :25.02.2018).
345. Buck T. Spain positions itself as alternative to Russian energy supply. 04.2014. URL: http://www.ft.com (дата обращения: 15.09.2014).

346. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, BMEL. URL: https://www.bmel.de (дата обращения: 28.07.2018).
347. COP26: India PM Narendra Modi pledges net zero by 2070. URL: https://www.bbc.com/news/world-asia-india-59125143 (дата обращения: 07.11.2021).
348. China toughens subsidy program for new energy vehicle companies. URL: https://uk.reuters.com/article/us-china-autos-electric/china-toughens-subsidy-program-for-new-energy-vehicle-companies-idUKKCN1R80NV (дата обращения: 30.10.2020)
349. Ciel & Terre starts construction on the world's largest floating PV plant. URL: https://www.pv-magazine.com/2017/06/27/ciel-terre-starts-construction-on-the-worlds-largest-floating-pv-plant (дата обращения: 14.02.2018).
350. Combustion engine car sales to hit peak demand in 2018. URL: https://www.ft.com/content/62506c24-0aae-11e9-9fe8-acdb36967cfc (дата обращения: 30.10.2020).
351. Constable J. Renewables Won't Keep the Lights On. URL: http://www. standpointmag.co.uk/node/3639/full (дата обращения: 21.05. 2017).
352. Droughts shrink hydropower, pose risk to global push to clean energy. URL: https://www.reuters.com/business/sustainable-business/inconvenient-truth-droughts-shrink-hydropower-pose-risk-global-push-clean-energy-2021-08-13 (дата обращения 15.11.2021)
353. Eightminute Solar Energy обеспечит солнечной энергией 20 млн человек. URL: https://www.8minute.com/2020/04/8minute-solar-energy-expands-development-pipeline-to-18-gigawatts-with-new-solar-plus-storage-power-plants (дата обращения: 01.09.2020).
354. Electric cars 'as cheap to manufacture' as regular models by 2024. URL: https://www.theguardian.com/environment/2020/oct/21/electric-cars-as-cheap-to-manufacture-as-regular-models-by-2024 (дата обращения: 30.10.2020)
355. Electric Vehicles to Accelerate to 54% of New Car Sales by 2040. URL: https://about. bnef. com/blog/electric-vehicles-accelerate-54-new-car-sales-2040 (дата обращения: 15.09.2019).
356. ENAP объявляет о запуске новой ветряной электростанции мощностью 10 МВт в Антарктиде. URL: https://www.hydrogenfuelnews.com/enap-announces-new-10mw-wind-farm-to-start-in-antarctica/8540270/ (дата обращения: 30.09.20)
357. Enel Green Power starts construction at 201 MW Kolskaya wind farm, largest renewable project beyond the Arctic Circle. URL: https://www.enelgreenpower.com/media/press/2019/09/enel-green-power-

starts-construction-at-kolskaya-wind-farm-largest-renewable-project (дата обращения: 02.05.2020).
358. Energy & Environmental Science. URL: https://www.rsc.org/journals-books-databases/about-journals/energy-environmental-science (дата обращения: 21.06.2020).
359. Energy Charter. URL: http://www.encharter.org (дата обращения: 15.04.2012).
360. Energy Efficiency & Renewable Energy Databook 2009, US Departament of energy. URL: http://www1.eere.energy.gov/maps_data/docs/eere_ databook. xls (дата обращения 18.11.2013).
361. Energy Information Administration (EIA). URL: https://www.eia.gov (дата обращения: 10.01.2019).
362. Energy Storage for Renewables Integration – Navigant Research, 4Q 2017. URL: https://www.utilitydive.com/news/navigant-energy-storage-for-renewables-integration-to-reach-23b-by-2026/513846 (дата обращения: 30.10.2019).
363. Energy Storage Market To See Explosive Growth This Decade. URL: https://oilprice.com/Energy/Energy-General/Energy-Storage-Market-To-See-Explosive-Growth-This-Decade.html (дата обращения: 01.11.20).
364. Energy transition. URL: http://energytransition.de/2012/09/ii-title-chap1-2 (дата обращения: 23.03.2015).
365. EU Taxonomy Regulation. URL: https://www.ey.com/en_lu/wealth-asset-management/luxembourg-market-pulse/eu-taxonomy-regulation:text=On 202220June%202020,was%20published%20on%20the%20Official (дата обращения: 12.03.2021).
366. European power exchange. URL: http://www.epexspot.com (дата обращения: 15.02.2012).
367. Foederal erneuerba. URL: http://www.foederal-erneuerbar.de (дата обращения 05.11.2020).
368. Forbes. «Чистая» энергетика Китая стала мощнее всей российской электроэнергетики. URL: http://www.forbes.ru/biznes/352569-sila-vetra-i-solnca-chistaya-energetika-kitaya-stala-moshchnee-vsey-rossiyskoy (дата обращения: 21.03.2018).
369. Frankfurt School-UNEP Centre / BNEF. 2014. Global Trends in Renewable Energy Investment.2014. URL: http://www.fs-unep-centre.org (дата обращения: 18.05.2015)
370. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. URL: ise.fraunhofer.de (дата обращения: 25.03.20)

371. Gargantuan offshore wind turbine crushes record for most energy produced in 24 hours MHI. URL: https://www.digitaltrends.com/cool-tech/denmark-wind-turbine-breaks-records/? utm _source= feedly&utm_medium=webfeeds (дата обращения: 12.01.2018).
372. Gipe P. Germany passes more aggressive renewable energy law. URL: www.renewablenergyworld.com.rea/news/print/atricle/2011//07/25.shtml (дата обращения: 25.07.2011).
373. Global Fossil Fuel Subsidies Remain Large: An Update Based on Country-Level Estimates. URL: https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2019/05/02/Global-Fossil-Fuel-Subsidies-Remain-Large-An-Update-Based-on-Country-Level-Estimates-46509 (дата обращения: 21.02.2020).
374. Global Storage Market to Double Six Times by 2030. URL: https://about.bnef.com/blog/global-storage-market-double-six-times-2030 (дата обращения: 14.02.2018).
375. Global Wind Energy Council. URL: http://www.gwec.net/ (дата обращения: 18.12.2015).
376. Global yearbook. URL: https://yearbook.enerdata.ru/renewables/renewable-in-electricity-production (дата обращения: 20.10.2020).
377. Gwynty Mor. URL: http://www.rwe.com/web/cms/en/1202906/rwe-innogy/sites/wind-offshore/in-operation/gwynt-y-mr/ (дата обращения: 21.01.2016).
378. Hnutí DUHA. URL: https://hnutiduha.cz (дата обращения: 18.08. 2019).
379. Honda ditches diesel and phases out pure petrol models three years early. URL: https://www.thetimes.co.uk/article/honda-ditches-diesel-and-phases-out-pure-petrol-models-three-years-early-mtpfstnzp (дата обращения: 30.10.2020).
380. How much electricity does an American home use? URL: https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=97&t=3 (дата обращения: 15.11.2021).
381. How will ESG performance shape your future? URL: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/assurance/assurance-pdfs/ey-global-institutional-investor-survey-2020.pdf (дата обращения: 27.01.2022).
382. Hydrogenases for biological hydrogen production. URL: https://www.researchgate.net/publication/50850298_Hydrogenases_for_biological_hydrogen_production (дата обращения: 04.09.2020).
383. IEA. URL: http://www.iea.org/newsroomandevents/pressreleases/2015/october/renewables-to-lead-world-power-market-growth-to-2020.html (дата обращения: 15.01.2016).

384. IEO 2019, Eeseaec. URL: http://www.eeseaec.org/energetika-stran-mira/energetika-stran-mira-azia-i-okeania/energeticeskij-profil-kitaa (дата обращения: 25.08.20).
385. In 2001 EUROSOLAR and the WCRE hosted the International Impulse Conference. URL: http://www.eurosolar.de/en/index.php/irena-mainmenu-103 (дата обращения: 05.03.2015).
386. Intel является лидером в пятерке крупнейших потребителей зеленой энергии в США. URL: http://aenergy.ru/4114 (дата обращения: 15.02.2016).
387. International Conference for Renewable Energies Bonn. 2004. URL: http://www.ren21.net/REN21Activities/IRECs/Renewables2004.aspx (дата обращения: 10.03.2015).
388. International Energy Outlook 2019. URL: http: //www.eia.gov/outlooks/ieo /pdf /ieo 2019.pdf (дата обращения: 25.10.2020).
389. IRENA has 140 Members and 32 States have started the formal process of becoming Members. URL: http //www.irena.org /Menu/Index.aspx (дата обращения: 10.02.2015).
390. IRENA was established on 26 January 2009 in Bonn/Germany. URL: http://www.eurosolar.de (дата обращения: 10.02.2015).
391. IRENA. URL: http://www.irena.org/publications/2017/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2017. (дата обращения: 10.11.2017).
392. Keppler J.H. International Relations and Security of Energy Supply: Risks to Continuity and Geopolitical Risks. University of Paris-Dauphine. URL: http://www. ifri.org/frontDispatcher/ifri/publications/ ouvrages_ 103193 0151985/publi_P_energie_jhk_securityofsupplyeuparlt_1174559165992S (дата обращения: 21.03.2016).
393. Key World Energy Statistics. Publication of International Energy Agency. 2011. URL: http://www. iea.org/publications/freepublications/publication/name, 31287, en. html (дата обращения: 18.04.2014).
394. LAWI Engineering. URL: https://www.lawipower.com (дата обращения: 22.07.2018).
395. Lewis F. L. History of feedback control. URL: http://userspages.uob.edu.bh/ebrgallaf / history_of_feedback_control.pdf (Дата обращения: 05.04.2019).
396. Lux Research. Owning the Energy Transition. URL: http://www.luxresearchinc.com (дата обращения: 21.01.2019).
397. Martinot E., L. Junfeng L. Renewable Energy Policy Update for China. URL: http://www.renewableenergyworld.com/articles/print/volume-13/issue-4/solar-energy/renewable-energy-policy-update-for-china.html/ (дата обращения: 07.07.2013).

398. MHI демонстрирует беспроводную передачу энергии. URL: https://www.powermag.com/mhi-demonstrates-wireless-power-transmission (дата обращения: 04.09.2020).
399. Microsoft announces it will be carbon negative by 2030. URL: https://news.microsoft.com/2020/01/16/microsoft-announces-it-will-be-carbon-negative-by-2030 (дата обращения: 03.01. 2022).
400. Murray J. UK's Energy Secretary Promises Green Policies Will Boost GDP. URL: www.greenbiz.com/news/2011/06/30/uks-energy-secretarypromises-green-policies-will-boost-gdp (дата обращения: 18.08.2019).
401. Negative emissions have 'limited potential' to help meet climate goals. URL: https://www.carbonbrief.org/negative-emissions-have-limited-potential-to-help-meet-climate-goals (дата обращения: 30.10.2020).
402. New Atlas. URL: https://newatlas.com/energy (дата обращения: 04.08.20).
403. Nicholls M. Wind energy to avoid €24bn of fuel costs in 2015, industry says. URL: www.environmental-finance.com/news/view/1772 (дата обращения: 25.01.2016).
404. Oil World. URL: https://www.worldoil.com (дата обращения: 19.09.2018).
405. Powering-up to go off the grid. URL: http://www.iol.co.za/Sunday independent/powering-up-to-go-off-the-grid-1.1924652#.VlXF0tLhCUk (дата обращения: 10.01.2016).
406. Powerwall. URL: https://www.tesla.com/powerwall (дата обращения: 30.11.2019).
407. PV Magazine. URL: https://www.pv-magazine.com (дата обращения: 15.10.2020).
408. Race to Net Zero: Carbon Neutral Goals by Country. URL: https://www.visualcapitalist.com/race-to-net-zero-carbon-neutral-goals-by-country (дата обращения: 01.10.2021).
409. Renen. URL: https://renen.ru/installed-capacity-of-res-in-algeria-will-reach-22-gw-by2030 (дата обращения: 05.07.2020).
410. Renewables 2018 Global Status Report. URL: https://www.ren21.net/gsr-2018 (дата обращения: 09.10.2019).
411. Renewables surpass coal in U.S. power generation throughout the month of April 2020. URL: https://ieefa.org/ieefa-update-renewables-surpass-coal-in-u-s-power-generation-throughout-the-month-of-april-2020 (дата обращения: 01.11.2020).
412. Renewnews. URL: http://renewnews.ru/kitaj-planiruet-dostich-uglerodnoj-nejtralnosti-do-2060-goda (дата обращения: 30.10.2020).

413. Rnewnews. URL: http://renewnews.ru/bnef-korporatsii-vykupili-v-dva-raza-bolshe-vozobnovlyaemoj-energii-v-2018-godu (дата обращения: 20.11.2019).
414. Schwartz L. China's Wind Industry Is About To Get Squeezed. Renewable energy world. URL: http://www.renewableenergyworld.com/articles /2010/06/ chinas-wind-industry-is-about-to-get-squeezed.html (дата обращения: 07.11.2012).
415. Siemens Gamesa. URL: https://www.siemensgamesa.com/en-int/newsroom /2020/05/ 200 519-siemens-gamesa-turbine-14-222-dd (дата обращения: 21.06.2020).
416. Sharman H. Renewables Won't Keep the Lights On. The Oil Drum. URL: http://www.theoildrum.com/pdf/theoildrum_7340 (дата обращения: 08.10.2017).
417. SoftBank построит в Саудовской Аравии крупнейшую солнечную электростанцию. URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/28/03/ 2018 /5abb74009a79472 e8649a229 (дата обращения: 03.04.2018).
418. Solar power may be the next victim of China's coal shortage. URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-09-29/china-slashes-silicon-output-signaling-higher-solar-panel-costs (дата обращения 20.01.2022).
419. Solar water heater market - growth, trends, covid-19 impact, and forecasts (2022 - 2027). URL: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/solar-water-heater-market (дата обращения: 25.03.2022).
420. Solar Win in Coal's Back Yard Shows Cheap Way to Beat Blackouts. URL: http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-09-01/solar-win-in-coal-s-back-yard-shows-cheap-way-to-beat-blackouts (дата обращения: 11.01.2016).
421. Solarpowereurope. URL: https://www.solarpowereurope.org/global-market-outlook-2020-2024 (дата обращения: 17.07.2020).
422. Special Report on Renewable Energy Source sand Climate Change Mitigation. URL: http://www.srren.org (дата обращения: 17.09.2015).
423. St. Pete will be the first city in Florida to use 100 percent renewable energy. URL: https://www.orlandoweekly.com/Blogs/archives/2016/11/23/st-pete-will-be-the-first-city-in-florida-to-use-100-percent-renewable-energy (дата обращения: 01.09.2017).
424. State Renewable Portfolio Standards and Goals. URL: ttps://www.ncsl.org/ research /energy /renewable-portfolio-standards.aspx (дата обращения: 01.09.2017).

425. Shell official website. URL: https://www.shell.com (дата обращения: 01.11.2021).
426. TenneT to Break Ground for NordLink Mid-September. URL: https://gisprofi.com/gd/documents/nachato-stroitelstvo-elektricheskogo-soedineniya-moshchnostyu-1-4-gvt-mezhd.html (дата обращения: 30.02.2018).
427. Tesla не устает удивлять. URL: https://www.finam.ru/analysis/newsitem/tesla-ne-ustaet-udivlyat-20201025-11000/?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop (дата обращения: 30.10.2020).
428. The International Renewable Energy Agency. URL: https://www.irena.org (дата обращения: 18.07.2018).
429. The NASA Surface Meteorology and Solar Energy Data Set. 2016. URL: https://eosweb.larc. nasa.gov /sse (дата обращения: 20.02.2016).
430. The Union of Concerned Scientists (UCS). URL: http://concernedscientists.org (дата обращения: 15.02.2017).
431. Total закупит 4 млн т сжиженного газа в год с "Ямал СПГ". URL: http://www.rbc.ru/rbcfreenews/20140328125016.shtml/ (дата обращения: 15.02.2015).
432. Total. URL: https://www.total.com/media/news/actualites/energy-transition-total-is-investing-more-than-eu500-million-to-convert-its (дата обращения: 21.11.2020).
433. Toyota Mirai Первый в мире серийный автомобиль с водородным двигателем. URL: https://www.toyota.ru/world-of-toyota/technology/mirai (дата обращения: 30.01.2018).
434. Trump Budget Would Slam the Brakes on Energy Innovation. URL: https://itif.org/publications/2020/02/14/trump-budget-would-slam-brakes-energy-innovation (дата обращения: 20.03.2020).
435. UK Offshore Wind Industry Reveals Ambitious. URL: http://www.renewableuk.com/news/391723/UK-Offshore-Wind-Industry-Reveals-Ambitious-2030-Vision.htm (дата обращения: 13.03.2018).
436. UKERC. URL: http://www.ukerc.ac.uk/publications/review-of-energy-policy-2017.html (дата обращения: 17.03.2017).
437. United Nations Environment Programmed. URL: http://www.ecolife.ru/infos (дата обращения: 22.11.2015).
438. Utility Bills 101: Utilities Tips, Average Costs, Fees, and More. URL: https://www.move.org/utility-bills-101 (дата обращения: 15.11.2021).
439. Weiland P. Status of biogas upgrading in Germany, IEA Task 37 Workshop «Biogas Upgrading», Austria, 2009. URL: http://www.iea-biogas.net/files/

daten-edaktion /download / publications/Workshops/2/Weiland_vienna.pdf (дата обращения: 18.07.2018).
440. Windy Beginnings: The first 100 GW and what it brought to America. URL: https://www.aweablog.org/windy-beginnings-first-100-gw-brought-america (дата обращения: 25.12.2019).
441. Yearbook. URL: https: //yearbook.enerdata.ru/co2-fuel-combustion/CO2-emissions-data-from-fuel-combustion.html (дата обращения: 21.10.2020).
442. Yergin D.H. What Does «Energy Security» Really Mean? // The Wall Street Journal. 11 July 2006. URL: http://www.atlanticpartnership.org/?p=78 (дата обращения: 21.03.2016).
443. Young A. Tesla Owners In Norway Get $134,000 Tax Break, Which Is More Than The Base Price Of The Model S// International business times, 12.2013. URL: http://www.ibtimes.com/tesla-owners-norway-get-134000-tax-break-which-more-base-price-model-s-1507740 (дата обращения: 25.11.2015).
444. Yuanyuan Liu. China Increases Target for Wind Power Capacity to 1,000 GW by 2050. URL: http://www.renewableenergyworld.com/articles/2012/01/china-increases-target-for-wind-power-capacity-to-1000-gw-by-2050.html (дата обращения: 14.10.2015).

Приложение 1. ОППЭ мира, Европейского союза и некоторых стран по данным МЭА

Таблица 25. Общее первичное предложение энергии мира, Кт.н.э.

Год	Нефть	Уголь	Газ	Атом	Гидро	Биотопливо и отходы	Прочие ВИЭ	Сумма
1990	3 233 212	2 220 587	1 662 187	525 520	184 064	904 162	36 571	**8 766 303**
1995	3 373 297	2 207 669	1 806 624	608 098	212 766	967 469	42 391	**9 218 314**
2000	3 669 477	2 317 134	2 071 233	675 467	224 663	1 014 659	60 262	**10 032 895**
2005	4 010 067	2 990 601	2 360 022	721 706	252 334	1 088 960	70 143	**11 493 833**
2010	4 127 360	3 649 798	2 735 952	718 713	296 474	1 205 287	110 200	**12 843 784**
2015	4 328 233	3 842 742	2 928 795	670 172	334 851	1 271 235	203 821	**13 579 849**
2018	4 496 998	3 838 326	3 261 595	706 814	362 332	1 327 127	286 377	**14 279 569**

Таблица 26. Общее первичное предложение энергии ЕС-28, Кт.н.э.

Год	Нефть	Уголь	Газ	Атом	Гидро	Биотопливо и отходы	Прочие ВИЭ	Сумма
1990	606 976	453 975	296 997	207 276	24 936	47 511	3 508	**1 641 179**
1995	625 004	364 965	335 675	229 596	28 535	57 597	4 144	**1 645 516**
2000	623 459	321 163	395 997	246 303	30 684	66 909	7 057	**1 691 572**
2005	639 396	318 159	445 128	260 116	26 937	91 901	12 368	**1 794 005**
2010	569 786	283 080	447 604	238 834	32 409	134 987	22 257	**1 728 957**
2015	516 838	263 634	357 876	223 307	29 432	150 786	45 953	**1 587 826**
2018	522 742	224 437	392 329	215 550	30 081	160 262	54 360	**1 599 761**

Таблица 27. Общее первичное предложение энергии России, Кт.н.э.								
Год	**Нефть**	**Уголь**	**Газ**	**Атом**	**Гидро**	**Биотопливо и отходы**	**Прочие ВИЭ**	**Сумма**
1990	263 778	191 114	367 391	31 294	14 266	12 182	24	**880 049**
1995	142 718	129 203	316 635	26 244	15 083	8 537	26	**638 446**
2000	126 112	119 991	319 007	34 413	14 108	6 898	50	**620 579**
2005	129 198	112 582	349 669	39 248	14 848	6 916	353	**652 814**
2010	139 080	101 439	383 544	44 753	14 315	6 944	430	**690 505**
2015	139 365	116 481	364 253	51 270	14 445	7 663	157	**693 634**
2018	148 281	119 587	413 707	53 637	16 435	8 579	185	**760 411**

Таблица 28. Общее первичное предложение энергии США, Кт.н.э.								
Год	**Нефть**	**Уголь**	**Газ**	**Атом**	**Гидро**	**Биотопливо и отходы**	**Прочие ВИЭ**	**Сумма**
1990	756 843	460 119	438 357	159 355	23 487	62 267	14 425	**1 914 853**
1995	785 558	473 934	507 444	185 989	27 009	70 541	13 599	**2 064 074**
2000	871 148	533 942	547 736	207 853	21 772	73 245	15 166	**2 270 862**
2005	929 180	558 356	507 216	211 242	23 426	75 793	11 584	**2 316 797**
2010	806 522	502 610	556 077	218 591	22 551	89 333	18 971	**2 214 655**
2015	789 537	374 037	646 508	216 339	21 584	101 372	31 355	**2 180 732**
2019	795 689	277 572	728 892	219 737	23 726	108 442	46 730	**2 200 788**

Таблица 29. Общее первичное предложение энергии Китая, Кт.н.э.								
Год	**Нефть**	**Уголь**	**Газ**	**Атом**	**Гидро**	**Биотопливо и отходы**	**Прочие ВИЭ**	**Сумма**
1990	118 788	530 516	12 804		10 896	200 445	33	**873 482**
1995	156 083	648 032	14 998	3 344	16 387	204 776	1 294	**1 044 914**
2000	220 810	664 720	20 756	4 361	19 124	198 171	2 646	**1 130 588**
2005	317 821	1 203 693	38 790	13 833	34 137	168 394	5 282	**1 781 950**
2010	427 956	1 790 421	89 382	19 250	61 168	133 301	15 887	**2 537 365**
2015	533 732	1 996 620	158 588	44 501	95 827	113 656	49 576	**2 992 500**
2018	609 959	1 979 524	230 359	76 865	103 113	116 691	81 120	**3 197 631**

Таблица 30. Общее первичное предложение энергии Индии, Кт.н.э.								
Год	**Нефть**	**Уголь**	**Газ**	**Атом**	**Гидро**	**Биотопливо и отходы**	**Прочие ВИЭ**	**Сумма**
1990	61099	92697	10571	1600	6161	133484	10	**305 622**
1995	82044	123303	17332	2080	6242	140030	67	**371 098**
2000	111985	145924	23069	4404	6403	148852	180	**440 817**
2005	124830	184224	31810	4514	9297	159309	631	**514 615**
2010	162069	279027	54402	6844	10741	185204	1993	**700 280**
2015	206417	377233	45128	9749	11736	179685	4574	**834 522**
2018	235252	414214	52406	9853	12995	185105	9946	**919 771**

Таблица 31. Общее первичное предложение энергии Бразилии, Кт.н.э.								
Год	**Нефть**	**Уголь**	**Газ**	**Атом**	**Гидро**	**Биотопливо и отходы**	**Прочие ВИЭ**	**Сумма**
1990	58 894	9 671	3 334	583	17 774	47 765	-	**138 021**
1995	71 965	11 863	4 260	656	21 832	47 599	-	**158 175**
2000	88 228	13 015	8 131	1 575	26 174	46 626	31	**183 780**
2005	87 115	12 988	17 191	2 568	29 016	63 298	110	**212 286**
2010	104 729	14 468	23 666	3 784	34 677	81 604	556	**263 484**
2015	115 296	17 683	36 192	3 839	30 932	86 862	2 559	**293 363**
2019	104 997	15 479	30 991	4 203	34 211	92 906	6 343	**289 130**

Таблица 32. Общее первичное предложение энергии ЮАР, Кт.н.э.								
Год	**Нефть**	**Уголь**	**Газ**	**Атом**	**Гидро**	**Биотопливо и отходы**	**Прочие ВИЭ**	**Сумма**
1990	9 079	66 539	1 505	2 201	87	10 414	-	**89 825**
1995	9 550	78 095	1 715	2 945	45	11 441	-	**103 791**
2000	10 750	81 777	1 398	3 390	95	10 682	-	**108 092**
2005	11 793	91 937	2 759	2 942	115	8 719	19	**118 284**
2010	17 652	100 632	3 874	3 153	182	9 101	69	**134 663**
2015	18 298	94 704	4 293	3 188	70	7 857	541	**128 951**
2018	20 129	98 284	3 985	3 017	95	7 907	1 228	**134 645**

Приложение 2. Валовое производство электроэнергии на базе ВИЭ по данным МЭА

Таблица 33. Валовое производство электроэнергии на базе ВИЭ в 2015 году, ГВт/ч

	Гидроэнергия	Ветровая	Солнечная ФВ	Биотопливо	Отходы	Геотермальная	Солнечная тепловая	Приливная
Мир	3 982 151	833 732	250 076	415 631	101 843	80 562	9 605	1 006
Ес-28	372 277	303 479	102 796	158 729	43 673	6 614	5 593	489
Россия	169 914	148	335	30	2 789	457	-	-
США	271 129	192 992	32 091	61 640	18 826	18 727	3 544	-
Китай	1 130 270	185 766	44 782	52 700	11 029	125	27	8
Индия	136 495	35 075	10 420	25 382	1 716	-	-	-
Бразилия	359 743	21 626	59	49 446	-	-	-	-
ЮАР	3 729	2 500	1 946	372	-	-	190	-

Таблица 34. Валовое производство электроэнергии на базе ВИЭ в 2019 году, ГВт/ч

	Гидроэнергия	Ветровая	Солнечная ФВ	Биотопливо	Отходы	Геотермальная	Солнечная тепловая	Приливная
Мир*	4 325 111	1 273 409	554 382	518 467	118 773	88 956	11 321	1 005
Ес-28	353 217	430 331	131 626	170 396	51 601	6 664	5 743	493
Россия	196 169	315	985	92	3 221	429	-	-
США	296 701	303 410	93 129	55 451	17 531	18 207	4 517	-
Китай	1 301 900	405 700	223 800	103 327	15 318	125	300	-
Индия	173 803	66 008	50 557	44 231	1 565	-	-	-
Бразилия	397 877	55 986	6 655	54 514	-	-	-	-
ЮАР	5 610	6 624	3 255	443	-	-	1 554	-

*данные 2018 года

Приложение 3. Таблица 35. Ключевые показатели ископаемых источников энергии Европейского союза по данным МЭА, Кт.н.э.

Год	Уголь			Нефть			Природный газ		
	Добыча	Импорт	Экспорт	Добыча	Импорт	Экспорт	Добыча	Импорт	Экспорт
1990	368 954	120 658	40 853	134 646	581 913	76 994	163 993	163 963	28 292
1991	342 903	123 834	34 020	133 352	572 238	68 280	174 110	164 756	31 708
1992	323 850	120 435	31 149	136 681	585 321	73 487	173 121	164 265	34 232
1993	297 355	104 717	29 861	142 902	591 249	80 872	184 089	161 230	35 308
1994	276 848	108 028	33 935	172 490	596 775	102 174	183 326	163 382	33 594
1995	279 797	114 344	35 777	175 879	595 939	101 468	190 991	180 175	34 606
1996	272 087	115 629	31 850	175 209	612 169	99 348	211 929	201 591	41 410
1997	267 572	118 070	32 293	173 679	623 391	100 311	202 978	202 507	39 114
1998	236 573	119 195	30 659	177 626	647 157	103 933	201 213	207 113	36 899
1999	225 198	113 506	27 294	183 449	612 636	115 159	204 306	225 541	41 417
2000	214 589	125 739	27 761	175 470	634 041	121 458	209 785	242 428	48 926
2001	212 452	136 679	27 689	163 999	635 925	109 048	209 700	247 380	55 930
2002	211 628	134 156	26 890	168 047	625 640	112 228	206 358	267 535	59 774
2003	209 868	140 724	24 872	157 756	642 310	100 483	201 473	285 001	63 982
2004	203 121	150 787	25 590	146 441	664 933	91 603	204 780	299 469	65 998
2005	196 215	148 967	23 691	134 493	664 202	79 989	190 516	323 754	69 683
2006	191 633	162 950	25 704	122 945	664 436	73 564	182 494	335 987	70 628

Год	Уголь			Нефть			Природный газ		
	Добыча	Импорт	Экспорт	Добыча	Импорт	Экспорт	Добыча	Импорт	Экспорт
2007	185 820	158 945	23 529	120 630	654 014	73 853	170 080	329 586	70 590
2008	177 833	157 130	21 025	112 731	658 154	69 226	173 043	348 824	74 723
2009	167 083	127 334	19 224	105 755	605 884	65 585	155 819	338 203	73 671
2010	165 057	131 027	21 210	98 712	602 868	62 223	159 290	366 963	87 245
2011	167 745	139 153	18 139	85 627	587 943	51 219	142 497	358 265	86 912
2012	167 208	144 906	18 657	76 686	598 337	50 131	133 104	347 209	87 834
2013	156 708	146 757	19 759	71 765	578 359	52 167	131 259	347 670	94 342
2014	150 011	142 006	19 053	70 647	570 900	49 545	118 048	322 842	91 079
2015	145 328	127 803	17 470	75 463	601 546	51 369	107 335	344 320	97 371
2016	132 779	115 387	17 205	74 677	593 244	52 259	107 315	357 215	88 280
2017	130 622	115 365	15 032	73 657	611 502	56 498	103 051	391 996	96 412
2018	126 349	110 518	13 399	77 497	599 613	61 189	93 925	369 596	65 808
2019	106 923	91 798	13 132	76 592	590 170	60 064	86 150	400 464	66 069
2020*	99 549	83 843	12 152	77 131	594 490	61 359	81 841	405 641	67 228
2021*	91 487	75 194	11 211	77 530	595 076	62 509	76 180	414 136	68 325
2022*	83 424	66 545	10 270	77 929	595 661	63 659	70 520	422 631	69 422
2023*	75 362	57 896	9 330	78 328	596 247	64 809	64 859	431 126	70 519

*оценка

Приложение 4. Таблица 36. Пример расчетных (2012 г) ценовых ориентиров различных энергетических ресурсов к 2030 году в Европейском Союзе.

Категория энергетического ресурса	Капитальные затраты			Капитальные затраты	Себестоимость энергии			Себестоимость энергии	Интегральные затраты
	долл./кВт			долл./кВт·ч	цент/кВт·ч			долл./кВт·ч	долл./кВт·ч
	min	max	med	усреднение	min	max	med	усреднение	
Энергия на базе бомассы	950	1900	1425	0,2	3,0	9,6	6,3	0,063	0,083
Энергия на базе геотермальных источников	1500	5000	3250	0,4	3,0	8,7	5,85	0,059	0,103
Большая гидроэнергетика	1500	5500	3500	0,4	3,4	11,5	7,5	0,075	0,122
Малая гидроэнергетика			2200	0,3			5,2	0,052	0,082
Энергия солнечная (фотоэлементная)	1400	1500	1450	0,2	7,0	32,5	19,8	0,198	0,217
Энергия солнечная (тепловая)	1700	1900	1800	0,2	8,7	19,0	13,9	0,139	0,163
Энергия приливов			2200	0,3			9,4	0,094	0,124
Энергия на основе ветра	800	900	850	0,1	3,6	20,8	12,2	0,122	0,134
Энергия на основе ветра (офшорная)	1500	1900	1700	0,2	6,2	18,4	12,3	0,123	0,146
Энергия на основе атомной генерации	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Энергия на основе угольной генерации	1000	1250	1125	0,1	3,5	4,0	3,8	0,038	0,053
Энергия на основе газовой генерации	400	500	450	0,1	3,5	4,5	4,0	0,040	0,046

Источник: ErneurbareEnergien in zahlen. Nationale und internationaleEntwicklung.

Приложение 5. Таблица 37. Энергоемкость реального ВВП по видам ресурса.

	Нефть	Уголь	Газ	Атом	Гидро	Биотопливо и отходы	Прочие ВИЭ
1995	0,0455	0,0247	0,0227	0,0155	0,0019	0,0039	0,0003
1996	0,0456	0,0240	0,0245	0,016	0,0019	0,0041	0,0003
1997	0,0449	0,0225	0,0233	0,0157	0,0019	0,0041	0,0003
1998	0,0448	0,0208	0,0233	0,0152	0,0019	0,0040	0,0003
1999	0,0414	0,0190	0,0234	0,0149	0,0018	0,0039	0,0004
2000	0,0404	0,0188	0,0232	0,0144	0,0018	0,0039	0,0004
2001	0,0394	0,0185	0,0232	0,0146	0,0019	0,0039	0,0004
2002	0,0384	0,0181	0,023	0,0146	0,0015	0,0040	0,0005
2003	0,0388	0,0185	0,0236	0,0144	0,0015	0,0044	0,0005
2004	0,0388	0,0177	0,0236	0,0142	0,0015	0,0045	0,0006
2005	0,0381	0,0169	0,0236	0,0138	0,0014	0,0049	0,0007
2006	0,0364	0,0169	0,0225	0,0132	0,0014	0,0051	0,0007
2007	0,0348	0,0163	0,0216	0,0121	0,0013	0,0053	0,0008
2008	0,0344	0,015	0,0219	0,0120	0,0014	0,0057	0,0009
2009	0,0333	0,0138	0,0214	0,0120	0,0015	0,0063	0,0010
2010	0,0322	0,0143	0,0225	0,0120	0,0016	0,0068	0,0011
2011	0,0310	0,0143	0,0200	0,0117	0,0013	0,0066	0,0014
2012	0,0310	0,0147	0,0196	0,0114	0,0014	0,0071	0,0016
2013	0,0296	0,0143	0,0192	0,0113	0,0016	0,0073	0,0019
2014	0,0289	0,0131	0,0167	0,0111	0,0016	0,0071	0,002
2015	0,0296	0,0125	0,017	0,0106	0,0014	0,0072	0,0022
2016	0,0288	0,0113	0,0178	0,0102	0,0014	0,0072	0,0022
2017	0,0286	0,0106	0,018	0,0098	0,0012	0,0072	0,0024
2018	0,0274	0,0100	0,0174	0,0096	0,0013	0,0071	0,0024
2019	0,0264	0,0079	0,0176	0,0094	0,0012	0,0072	0,0027
2020*	0,0253	0,0073	0,0173	0,0091	0,0012	0,0072	0,0028
2021*	0,0242	0,0065	0,0171	0,0088	0,0012	0,0073	0,0030
2022*	0,0231	0,0058	0,0168	0,0085	0,0011	0,0073	0,0031
2023*	0,0221	0,0051	0,0166	0,0082	0,0011	0,0073	0,0033
2024*	0,021	0,0044	0,0164	0,008	0,0011	0,0073	0,0035
2025*	0,0199	0,0037	0,0162	0,0077	0,0010	0,0074	0,0036

*оценка

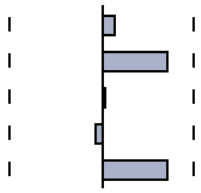
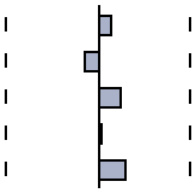
Приложение 6. Зависимости между объемом инвестиций в ВИЭ и стоимостью нефти

Таблица 38. Логарифмированные приросты показателей за 2005 – 2019 гг и тесты.

Параметр прироста	2005/ 2004	2006/ 2007	2007/ 2006	2008/ 2007	2009/ 2008	2010/ 2011	2011/ 2010	2012/ 2011
Инвестиции (ИНВ)	0,486	0,431	0,378	0,164	-0,024	0,301	0,206	-0,134
Стоимость нефти (НЕФ)	0,354	0,084	0,384	-0,773	0,58	0,204	0,16	0,018

Параметр прироста	2013/ 2012	2014/ 2013	2015/ 2014	2016/ 2015	2017/ 2016	2018/ 2017	2019/ 2018
Инвестиции (ИНВ)	0,098	0,177	0,115	-0,102	0,105	-0,084	0,024
Стоимость нефти (НЕФ)	0,009	-0,582	-0,389	0,047	0,186	0,264	-0,06

Корреляционная зависимость параметров с 4 лагами

ИНВ, НЕФ (-i)	ИНВ, НЕФ (+i)	i	ИНВ, НЕФ (-i)	ИНВ, НЕФ (+i)
		0	0,0816	0,0816
		1	0,3712	-0,0757
		2	0,0179	0,1300
		3	-0,0296	0,0221
		4	0,3765	0,1485

Тест причинности по Грэнджеру для параметров

Нулевая гипотеза	F-тест	Вероятность
НЕФ не является причинной по Грэнджеру для ИНВ	0,79516	0,4842
ИНВ не является причинной по Грэнджеру для НЕФ	0,35437	0,7121

Приложение 7. Ключевые показатели Германии в области ВИЭ

Таблица 39. Внешние издержки различных видов генерации электрической энергии в ФРГ, евроцент за кВт·ч

	генерация на основе солнечной энергии	генерация на основе солнечной энергии, прогноз 2030	генерация на основе энергии падающей воды	ветровая генерация	офшорная ветровая генерация	генерация на базе бурого угля	газоугольн. генерация на базе бурого угля	генерация на базе каменного угля	газоугольн. генерация на базе каменного угля	газовая генерация
Вредное воздействие на ОС (загрязнение)	0,4	0,2	0,00	0,08	0	0,4	0,2	0,3	0,25	0,2
Выбросы CO^2	0,6	0,3	0,15	0,2	0,1	7,4	6,2	6,3	5,45	2,6
Итого	1,0	0,5	0,15	0,2	0,1	7,8	6,4	6,3	5,7	2,8

Источник: ErneurbareEnergien in zahlen. Nationale und internationaleEntwicklung.

Таблица 40. Доля возобновляемой энергии в ФРГ, %

год	**1990**	**1995**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**
ВИЭ в валовом потреблении электрической энергии	3,1	4,5	6,4	6,7	7,8	7,5	9,2	10,1	11,6	14,3	15,1	16,4	17,1	20,0
ВИЭ в валовой генерации тепловой энергии	2,1	2,1	3,9	4,2	4,3	5,0	5,5	6,0	6,2	7,4	7,6	8,9	10,2	10,4
ВИЭ в валовом потреблении топлива	0,0	0,1	0,4	0,6	0,9	1,4	1,8	3,7	6,3	7,4	6,0	5,4	5,8	5,6
ВИЭ в общем валовом потреблении энергии	1,9	2,2	3,8	4,1	4,5	5,0	5,8	6,8	8,0	9,5	9,3	10,2	11,3	12,2

Источник: ErneurbareEnergien. Bundesministerium fur Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Таблица 41. Производство электроэнергии на базе ВИЭ в Германии, ГВт/ч

Регион ФРГ	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**
Земля Баден-Вюнтерберг	9 543	9 459	9 825	11 364	11 846	13 868	14 715	14 800	14 953	15 863	16 402
Земля Бавария	19 258	20 019	20 980	23 781	25 414	30 370	31 634	31 930	34 110	35 297	37 324
Земля Берлин	119	155	267	361	356	252	276	311	351	352	381
Земля Брандербург	8 466	8 343	8 745	9 790	12 118	12 725	13 214	14 421	16 165	15 677	18 376
Земля Вольный ганзейский город Бремен	305	339	348	422	507	601	753	793	858	779	804
Земля Гамбург	368	374	372	368	393	399	375	494	535	466	526
Земля Гессен	2 178	2 350	2 621	3 209	3 803	4 337	4 821	5 286	6 145	6 282	7 308
Земля Мекленбург-Передняя Померания	3 463	3 675	3 819	4 121	5 298	6 092	6 817	7 788	9 737	9 770	11 387
Земля Нижняя Саксония	14 347	15 739	15 806	16 259	19 772	23 281	24 248	26 156	31 628	32 109	39 114
Земля Северный Рейн-Вестфалия	10 614	8 390	11 100	11 419	13 035	14 131	15 171	16 099	18 159	17 436	16 967
Земля Рейнланд-Пфальц	3 721	3 784	3 909	4 379	4 828	5 916	6 836	7 390	8 942	8 913	9 945
Земля Саар	530	491	491	539	643	785	875	1 016	1 185	1 548	1 381
Земля Саксония	2 851	2 904	3 009	3 232	3 965	4 400	4 730	5 039	5 699	5 360	5 872
Земля Саксония-Ангальт	6 307	7 250	7 120	7 339	9 043	9 983	10 320	11 000	12 945	12 240	14 123
Земля Шлезвиг-Гольштейн	5 854	6 415	6 446	6 993	8 385	10 306	10 744	12 422	17 928	19 197	22 593
Земля Тюрингия	2 729	2 793	2 831	2 998	3 650	3 888	4 386	4 636	5 352	5 277	6 096
Итого по стране	**89 115**	**94 280**	**95 939**	**105 181**	**124 037**	**143 043**	**152 338**	**162 525**	**188 786**	**189 671**	**216 338**

Источник: ErneurbareEnergien. Bundesministerium fur Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Приложение 8. Микрогенерация в России

Таблица 42. Динамика удельной стоимости солнечных панелей

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Руб./Вт	55,86	52,60	43,20	50,10	47,20	35,15	32,73

Источник: расчеты автора

Таблица 43. Выборочные данные по особенностям микрогенерации в России

№ п/п	Показатель	ед. изм.	2021			
			1кв	2кв	3кв	4кв
1.	**Стоимость и характеристики оборудования солнечной генерации**					
1.1.	Стоимость СП	*руб*	9000	9000	9000	9000
1.2.	Мощность СП	*Вт*	275	275	275	275
1.3.	Размер СП	*$м^2$*	1,64	1,64	1,64	1,64
1.4.	КПД СП	*%*	16,9	16,9	16,9	16,9
1.5.	Удельная стоимость	*Руб/Вт*	33,73	32,73	32,73	32,73
1.6.	Удельная мощность	*$Вт/м^2$*	168	168	168	168
1.7.	Закупочная цена СП	*долл./Вт*	0,22	0,24	0,28	0,28
2.	**Профиль типового заказа оборудования ВИЭ**					
2.1.	Средняя установленная мощность СП в заказе	*кВт*	2	2	2	2
2.2.	Заказов СП с СХЭ на 1 заказ без СХЭ	*ед.*	7	4,3	7,5	10
2.3.	Количество заказов (всего)	*ед.*	20	34	50	23
2.4.	Объем среднего заказа	*тыс.руб*	135	130	100	152

Источник: ООО «ГВС-Энерджи»

Таблица 44. Генерация э/э в Московской области с учетом деградации солнечных панелей

Год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Коэффициент мощности, %	97,5	96,9	96,3	95,7	95,1	94,5	93,9	93,3	92,7	92,1	91,5	90,9
Выработка в месяц, кВт·ч	352	350	347	345	343	341	339	337	334	332	330	328

Источник: Расчеты автора

Таблица 45. Выборочные данные по особенностям микрогенерации в России

Период	**4 кв. 2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**
Совокупленный накопленный доход относительно одноставочного тарифа на электроэнергию													
Руб (реал.)	4 471	22 865	42 060	62 090	82 990	104 797	127 550	151 288	176 054	201 891	228 843	256 959	286 287
Руб (2021)	4 471	21 986	38 887	55 197	70 940	86 135	100 804	114 966	128 641	141 846	154 598	166 916	178 814
Совокупленный накопленный доход относительно двухставочного тарифа на электроэнергию													
Руб (реал.)	5 139	26 281	48 344	71 366	95 388	120 453	146 605	173 890	202 356	232 053	263 032	295 348	329 057
Руб (2021)	5 139	25 270	44 696	63 444	81 538	99 004	115 864	132 142	147 860	163 037	177 695	191 853	205 528

Период	**2034**	**2035**	**2036**	**2037**	**2038**	**2039**	**2040**	**2041**	**2042**	**2043**	**2044**	**2045**	**1-3 кв 2046**
Совокупленный накопленный доход относительно одноставочного тарифа на электроэнергию													
Руб (реал.)	316 877	348 783	382 060	416 765	452 958	490 700	530 057	571 096	613 885	658 498	705 010	753 500	791 479
Руб (2021)	190 308	201 413	212 144	222 514	232 536	242 224	251 588	260 641	269 393	277 857	286 041	293 956	296 897
Совокупленный накопленный доход относительно двухставочного тарифа на электроэнергию													
Руб (реал.)	364 218	400 890	439 139	479 029	520 629	564 010	609 247	656 416	705 598	756 876	810 337	866 071	909 724
Руб (2021)	218 740	231 504	243 838	255 757	267 277	278 411	289 174	299 580	309 640	319 368	328 775	337 873	341 253

Приложение 9. Таблица 46. Импорт сжиженного природного газа в ЕС, млн. куб. м.

Страна	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Катар	7 901,0	19 550,0	34 996,0	40 091,4	27 521,3	20 968,0	20 491,8	24 718,6	21 206,4	21 420,1	19 524,5
Нигерия	13 249,0	7 741,0	14 025,0	14 574,1	9 997,0	5 384,9	4 257,5	6 212,9	7 328,2	10 037,9	10 487,3
Норвегия	1 108,0	2 053,0	3 430,0	2 319,8	2 908,3	2 279,0	2 475,0	3 379,1	4 108,3	3 866,8	7 521,2
Алжир	14 489,0	16 014,0	14 801,0	11 967,2	9 872,4	9 591,5	10 562,1	8 805,3	9 303,2	8 704,0	7 354,3
Тринидад и Тобаго	5 609,0	6 666,0	5 142,0	4 097,6	2 771,8	2 360,0	2 736,0	1 949,7	987,9	1 274,1	3 573,2
Россия	0,0	0,0	3,0	3,0	5,0	6,0	12,0	29,0	27,0	130,4	3 392,9
США	0,0	0,0	0,0	145,0	0,0	0,0	0,0	0,0	240,0	1 766,4	3 056,6
Перу	0,0	0,0	82,0	85,0	2 421,0	1 503,0	1 316,2	1 042,3	1 903,0	3 675,9	1 853,8
Египет	5 650,0	6 446,0	4 573,0	3 882,6	1 669,3	284,8	0,0	0,0	6,6	189,4	294,1
Ангола	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	92,0	369,2	259,7
Экваториальная Гвинея	0,0	83,0	0,0	0,0	85,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,1	232,2
Бельгия	176,0	78,0	78,0	181,0	668,0	194,0	122,0	3,0	88,9	45,5	161,0
Голландия	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	130,0	2,0	2,0	169,1	118,7
Йемен	0,0	0,0	168,0	929,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ливия	545,0	758,0	579,0	86,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Оман	171,0	1 421,0	341,0	171,0	0,0	171,0	163,0	86,0	0,0	0,0	0,0
Прочие	95,0	428,0	891,0	2 408,8	231,6	256,7	202,7	3,9	15,0	432,4	1 338,1
Всего	**48 993,0**	**61 238,0**	**79 109,0**	**80 941,5**	**58 150,8**	**42 998,9**	**42 468,3**	**46 231,7**	**45 308,5**	**52 144,2**	**59 167,7**

Источник: Евростат