ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОТНОШЕНИЙ (УНИВЕРСИТЕТ)
МИНИСТЕРСТВА ИНОСТРАННЫХ ДЕЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»

На правах рукописи

ДЕНИЗ ДАРЬЯ СЕРГЕЕВНА

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СТРАНАХ БРИКС

Специальность 5.2.5. Мировая экономика

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
член-корреспондент РАН, профессор
Салыгин В.И.

Москва – 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В КОНТЕКСТЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ 17

1.1. Теория международной экономической интеграции и этапы развития энергетических институтов группы БРИКС 17

1.2. Концептуальные основы энергобезопасности национальной экономики 26

1.3. Роль возобновляемой энергетики в трансформации глобального топливно-энергетического баланса 41

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ВОЗОБНОВЛЯМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ СТРАН БРИКС НА БАЗЕ НАЦИОНАЛЬНЫХ РЫНКОВ 52

2.1. Текущее состояние и специфика формирования инфраструктуры возобновляемой энергетики в странах БРИКС 52

2.2. Анализ системы государственного регулирования и механизмов развития энергосистемы на базе возобновляемых источников на примере Бразилии 62

2.3. Выявление регуляторных особенностей и сравнение эффективности различных вариантов стимулирования возобновляемой энергетики 80

2.4. Определение макроэкономических барьеров, этапов и дисбалансов трансформации энергосистем 92

ГЛАВА 3. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ИНВЕСТИЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРАН БРИКС В СФЕРЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ 103

3.1. Разработка Модели оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при конкурсном отборе проектов возобновляемой генерации 103

3.2. Оценка ключевых параметров энергетической безопасности и уровня рентабельности проектов в контексте национальных энергетических комплексов 114

3.3. Практические рекомендации по конвергенции институциональных политик на базе Нового банка развития БРИКС 127

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 134

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 142

ПРИЛОЖЕНИЯ 163

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Энергетическая безопасность представляется сложнейшей программной задачей вследствие непрерывного роста глобального спроса на сырье и его зеркальной асимметрии со стороны предложения. Ключевое внимание внешнеэкономических ведомств крупных экономик уделяется проблеме обеспечения энергобезопасности в долгосрочной перспективе. Развитие технологической базы энергетического машиностроения в части возобновляемой генерации остается приоритетом стран – импортеров углеводородного сырья.

С каждым годом группа БРИКС приобретает все больший вес на мировой арене, в том числе в сфере энергетики. Безусловно, энергетическая безопасность является неотъемлемой частью экономического сотрудничества, которое, в свою очередь, можно назвать одним из центральных направлений развития БРИКС. В целях экономического развития и обеспечения энергетической безопасности в полном объеме некоторые страны стали осваивать новые источники энергии в дополнение к ископаемым видам топлива. В рамках группы БРИКС набирают обороты разработки в области возобновляемых, неуглеводородных источников энергии.

Актуальность данного исследования обусловлена возрастанием роли стран – участниц группы в современной мировой экономике, совокупная доля в мировом ВВП которых на 2020 г. достигает 31% по ППС (приложение 1). Существенно их влияние на процесс функционирования и перестройки региональных энергетических систем, а также на конъюнктуру международных рынков углеводородов. При этом вопросы обеспечения энергетической безопасности государств – участников БРИКС при внедрении возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ) на интеграционном уровне объединения недостаточно изучены. Представляется крайне перспективным детальное изучение развития их энергетического взаимодействия с учетом внедрения возобновляемых источников энергии как в двустороннем, так и в многостороннем формате.

Возможность обеспечения бесперебойного энергоснабжения за счет возобновляемой энергетики остается крайне политизированным и противоречивым вопросом. Перенос стандартных западных лекал в сфере стимулирования ВИЭ на электроэнергетические рынки стран БРИКС без учета особенностей коммерческой и технической инфраструктуры, а также социальной парадигмы способен привести к подобию Калифорнийского кризиса 2000-х гг. и породить цепную реакцию. Неустойчивость коммерческой системы дерегулированных рынков электроэнергии к ценовым потрясениям наблюдается в странах Западной Европы.

Учитывая актуальность и постоянное совершенствование технологий и подходов, а следовательно, недостаточную изученность проблемы, представляется значимым написание диссертационного исследования по экономическим аспектам внедрения возобновляемых источников энергии в энергетические комплексы стран – участниц БРИКС с целью повышения их энергетической безопасности в разрезе применения лучших зарубежных практик, освоения и привлечения технологий, определения проблем и перспектив их функционирования.

Степень разработанности проблемы. Энергетическая безопасность рассматривается как основной связующий фактор между выбранной группой стран и будет использоваться как теоретическая основа исследования. Анализу понятия энергетической безопасности, а также теоретическим подходам к его изучению посвящены работы следующих российских и зарубежных исследователей: М. А. Брауна, Ю. В. Боровского, О. Вейвера, С. Винзера, Д. Ергина, В. Крюйта, Г. Люфта, Д. Морана, Е. Моу, Е. Пальцева, Дж. Рассела, Н. А. Симонии, В. К. Совакола.

Стоит выделить, что возобновляемые источники энергии, в частности ветровая и солнечная энергия, рассматриваются многими авторами как неотъемлемая часть концепции энергетической безопасности стран – участниц БРИКС. Среди них: Алехин В. Н., С. Басси, П. Кларк, Г. Кохен, Л. Кочтчеева и Б. Н. Порфирьев. Обзор и тенденции сотрудничества стран – участниц БРИКС в области энергетики представлены в работах таких авторов, как Е. Ф. Авдокушин, А. А. Акаев, Н. М. Беликова, М. В. Жариков, Т. Я. Хабриева, Ю. В. Яковец.

Топливно-энергетический комплекс России, его структура, государственная энергетическая стратегия и место ВИЭ в ней освещены в работах А. М. Белогорьевой, Д. А. Бута, И. И. Воропая, А. Гусева, С. З. Жизнина, С. В. Киселевой, М. А. Козловой, А. М. Мастепанова, К. Н. Миловидова, И. К. Мохаптра, Б. Н. Порфирьева, В. В. Саенко, А. И. Силкина, К. В. Суслова, Ю. К. Шафраника.

Вопросам энергетической политики Бразилии, ее национальной стратегии и международного сотрудничества в области энергетики посвящены работы К. Аура, С. В. Бажиия, С. Килкиса, А. Де Оливейра, Э. И. Панкова и А. Ферейра. Проблемы и перспективы энергетической политики Индии рассмотрены А. Бисвасом, В. Дхаллем, Б. К. Сингхом, Б. К. Чатурведи. Анализ современного состояния и перспективы диверсификации энергетического комплекса и политики энергетической безопасности Китая рассмотрены в работах Е. Доунса, Дж. Каймана, Дж. Льюиса, Е. Моу, В. Смила, О. Тунсьо, К. Вэнг, С. Яо. Подход ЮАР к вопросам энергетической безопасности и место ВИЭ в ней рассмотрены в исследованиях А. Брента, П. Гауше, Дж. Колкера, А. Эберхарда.

Некоторые аспекты развития энергетического и экономического сотрудничества в рамках БРИКС освещались в работах российских ученых, им уделено особое внимание в диссертационных работах Гусаровой С.А., Черновой В.А., Пелевиной К.А. Тем не менее, комплексная проблема энергетической безопасности в рамках группы БРИКС ранее не рассматривалась.

Вместе с тем в научной литературе, в том числе российской, недостаточно внимания уделяется вопросам сотрудничества в рамках группы БРИКС в области энергетической безопасности, места ВИЭ в концепции энергетической безопасности каждой из стран-участниц и развития механизмов энергетического партнерства на уровне коллективных институтов.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является разработка и гармонизация организационно-экономических механизмов интеграции возобновляемых источников энергии в странах БРИКС с учетом критериев в области энергетической безопасности.

Для достижения цели исследования поставлены следующие задачи:

1. Определение актуальности вопроса энергетической безопасности в развитии сотрудничества между странами – участницами группы.

2. Оценка современного состояния топливно-энергетического комплекса стран – участниц группы и ключевых направлений развития их стратегий энергетической безопасности.

3. Разработка оптимальной модели энергетической безопасности на базе синтеза современных фрагментированных теорий экономических школ на основе концепции *жизненно важных энергетических систем*.

4. Проведение сравнительного анализа институциональной среды и направлений внедрения, развития и реализации ВИЭ в рамках энергетической политики стран группы БРИКС на примере ветровой и солнечной энергии.

5. Разработка *Модели оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при конкурсном отборе проектов возобновляемой генерации* с учетом структурных особенностей топливно-энергетического баланса стран БРИКС.

6. Представление механизмов трансформации интеграционных институтов стран БРИКС в части проведения совместной инвестиционной политики в сфере возобновляемой энергетики.

7. Разработка практических рекомендаций по повышению коммерческой эффективности при внедрении ВИЭ в национальные энергетические комплексы стран – участниц БРИКС с включением в расчеты критериев из области энергетической безопасности.

Область исследования. Область исследования соответствует пунктам паспорта специальности ВАК 5.2.5. Мировая экономика: 2 – Теория развития мирового хозяйства и международных экономических отношений. Анализ и оценка современных концепций; 7 – Международная экономическая взаимозависимость. Обеспечение устойчивого развития национальной и мировой экономики. Стратегии национального экономического развития; 21 – Развитие ресурсной базы

мирового хозяйства. Экономические аспекты глобальных проблем – экологической, продовольственной, энергетической. Мирохозяйственные последствия глобальных процессов, пути и механизмы их решения.

Объект исследования. Возобновляемая энергетика стран БРИКС на примере ветровой и солнечной энергии.

Предмет исследования. Взаимодействие стран БРИКС в области развития возобновляемой энергетики при минимизации вызовов, связанных с обеспечением энергетической безопасности.

Методология и методика исследования. Методологическая база диссертационного исследования представлена научными трудами ведущих ученых в области изучения человеческого развития, а также авторской концепцией структурно-инфраструктурного общественно-экономического развития. Компонентный состав инструментов оценки надёжности функционирования национальных энергетических комплексов, системных рисков изменения краткосрочных конъюнктурных факторов и долгосрочных геополитических сдвигов соотносится с выбранной за основу концепцией *жизненно важных энергетических систем*.

Также в работе используется инструментарий системного анализа в части декомпозиции ключевых предпосылок, описания потенциальных вызовов и тенденций, структурирования институциональных аспектов, синтеза информации в цельный комплекс мер с последующей их оценкой и предложением потенциальных кооперационных решений.

В процессе исследования использовались такие методы, как анализ и синтез, метод исторического и логического моделирования. В качестве теоретических методов в работе применяются метод формализации, метод «от абстрактного к конкретному», а также исторический метод, метод экономико-математического моделирования и экономической интерпретации. С практической точки зрения в исследовании также были задействованы метод группировки статистических данных, статистический и эконометрический анализ, графический метод.

Учитывая технологическую зрелость создания и эксплуатации гидроэлектростанций (отработанные типовые решения без возможности существенного повышения уровня эффективности) и масштаб их глобального применения с сохранением тренда (7% в глобальном топливно-энергетическом балансе[1]) акцент исследования сделан на анализе оптимальных механизмов поддержки новых возобновляемых источников энергии: солнечных и ветровых станций[2].

Теоретическая основа исследования. В качестве теоретической основы исследования по тематике возобновляемой энергетики и ее влияния на социально-экономическое развитие были выбраны подходы, представленные в работе Абхиджит Банерджи (*Abhijit Vinayak Banerjee*)[3]. При этом фокус исследования был направлен на проблему конвергенции экономического роста при расширенном использовании возобновляемой генерации, что детально разработано Нейлтоном да Силва (*Neilton Fidelis da Silva)* и Луисом Роса (*Luiz Pinguelli Rosa*)[4]. Взаимосвязь уровня регионального развития и повышения величины индекса человеческого развития представлена в теоретических предположениях Милтона Сантоса (*Milton Santos*)[5].

Наличие устойчивой корреляции между обеспеченностью энергоресурсами и долгосрочным экономическим ростом исследуется в работах Гуннара Фермана

---

[1] World Energy Outlook, 2021 / International Energy Agency. – Paris: IEA. – 386 p. – URL: https://iea.blob.core.windows.net/assets/4ed140c1-c3f3-4fd9-acae-789a4e14a23c/WorldEnergyOutlook2021.pdf (date of access: 18.09.2022). – Text: electronic.

[2] В соответствии с методологией Бразильского кооперационного агентства (*Agência Brasileira de Cooperação*) «новыми возобновляемыми источниками энергии (новые ВИЭ)» термин применяется, чтобы дифференцировать эти формы производства энергии от двух других традиционных видов ВИЭ: большой гидроэнергетики и биотоплива первого поколения, поскольку оба они не обладают достаточным потенциалом для дальнейшего расширения в нынешних социально-экологических условиях в Бразилии.

[3] Banerjee, A.V. Poor Economics: A Radical Rethinking of the Way to Fight Global Poverty; Public affairs: New York, NY, USA, 2019.

[4] Da Silva, N.F.; Rosa, L.P. Irregular Access to the Power Distribution Network in Brazil's Residential Sector: A Delinquent Payment Problem, or the Quest for a Right beyond the Law? Electr. J. 2018, 21, 80–90.

[5] Santos, M. A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção; Editora da Universidade de São Paulo: São Paulo, Brazil, 2018.

(*Gunnar Fermann*)[6]. Тезисы о сопряженности концепций энергетической безопасности и устойчивого развития с вынесением элементов регулирования экологической политики на глобальный уровень рассматриваются в статьях Аннет Корин (*Anne Korin*) и Эшита Гупта (*Eshita Gupta*)[7].

Идея оценки уровня национальной энергетической безопасности через систему взаимозависимых индикаторов представлена в исследованиях Хлои ле Кук (*Chloé Le Coq*) и Елены Пальцевой[8]. Идея оформления системы индикаторов в общую концепцию и детерминация алгоритмов расчета агрегированных величин с их последующей интерпретацией развита в работах Алех Шерпа (*Aleh Cherp*) и Джессики Джувел (*Jessica Jewell*)[9].

Комплексный инструментарий трактовки энергетической безопасности через призму теории *жизненно важных энергетических систем* (*Vital energy systems*) аккумулирует в себе фрагментированные тезисы различных экономических школ[10].

В этой связи в качестве гипотезы работы предполагается, что при разработке единого подхода к интеграции ВИЭ наблюдается существенное повышение энергетической безопасности в рамках группы БРИКС. На основе интеграции разносторонних национальных подходов и разработки критериев в *Модели оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при конкурсном отборе проектов возобновляемой генерации* уровень энергетической безопасности стран-участниц объединения может повыситься. Теоретическая возможность интеграции разносторонних национальных подходов стран БРИКС в сфере поддержки возобновляемой энергетики является ключевой гипотезой исследования при учете синхронизации

---

[6] Fermann, G. What Is Strategic About Energy? De-Simplifying Energy Security. Ed. – New York: Palgrave Macmillan, 2014. – P. 21–46.
[7] Korin A., Gupta E. Energy Security and Climate Change: A Tenuous Look. Abingdon and New York: Routledge, 2011.
[8] Le Coq, C. and Paltseva, E. Measuring the Security of External Energy Supply in The European Union // Energy Policy. – 2009. – 37(11). – P. 4474–4481.
[9] Cherp A., Jewell J. The concept of energy security: Beyond the four As// Energy Policy. – 2014. – № 75. – 415–421 pp.
[10] Там же.

макроэкономических критериев с учетом критериев инвестиционной эффективности, энергетической безопасности и социально-экономической значимости.

Хронологические рамки диссертационного исследования. Данное исследование охватывает период с момента активного реформирования энергетических систем стран группы БРИКС до развития современных организационно-экономических механизмов энергетического развития на национальном и интеграционном уровнях, что состоялось в 1990–2010-е гг.

Практическая значимость работы. Выводы данной диссертационной работы могут быть использованы государственными и частными компаниями, работающими в энергетической отрасли, при инвестировании в развитие и модернизацию современных технологий. В то же время результаты исследования могут быть применены структурными подразделениями государственных профильных министерств и ведомств, международными организациями, осуществляющими деятельность в энергетической сфере. Положения данной работы могут широко использоваться в образовательной, исследовательской и практической сферах.

Апробация исследования. Актуальные материалы разработанной проблематики опубликованы в 7 статьях в рецензируемых изданиях (из перечня ВАК):

1. Дениз Д. С. Институциональные производные и механизмы поддержки возобновляемой энергетики: страны группы БРИКС // Экономические отношения. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 249–264.

2. Дениз Д.С. Кластеризация водородной энергетики в ЮАР: институциональные предпосылки и сотрудничество с Россией / Салыгин В. И., Дениз Д. С. // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2022. – Т. 18, № 4. – С. 727–744.

3. Дениз Д.С. Ретроспектива формирования концепций в сфере энергетической безопасности и синтез современных подходов: страны

БРИКС / Салыгин В. И., Дениз Д. С. // Экономические отношения. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 759–774.

4. Дениз Д.С. Потенциал возобновляемой энергетики и трансформация глобального топливно-энергетического баланса: теоретические аспекты / Салыгин В. И., Дениз Д. С. // Вопросы инновационной экономики. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 1893–1904.

5. Дениз Д.С. Возобновляемые источники энергии как элемент энергетической безопасности Бразилии: проблемы электрификации / Салыгин В. И., Дениз Д. С. // Вопросы инновационной экономики. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 2041–2050.

6. Дениз Д.С. Разработка инструментария оценки эффективности интеграции Возобновляемых источников энергии: страны БРИКС / Салыгин В. И., Дениз Д. С. // Региональная экономика. – 2022. – Т. 20, вып. 8. – С. 1531–1548.

7. Дениз Д. С. Анализ инвестиционных параметров и вызовов интеграции солнечной и ветровой генерации: страны группы БРИКС / Салыгин В. И., Дениз Д. С. // Финансы и кредит. – 2022 – Т. 28, вып. 9. – С. 2–11.

На материалы, вошедшие в данную диссертационную работу, автором был получен отзыв от Ассоциации Развития Возобновляемой Энергетики (АРВЭ), а также два заключения экспертов Фонда «Сколково».

Структура работы определяется целью и задачами исследования и раскрывается в следующем формате:

Во введении диссертации обосновывается актуальность исследования, демонстрируется степень разработанности проблемы, определены и представлены теоретическая и методологическая основы работы, сформулированы цель и задачи исследования.

В первой главе «Теоретические аспекты развития возобновляемой энергетики в контексте обеспечения энергетической безопасности» рассмотрены три вопроса: формирование группы БРИКС как отражение современных тенденций в мировой экономике и международных экономических отношениях, разработка

авторского видения трактовки термина «энергетическая безопасность» на базе концепции *жизненно важных энергетических систем*; определение потенциала ВИЭ в концепциях энергетической безопасности стран – участниц БРИКС с учетом тенденций трансформации топливно-энергетического баланса (далее – ТЭБ) и национальных энергетических стратегий.

Во второй главе «Анализ факторов влияния при реализации проектов возобновляемой энергетики стран БРИКС на базе национальных рынков» представлен анализ факторов энергетической кооперации и ресурсные основания инвестиционного взаимодействия стран БРИКС с учетом особенностей дерегулирования национальных рынков стран БРИКС и систем поддержки развития возобновляемой энергетики. Наряду с этим в преобразованную автором концепцию *жизненно важных энергетических систем* включаются механизмы оценки системных рисков в реализации проектов возобновляемой энергетики. На базе разработанного подхода к энергетической безопасности и широкого спектра критериев оценки рисков внедрения возобновляемой энергетики, исходя из методических рекомендаций Международного энергетического агентства (далее – МЭА), создаётся *Модель оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при конкурсном отборе проектов возобновляемой генерации.*

В третьей главе «Преобразование механизмов инвестиционного взаимодействия стран БРИКС в сфере возобновляемой энергетики на основе разработанного инструментария» с помощью *Модели* определяются варианты минимизации рисков инфраструктурного и экономического развития стран БРИКС при исполнении стратегий в области возобновляемой энергетики. В результате детального изучения результатов моделирования определяются алгоритм и механизмы институционального преобразования электроэнергетических рынков стран БРИКС с учетом выявленных преимуществ и недостатков систем

стимулирования возобновляемой энергетики[11]. В завершительной части главы представляются практические рекомендации по конвергенции инвестиционных политик и перспективы расширенного применения возобновляемой генерации.

В заключении диссертации обобщены результаты проведенного исследования, сформулированы основные выводы и рекомендации.

Научная новизна и положения, выносимые на защиту. Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке авторского видения трактовки термина «энергетическая безопасность» на базе концепции *жизненно важных энергетических систем* с включением в нее механизмов оценки системных рисков в реализации проектов возобновляемой энергетики. На этой базе с учетом факторов энергетической кооперации и ресурсных оснований инвестиционного взаимодействия стран БРИКС, а также особенностей дерегулирования национальных рынков стран БРИКС и систем поддержки развития возобновляемой энергетики создается *Модель оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при отборе проектов возобновляемой генерации.*

Основные положения, выносимые на защиту, заключаются в следующем:

1. Представляется, что в течение нескольких десятилетий «энергетический переход» может снизить значимость «углеродной парадигмы», которая с 1970-х гг. определяет политику государств в области энергетической безопасности. Рост потребления энергии из возобновляемых и иных низкоуглеродных источников может привести к снижению ключевых рисков, с которыми сегодня сталкиваются импортеры нефти, газа и угля, и, возможно, позволит им стать энергетически независимыми. Однако не исключен сценарий, когда на смену рискам, связанным с поставками углеродного топлива, придут новые, порожденные постуглеродной эпохой. Для стран, экономика которых в значительной степени зависит от экспорта

[11]Дениз Д. С. Институциональные производные и механизмы поддержки возобновляемой энергетики: страны группы БРИКС // Экономические отношения. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 249–264.

углеродных энергоресурсов, «энергетический переход» не только приведет к потере традиционных рынков сбыта и доходов, но и может вынудить их проводить затратную и технологически сложную декарбонизацию энергетики в том числе для того, чтобы избежать возможных торговых барьеров стран-импортеров.

2. Комплексный инструментарий трактовки энергетической безопасности через призму *жизненно важных энергетических систем* (*Vital energy systems*) аккумулирует в себе фрагментированные тезисы различных экономических школ. Базовая система критериев данного подхода является центральной при разработке *Модели оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при отборе проектов возобновляемой генерации*. Вариативность конечных значений позволяет наглядно представить влияние обширного спектра факторов и выделить основные критерии эффективного функционирования национальных энергосистем. В развивающихся странах эти проекты сами по себе не смогут покрыть базовую часть графика нагрузки и удовлетворить все потребности в электричестве. Это связано с тем, что системы, работающие на традиционных источниках энергии, полагаются на относительно небольшое количество высокопроизводительных электростанций.

3. Проекты в области ВИЭ представляют собой главным образом менее производительные электростанции, расположенные на более обширной территории и способные работать обособленно в удаленных от единой энергосистемы локациях. Такие системы сталкиваются с двумя основными препятствиями: проблемы передачи и размещения (в особенности для шельфовых ветропарков). Возведение линий электропередачи (ЛЭП) представляет собой капиталоемкий процесс.

4. Поэтапное улучшение параметров надежности и экономической эффективности возобновляемой генерации приведет к формированию инновационной энергетической парадигмы. Появление новых, более эффективных технологий и синхронное преобразование социально-экономических институтов отразится на потребительских паттернах использования электроэнергии, а также алгоритмах расчета и вариантах кооперации в формате *производитель – государство – потребитель*.

5. Разработка *Модели оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при отборе проектов возобновляемой генерации* связана со структурированием и выбором механизмов денежных потоков. Экономическая эффективность реализации проектов в сегменте возобновляемой энергетики, фундаментом которой является соотношение макроэкономических и отраслевых параметров функционирования рынка и технологической инфраструктуры с интегрированной системой государственного регулирования и субсидирования, рассчитывается на основе построения финансовой модели. Разработка *Модели оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при конкурсном отборе проектов возобновляемой генерации* сконцентрирована на специфике стран БРИКС и отражает необходимость поступательного и устойчивого преобразования энергетического баланса исходя из принципов надежности в функционировании энергосистемы и экономической доступности.

6. Унифицированные методы финансового анализа и расчета инвестиционных затрат на стадии согласования проекта в рамках конкурсного отбора профильного государственного ведомства позволяют сконцентрироваться на специфических отраслевых показателях и возможностях использования средств финансовых институтов, в том числе Нового банка развития БРИКС. Продвижение странами БРИКС в условиях трансформаций энергетического фундамента мировой экономики и геополитической нестабильности деидеологизированного подхода к процессам обеспечения энергетической безопасности и устойчивого развития формирует каркас глобальной системы энергетических поставок. Параллельно в рамках долгосрочного перехода на расчеты в национальных валютах и усиления влияния финансовых институтов объединения происходит трансформация системы реализации энергетических проектов, в том числе в сегменте возобновляемой энергетики. Устройство Нового банка развития БРИКС в контексте масштабного стимулирования деятельности профильных энергетических компаний и инвесторов позволяет рассматривать эффективность проектов на базе ВИЭ вне доктринального воздействия развитых стран – импортеров энергоресурсов.

7. Сложносоставная *Модель оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при конкурсном отборе проектов возобновляемой генерации* является синтезом разработанного теоретического подхода к определению уровня энергетической безопасности в контексте стран БРИКС и опирается на пошаговый процесс отбора эффективных по техническим и экономическим параметрам проектов. На основе материалов трех глав, включенных в разработку инструментария, представлена Модель, состоящая из 7 этапов, направленных на повышение качества отбираемого проекта с учетом совокупности представленных индикаторов макроэкономического и локального (инвестиционного и производственного) характера.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В КОНТЕКСТЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

1.1. Теория международной экономической интеграции и этапы развития энергетических институтов группы БРИКС

Последовательное движение мирового сообщества к созданию стабильной и гармонизированной системы торговли с целью обеспечения оптимального баланса между конкурентными преимуществами национальных индустрий и устойчивым развитием региональных образований реализуется через институты международной экономической интеграции. Процесс разделения труда в рамках свободного движения продукции и факторов производства на макроуровне происходит через создание экономических объединений стран с инструментами коллективной реализации внешней политики, долгосрочных стратегий и индикативных планов. На микроуровне это представлено в виде усиления транснациональных связей корпоративного сектора и инвестиционных организаций.

В качестве ответа на широкий перечень геополитических вызовов и проблем повышения производительности труда на базе инновационных технологических решений происходит формирование целостных трансграничных хозяйственных объединений с общими подходами к внешнеторговой, фискальной, валютно-финансовой, научно-технической, социально-экономической, оборонной политике. Коллективный ответ основан на синергетическом эффекте от введения единой валюты, усиления технологической инфраструктуры и решения общих задач устойчивого экономического роста.

Энергетический кризис 1970-х гг. стал триггером объединения развитых стран для совместного инвестирования в новые источники энергии в дополнение к ископаемым видам топлива и минимизации рисков разрыва цепочки поставок углеводородов. В этой связи в многосторонние концепции возникновения

региональных объединений добавляются вопросы обеспечения энергетической безопасности. Неразрывность тематики бесперебойного энергоснабжения и социально-экономического развития лежит в основе институционального сотрудничества стран БРИКС[12].

На современном этапе БРИКС является площадкой для диалога глобального масштаба. Варианты форсирования ее развития находятся в плоскости демографии, энергетики, промышленного производства и обусловлены ресурсным потенциалом и масштабом территории. Это происходит в рамках концепции комплексной взаимозависимости Роберта Кеохейна (*Robert Owen Keohane*) с учетом тенденций радикальной трансформации Вестфальской модели мира[13].

Появление акронима БРИК связано с Джимом О'Нилом (*Jim O'Neill*), представителем рейтингового агентства Goldman Sachs. В 2001 г. в рамках исследования глобальных тенденций были объединены в один ряд Бразилия, Россия, Индия и Китай. Выявлены общие закономерности экономического роста в представленных государствах: крупные развивающиеся рыночные системы с высоким уровнем инвестиционной привлекательности. Их прогнозные показатели значительно превосходят аналоги «Большой семерки». В то же время это предположение не гарантировало возможность объединения данных стран в виде единого стратегического блока в противовес развитым экономикам. В тот временной период повестка углубления экономических и политических связей не стояла перед государствами БРИК. В 2011 г. в состав площадки БРИК была включена ЮАР. Все страны БРИКС классифицируются как рынки с формирующейся рыночной экономикой.

Термин «рынки с формирующейся рыночной экономикой» был предложен экономистом Всемирного банка Антуаном ван Агтмелем (*Antoine Van Agtmael*) в

---

[12] В формате БРИКС участвуют Бразилия, Россия, Индия, Китай и Южно-Африканская Республика. В модель трансрегионального взаимодействия БРИКС включены три континента и задействованы основополагающие цивилизационные модели.

[13] Государственно-центристская система международного взаимодействия, в которой в качестве главного актора выступает суверенное государство. Вестфальский договор от 1648 г. обусловил формирование новой разновидности мироустройства, где суверенитет впервые представлен атрибутом страны, а не монарха.

1981 г.[14]. Это переходный этап между развивающимся и развитым состоянием экономики. Критериям рынка с формирующейся рыночной экономикой соответствуют более 50 стран[15]. На долю этих рынков в совокупности приходится более 60% мирового населения и 45% мирового ВВП. Как страны с развивающимися институциональными системами, участницы БРИКС имеют ряд важных общих характеристик. В их числе: менее развитая, но стремительно развивающаяся экономика, высокая численность населения, влиятельное правительство и готовность расширять свое присутствие на мировом рынке[16].

Развитие страны считается устойчивым только в том случае, если ее экономическое развитие не причиняет ущерб окружающей среде, является экономически эффективным и направлено на повышение уровня благосостояния населения. В частности, для стран – участниц БРИКС зависимость между экономическим ростом и ухудшением экологической обстановки особенно значима по причине высокой важности экономики и возможных проблем устойчивого развития, с которыми эти страны могут столкнуться в среднесрочной перспективе.

Трансформация систем международной кооперации вписывается в рамки совокупности современных теоретических подходов, основой которых в 1950-е годы послужил неолиберализм. Его яркие представители Моррис Аллэ (*Maurice Allais*) и Вильгельм Рёпке (*Wilhelm Ropke*) аргументировали создание общей для нескольких государств зоны торговли. Принципы функционирования экономического пространства основывались на капиталистических механизмах и стихии рынка. Это должно обеспечиваться за счет отстранения государства от влияния на процессы конкуренции и обеспечения им только мониторинговых

---

[14] Dezem, V. World's Best Breezes Lead to Cheapest Wind Power in Brazil // Bloomberg.com. – 2018. Режим доступа: https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-01-10/world-s-best-breezes-lead-to-cheapest-wind-power-in-brazil.

[15] Vercueil, J. Les Pays Émergents. Brésil – Russie – Inde – Chine. Mutations Économiques Et Nouveaux Défis. – 3rd ed. – Charenton: Bréal Editions, 2012. – p. 230–250.

[16] Azevedo, V., Sartori, S. and Campos, L. CO 2 Emissions: A Quantitative Analysis Among the BRICS Nations // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – 81. – P. 107–115.

функций. Ключевой тезис заключается в неэффективности административного влияния на международные рынки, что в случае неолиберализма приводит к дисбалансу торговой системы, повышает риски инфляции и снижает уровень платежеспособности.

Абстрактность подхода раннего неолиберализма противоречила реалиям главенства геополитических факторов над идеологией свободного рынка. Более поздние воззрения данной школы отражены в представлениях Белы Балашша (*Bela Balassa*), который уже видел интеграционные процессы как баланс государственных и экономических интересов с учетом эволюционных преобразований институциональных связей. В своей работе «Теория экономической интеграции»[17] Бела Балашша представил ставшие типовыми пять стадий формирования интеграционного объединения:

1. Создание трансграничного объединения – *зона свободной торговли*, в котором продукция свободно торгуется на всех этапах сбытовой цепочки. Операции по ввозу, хранению, обработке, производству, реконфигурации и реэкспорту товаров и услуг не облагаются таможенной пошлиной.

2. Эволюция интеграционных процессов на базе межгосударственных договоров с целью образования единой таможенной территории приводит к созданию *таможенного союза*. В модели трансграничного партнерства появляются элементы наднационального контроля экономической деятельности[18].

3. Преобразование коллективных внешнеторговых институтов с обеспечением свободы движения капитала и рабочей силы (факторы производства), помимо товаров и услуг, формирует *общий рынок*[19].

4. На базе конструкции общего рынка происходит гармонизация налоговой и монетарной систем. Наднациональные органы получают компетенции, связанные

---

[17] Balassa, B. The Theory of Economic Integration. Allen and Unwin, 1973. – 304 p.

[18] В представлениях неолиберальной экономической школы таможенный союз является разновидностью коллективного протекционизма.

[19] На стадии общего рынка трансграничного движения продукции и факторов производства обеспечивается наднациональными организационными структурами. Для третьих стран внедряется единый внешний тариф. Данная форма предполагает активное политическое сотрудничество на уровне межведомственных комиссий с действующими секретариатами.

с контролем и реализацией единой макроэкономической стратегии. Центральное значение приобретает создание эмиссионных центров на основе межгосударственных соглашений. Осуществление комплекса интеграционных действий позволяет перейти от общего рынка к *экономическому и валютному союзу*.

5. В завершение формирования единой экономической системы происходит ее преобразование в *политический союз,* где происходит всестороннее объединение и синхронизация территориальных единиц в общий политический контур.

На площадке неолиберализма в 1960-е годы формируется идеология корпорационализма. Сидней Рольф (*Sidney Rolf*) и Юджин Ростоу (*Eugene V. Rostow),* проведя анализ триггеров интеграции, выявили базисное значение транснациональных корпораций: их становление позволяло обеспечить баланс внешнеэкономических связей и вытесняло традиционные механизмы регулирования торговых систем на основе административных и рыночных принципов.

В противовес открытым экономическим системам и свободному рынку активно выступали последователи структурализма. Гуннар Мюрдаль *(Gunnar Myurdal)*[20] выразил сомнение в эффективности принципов свободного движения труда, капитала и продукции для конвергенции мирового хозяйства и предположил вероятность усиления диспропорций в доходах развитых и развивающихся стран. Эффективная экономическая интеграция является здесь результатом глубоких институциональных трансформаций. В этом контексте главной проблемой виделось стимулирование производительности труда, в отличие от повышения нормы прибыли капитала.

Компромисс между представлениями неолиберальной экономической школы и идеями структурализма начал формироваться на основе неокейнсианства.

---

[20] Гуннар Мюрдаль получил Нобелевскую премию в 1974 году по экономике: за фундаментальные исследования по теории денег и детальный анализ связи экономических, социальных и институциональных процессов.

Пол Самуэльсон (*Paul Samuelson*) и Ричард Купер (*Richard Couper*)[21] предприняли попытку синтезировать взгляды Джона Кейнса (*John Keynes)* с неоклассическими экономическими моделями. Идеи синхронизации разноплановых процессов внешнеэкономического сотрудничества – в формате сохранения синергии развития институтов международной торговли при максимизации степени свободы принятия политических решений на уровне государств, включенных в процесс взаимодействия.

Были рассмотрены две потенциальные опции экономической интеграции: первый вариант предусматривал утрату государством-участником ряда политических свобод, второй – сохранение полного суверенитета и автономности. Иной взгляд представил Ян Тинберген (*Jan Tinbergen*), в работах которого нивелируется роль экономической саморегуляции в интеграционных процессах и на передний план выступает координационная деятельность международных институтов.

Энергетическая безопасность представляется сложнейшей программной задачей для правительств по причине непрерывного роста спроса на сырье и по причине неопределенности в конъюнктуре рынков, в том числе из-за спекулятивной надстройки. Геополитические трудности в удовлетворении этого спроса связаны с двумя базовыми рисками: 1) нехватка энергоресурсов в подавляющем большинстве стран; 2) ужесточение экологических нормативов и введение различных углеродных сборов на традиционные энергоносители. Хотя акцент в борьбе за доступ к ресурсам все больше сводится к технологической части, проблемы энергобезопасности тесно связаны с геополитической ситуацией в мире. Они оказывают влияние на международную торговлю, экономику и внешнюю политику как импортеров, так и экспортеров энергосырья. Взаимозависимость факторов экономического роста, промышленного развития и энергетического обеспечения лежит в основе формирования основных международных институциональных форм кооперации.

[21] Cooper, R. The Economics of Interdependence. McGraw-Hill, 1968. – 288 p.

Современные государства используют энергетику для реализации своих ключевых политических целей. Проблемы, связанные с энергетическим сектором, стали сегодня центральной темой политических дискуссий. Едва ли возможно обеспечить социально-экономическое развитие, не обладая или не имея возможности контролировать и приобретать стратегически важные энергетические ресурсы.

Поскольку страны отходят от преимущественного использования традиционных источников топлива, то сама идея энергобаланса подвергнется в будущем значительным изменениям. Ветровая, солнечная, геотермальная энергия и энергия приливов – это те неископаемые виды топлива, использование которых существенно увеличилось за последние десятилетия по сравнению с ядерным топливом, гидроэнергией и всеми видами ископаемого топлива.

Общее использование энергии в странах с формирующейся рыночной экономикой стремительно растет. Эти страны объективно увеличивают энергопотребление, чтобы поддерживать свое социально-экономическое развитие. Предполагается, что в рамках обычного сценария развития энергетики по крайней мере в ближайшие два десятилетия это увеличение будет происходить в основном за счет нефти и угля[22].

Рассматривается общая тенденция управления стратегиями в области ВИЭ в странах БРИКС. Безусловно, между этими странами существуют большие различия с точки зрения размера, социально-экономических условий и моделей использования энергоресурсов.

В ближайшем будущем Китай останется крупным импортером нефти, а Бразилия станет крупным экспортером сырой нефти. Тем не менее и Китай, и Бразилия строят оптимистичные планы в отношении того, как они будут реализовывать необходимость следования пути к переходу к устойчивой энергетике. Более того, Китай и Бразилия обладают взаимно дополняющими друг друга компонентами ВИЭ, которые могут быть беспрепятственно использованы.

[22] International Energy Agency. Electricity generation by fuel and scenario, 2018-2040. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/electricity-generation-by-fuel-and-scena-rio-2018-2040, свободный. – (май 2022).

Это открывает большое окно возможностей для совершенствования энергетического сотрудничества между Китаем и Бразилией. Энергетическое сотрудничество этих стран должно охватить их инновационные и технологические возможности в целях способствования переходу от ископаемого топлива к ВИЭ в среднесрочной перспективе.

Энергетическая политика Китая развивается на основе комбинации контроля из центра, осуществляемого администрацией правительства, и инвестиционных планов для частных и государственных энергетических компаний, ведущих свою деятельность в стране. Несмотря на то, что углеводороды Китая привлекают все больше международного внимания, уголь все еще является столпом китайской энергетической системы. На долю ископаемого топлива приходится около двух третей первичной энергии, используемой в Китае. Несмотря на то, что Китай планирует увеличить долю ВИЭ в своем энергобалансе, особенно долю ветровой и солнечной энергии, потребление ископаемого топлива за последние несколько лет быстро увеличилось, и тенденция не изменяется.

Китай обладает относительно небольшим запасом углеводородов. В результате, будучи не способным найти собственные месторождения для удовлетворения национального спроса, Китай стремится усилить сотрудничество в рамках своего географического региона, считая Россию своим ключевым партнером в импорте энергоресурсов.

Долгосрочная энергетическая стратегия России сформировалась не на фоне снижения потребности в энергии, получаемой из традиционных источников, а скорее в результате наличия существенного гидротехнического потенциала, полноценное использование которого способно полностью покрыть текущие и перспективные объемы потребления электроэнергии[23].

Тенденция к увеличению доли возобновляемых источников энергии без поддержки со стороны интеграционной политики все еще остается актуальной как

---

[23] Высшая школа экономики. Современные производственные силы: от догоняющего к опережающему развитию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/folder/-qds77h0d57/direct/77531529.pdf. свободный.

для России, так и для Китая. В соответствии с последними заявлениями китайского правительства первостепенной задачей для страны является создание комплексного набора мер для стимулирования дальнейшего распространения ВИЭ в регионах. В результате это окажет огромное влияние на скорость интеграции ВИЭ в менее развитых регионах на юге и юго-востоке страны. В России различные экономические проблемы накладывают строгие ограничения на разработку дополнительных федеральных схем по поддержке ВИЭ.

Концептуальный подход Индии к обеспечению экономического роста на базе собственных ресурсов представлен в доктрине «Комплексная энергетическая политика». В индикативном документе на институциональном уровне предлагается решение задач по сокращению объема импорта энергоресурсов, электрификации населения и устойчивому развитию. Все три задачи решаются через рост доли ВИЭ в топливно-энергетическом балансе с локализацией наилучших доступных технологий и их тиражированием. Созданные Национальная инициатива в солнечной энергетике (National solar initiative) и Солнечный альянс (Solar alliance) являются ключевыми столпами электрификации населения в Индии.

В стратегическом подходе к энергетике в ЮАР прослеживается сложившаяся традиция опоры на собственные технологии и ресурсы. Современные вызовы, в том числе связанные с ужесточением экологической повестки и пограничных углеродных налогов, обуславливают актуальность поиска вариантов имплементации мер по формированию новых производственных сегментов на базе конкурентных преимуществ эффективной химической промышленности с наличием уникальных действующих предприятий по производству широкого перечня синтетической продукции из угля.

Обширные месторождения металлов платиновой группы (первое в мире место по объемам добычи платины и иридия) и потенциал электроэнергетической базы на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) являются ключевыми предпосылками для создания в ЮАР полной производственной цепочки топливных водородных элементов, что в потенциале создает неоспоримое конкурентное преимущество при производстве и экспорте «зеленого» водорода.

1.2. Концептуальные основы энергобезопасности национальной экономики

Тенденции развития энергетических рынков и события, происходящие на международной арене, сводятся к следующему. Геополитические трансформации и совокупность социально-экономических проблем, имеющих отношение к конкретным регионам и странам, породили вопросы об отсутствии универсального определения энергетической безопасности. В силу резких флуктуаций цен на углеводороды и поступательных технологических преобразований в глобальной энергетической системе наблюдается необходимость разработки универсальной модели на базе системы количественных и качественных критериев.

Не существует единого мнения относительно того, какое из определений энергетической безопасности является наиболее точным и в то же время универсальным. Проблема обеспечения энергетической безопасности и связанные с ней вопросы анализируются с разных точек зрения: стран – импортеров и стран – экспортеров энергоресурсов. Представление и анализ различных фрагментированных определений, предложенных отдельными исследователями, международными органами, энергетическими агентствами, правительственными учреждениями, позволит синтезировать полную, многоуровневую концепцию энергетической безопасности и связанные с ней аспекты.

Прежде всего, рассматриваемая тематика состоит из двух ключевых понятий: обеспеченность энергоресурсами и национальная безопасность. Обеспеченность энергоресурсами[24] – это необходимое изначальное условие экономического развития, тесным образом связанное с вопросами экологии, промышленной и социальной сферами. Неоднократно подчеркивается наличие устойчивой и документально зафиксированной корреляции между обеспеченностью

[24] Понятие «обеспеченность энергоресурсами» сопоставимо с понятием «энерго-обеспеченность». Однако подразумевает наличие у предприятия, страны или отрасли не только электричества, которое обеспечивает их функционирование, но и прочих топливных и возобновляемых ресурсов.

энергоресурсами и долгосрочным экономическим ростом[25]. В широком контексте национальная безопасность обусловливает состояние защищенности государства от внутренних и внешних вызовов. Самое общее определение энергетической безопасности вытекает непосредственно из сочетания этих двух терминов.

Актуальность бесперебойных поставок усилилась в начале XX века по причине возрастающего потребления производных нефти воинскими подразделениями. Это дало толчок появлению первых очерков по данной тематике. Интерес к пониманию процессов обеспечения энергетической безопасности возрос из-за коллективного давления стран-экспортеров. Сам термин формировался в среде западных движений по мере развития нефтяного кризиса 1973–1974 гг. Тем не менее после стабилизации цен на ресурсы в 1980–1990-е гг. интерес к научным разработкам угас.

Определение «энергетическая безопасность» было закреплено представителями Копенгагенской школы в 1990-х гг. применительно к теории международных отношений и исследований в области безопасности как «обеспечение стабильного, непрерывного потока энергии». Впоследствии параметры достаточности и стабильности в обеспечении энергоресурсами стали рассматриваться как важнейшие составляющие благополучия государства. Несмотря на это, теория «секьюритизации» Копенгагенской экономической школы не полностью отражает современные реалии.

Очередным стимулом к фокусированию разрозненных понятий стало резкое увеличение в 2000-х годах спроса на углеводороды в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Термин «энергетическая безопасность» так и не получил четкого определения. Это понятие остается весьма расплывчатым: у него нет общего толкования, и его значение сильно зависит от контекста[26]. Определения часто носят скорее теоретический характер, не представляя конкретной ценности для

[25] Fermann, G. What Is Strategic About Energy? De-Simplifying Energy Security. / The Political Economy of Renewable Energy and Energy Security. Common Challenges in Japan, China and Northern Europe / E. Moe and P. Midford, Ed. – New York: Palgrave Macmillan, 2014. – P. 21.
[26] Kruyt, B., van Vuuren, D., de Vries, H. and Groenenberg, H. Indicators for Energy Security // Energy Policy. – 2009. – 37(6). – P. 2166–2181.

формирования стратегии внутриотраслевого развития и внешней политики[27].

Представляется важным начать с того, как определяют понятие «энергетическая безопасность» различные международные органы. Итак, Международное энергетическое агентство определяет энергетическую безопасность как «бесперебойный доступ к энергетическим ресурсам по приемлемым ценам». В Программе развития ООН (ПРООН) энергетическая безопасность определяется как «постоянная доступность энергии в различных формах, в достаточных количествах и по разумным ценам». Есть еще две важные интерпретации этого термина. ЕС рассматривает энергетическую безопасность как «способность гарантировать обеспечение в будущем жизненно важных энергетических потребностей за счет соответствующих внутренних ресурсов на экономически приемлемых условиях, либо стратегических резервов, а также доступных и устойчивых внешних источников с дополнительным привлечением (при необходимости) стратегических запасов»[28].

Возможность расширенной трактовки понятия создает прецеденты оправдания неэффективной технико-экономической политики масштабного внедрения ВИЭ с низким коэффициентом использования установленной мощности (КИУМ) или, наоборот, позволяет проводить рискованные операции для доступа к стратегически значимым месторождениям. Это приводит к существенному перекосу в сторону энергетической политики, продвигающей интересы определенных групп – как правило, стран – импортеров или экспортеров энергоресурсов.

В Североатлантическом блоке энергетическую безопасность рассматривают как проблему, связанную с множественными актами агрессии, региональными конфликтами и политической нестабильностью, которые могут создавать угрозу странам – участницам НАТО. Две последние точки зрения отражают позицию

---

[27] Winzer, C. Conceptualizing Energy Security. / Working papers // Economics. – Cambridge: University of Cambridge, 2011. – P. 1–36.

[28] Energy Security Strategy // European Commission. – 2017. – [Online]. Available at: https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/energy-security-strategy.

Запада в отношении энергетической безопасности. Их объединяет идея тесной связи между наличием энергоресурсов и национальной безопасностью (в пределах стран – участниц ЕС и НАТО), что и было включено в их концепцию энергетической безопасности[29].

Терминология фрагментирована из-за двух основных причин: различия в ресурсной базе[30], ретранслированные при формулировке понятия «энергетическая безопасность»[31], и инфраструктурные аспекты (коммерческие и технологические) обеспечения бесперебойности энергоснабжения. Надежность предложения относится к фундаментальным факторам экономик стран-импортёров (ЕС, Японии, Республики Корея, Индии, Китая, США), тогда как надежность спроса затрагивает интересы экспортеров энергоресурсов (России, стран ОПЕК, Австралии, Норвегии, Канады).

В академической литературе существует избыточное количество разносторонних определений термина «энергетическая безопасность», каждое из которых фокусируется на аспектах в ущерб другим.

Неолиберальная школа концентрируется на значении транснациональных организаций и кооперации национальных игроков и ТНК на общей площадке. Сохранение баланса интересов экспортеров и импортеров является главенствующей идеей представителей неолиберализма. При этом существует иерархия контроля, во главе которой находятся международные организации. Эти взгляды несут сугубо глобалистские идеи в трактовку понятия энергетической безопасности. Мировоззрение активно продвигается через коллективные организации стран-импортеров, в том числе Международное энергетическое агентство.

---

[29] Shea, J. Energy Security: NATO's Potential Role // NATO Review [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nato.int/docu/review/2006/NATO-Transformation/energy_security_potential_role/EN/-index.htm, свободный.

[30] Существует огромная разница между тем, как потребители и производители энергии понимают надежность предложения для первых и надежность спроса для вторых.

[31] Couder, J. (2015). Energy System and Security. Literature Review on Energy Efficiency and Energy Security, Including Power Reliability and Avoided Capacity Costs. Calculating And Operationalizing the Multiple Benefits of Energy Efficiency in Europe // University of Antwerp. Режим доступа: http://combi-project.eu/wp-content/uploads/2015/09/D7.1.pdf.

Неомарксисты в противовес неолибералам подчеркивают тенденцию маргинализации народов мира из-за бесконтрольного распространения стихии империализма: в их понимании развитые западные государства обеспечивают геополитическими действиями доступ к ресурсам третьих стран и аккумулируют сверхприбыль на постколониальной экономической модели взаимоотношений, не учитывая интересы коренного населения.

Компромисс во взаимодействии государственного и частного секторов через опосредованные структуры национальных органов лежит в основе исследований школы международной политэкономии. Энергетическая инфраструктура представляется как второстепенный элемент в балансе интересов государства и рынка. Здесь глобальное взаимодействие видится в качестве конкуренции в плоскости безопасности, кредитно-денежной, индустриальной и научной. Конкурентная борьба государств остается главным триггером политико-социальных трансформаций[32].

Теоретические взгляды неореалистов обусловлены «международным хаосом», в котором национальные правительства стремятся к стабильности и предсказуемости внешнеэкономической ситуации. Риски неблагоприятной конъюнктуры минимизируются через создание интеграционных объединений. В случае стран-экспортеров, где наблюдается усиление государственного сектора, экономической школой введено понятие «ресурсный национализм».

Отдельно следует выделить умеренный геополитический подход к формированию каркаса транснациональных потоков энергоресурсов. Он базируется на представлениях о конкурентной борьбе стран за доступ к углеводородам. Главная аксиома – это диверсификация источников, маршрутов и участников экспортных/импортных операций.

Существует тесная связь между понятиями «энергетическая безопасность» и «энергетическая зависимость». Энергетическая зависимость ассоциируется с геополитическими системами влияния. Асимметричная взаимозависимость делает и

[32] Дениз Д.С. Потенциал возобновляемой энергетики и трансформация глобального топливно-энергетического баланса: теоретические аспекты / Салыгин В. И., Дениз Д. С. // Вопросы инновационной экономики. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 1893–1904.

импортеров, и экспортеров энергоресурсов гораздо более уязвимыми. Энергетическая безопасность – это продукт многочисленных взаимодействий и взаимозависимостей в сложной системе.

Диверсификация предложения, источников и спроса является одной из наиболее широко используемых стратегий. Она зародилась в первые десятилетия XX века, когда Уинстон Черчилль заявил, что диверсификация – это ключ к обеспечению безопасности страны. Диверсификация охватывает три направления: диверсификацию структуры топливно-энергетического баланса, предложения и расширение географии отдельных предприятий.

Первое направление свидетельствует, что упор лишь на один вид энергии автоматически приведет к снижению энергетической безопасности. Диверсификация структуры топливно-энергетического баланса смягчает последствия от перебоев в поставках в отношении одного источника, предлагая альтернативы, удовлетворяющие интересы как потребителей, так и производителей, для которых устойчивость рынков является вопросом первостепенной важности[33]. И развитые, и развивающиеся страны начали процесс диверсификации энергетических источников главным образом путем развития и использования ядерной, ветровой, солнечной энергии, малых ГЭС и других новых видов энергии.

Эта идея нашла широкую поддержку со стороны МЭА, которое подчеркивает критическую важность перехода к применению современных видов топлива для будущего экономического развития страны. Критерием в оценке эффективности страны/региона в таком переходе является индекс энергетического развития (*The Energy Development Index, EDI*).

Модель диверсификации распространяется на поставщиков/покупателей и географию экспорта/импорта. Второе направление по повышению эластичности спроса и предложения в рамках неолиберальной школы сводится к обеспечению присутствия на рынке множества поставщиков сети энергетических компаний и

[33] Yergin, D. Ensuring Energy Security // Foreign Affairs [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.foreignaffairs.com/articles/2006-03-01/ensuring-energy-security, свободный.

контролирующих их международных организаций[34]. Третье направление – расширение географии, подразумевает обеспечение адаптивности энергетики при очерчивании энергетической политики. Конечная цель – это гарантия защиты мировой энергетической системы от ценовых флуктуаций и спектра геополитических и инфраструктурных рисков.

Лишь в нескольких недавно опубликованных программных документах отмечается необходимость включения проблемы климатических изменений в концепцию энергетической безопасности. На это имеется ряд причин. Политика в области изменения климата может негативно повлиять на энергетическую безопасность. Другими словами, такие меры, как ускоренный вывод угольных и атомных станций, растущие субсидии сектора промышленности, связанного с источниками возобновляемой энергетики, а также введение новых налогов на выбросы углекислого газа, могут привести к снижению доступности энергоресурсов и дальнейшим колебаниям и нестабильности на энергетическом рынке.

Есть веский довод, что «инструменты обеспечения энергетической безопасности и инструменты борьбы с глобальным потеплением, например, расширение поставок ископаемого топлива, субсидирование энергетики или несогласованное развитие возобновляемых источников энергии, могут противоречить друг другу»[35].

Нет сомнений, что энергетические проблемы, возникающие параллельно с растущей обеспокоенностью состоянием окружающей среды, затрагивают энергетическую безопасность. С одной стороны, ужесточение экологических норм стимулирует увеличение доли возобновляемой энергетики[36] в глобальном ТЭБ. С другой стороны, существует ряд противоречий между тенденциями

---

[34] Вопросы повышения уровня энергетической стабильности и, следовательно, энергетической безопасности детально рассмотрены в работе: Luft, Gal, Anne Korin and Eshita Gupta. Energy Security and Climate Change: A Tenuous Look / The Routledge Handbook of Energy Security / Benjamin J. Sovacool (ed.). – Abingdon and New York: Routledge, 2011.

[35] Luft, Gal, Anne Korin and Eshita Gupta. Energy Security and Climate Change: A Tenuous Look / The Routledge Handbook of Energy Security / Benjamin J. Sovacool (ed.). – Abingdon and New York: Routledge, 2011.

[36] Mitchell, C., Watson, J. and Whiting, J. New Challenges in Energy Security. – 1st ed. – New York: Palfrave Macmillan, 2013.

протекционизма и перераспределением ренты стран-экспортеров через механизмы углеродных налогов.

Риск трансформации механизмов торговли энергоресурсами неразрывно связан с политикой устойчивого развития. Процесс ужесточения экологической политики в области изменения климата и планы Европейского союза по созданию механизма взимания пограничной пошлины со стран – экспортеров ресурсов за выбросы углерода при производстве актуализируют вопросы улавливания и сокращения выбросов CO_2[37].

В официальном заявлении Европейского парламента от 05.02.2021 г. отмечается следующее: «Чтобы повысить глобальные климатические амбиции и предотвратить «утечку углерода», ЕС должен установить пограничную пошлину на продукцию с углеродным следом в части ее импорта из стран с менее амбициозными климатическими политиками» [38].

Углеродный налог распространяется на широкий перечень импорта продуктов и товаров, которые подпадают под действие европейской системы торговли выбросами *ETS*[39]. В том числе учитываются звенья цепочки формирования добавленной стоимости.

Объем мирового рынка торговли выбросами углерода в 2020 г. составил 229 млрд евро[40] (около 11 млрд тонн выбросов парниковых газов). При этом впечатляют темпы его роста – 20% в год. На ЕС приходится 90% объема торговли выбросами. В ЕС выбросы торгуются через платформу по выбросам Emissions Trading System, ETS с помощью специальных сертификатов на выбросы European

---

[37] European Law database [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=-CELEX%3A32014R0609, свободный.

[38] European Parliament official website [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.europarl.europa.eu/news/en/-press-room/20210201IPR96812/carbon-levy-on-eu-imports-needed-to-raise-global-climate-ambition, свободный.

[39] Система торговли выбросами Европейского союза (EU ETS) была первой крупной схемой торговли выбросами парниковых газов в мире. Система была запущена в 2005 г. для борьбы с глобальным потеплением и является одним из основных столпов энергетической политики ЕС.

[40] В России на национальном уровне пока запускается лишь «мягкая» форма углеродного регулирования, которая вводит лишь обязательную углеродную отчетность для крупных эмитентов и возможность реализации добровольных проектов по снижению выбросов и поглощению парниковых газов.

Union Allowance, EUA. Наличие системы ETS и подобных механизмов экологического диктата является фактором в процессе оценки рисков и уровня энергетической безопасности в уравнениях перераспределения доходов при поставках энергоресурсов.

В ряде других определений делается акцент на экономическом аспекте понятия. Всемирный банк подчеркивает, что минимизация волатильности цен является одним из трех столпов энергобезопасности. Отмечается доступность объемов энергии, на которые имеется спрос по разумной цене[41]. Эта идея развивается – обеспечение стабильности цен на энергоресурсы в разумных пределах является одним из основополагающих принципов энергобезопасности. С экономической точки зрения типичное определение отсутствия энергетической безопасности состоит в возможной потере благосостояния в результате изменения цены или изменения фактического наличия ресурсов.

Исходя из сложившейся системы взаимосвязей следует отметить, что когда страны-импортеры способствуют сокращению спроса за счет стимулирования возобновляемых источников энергии, углеродного налога и энергоэффективности, они непосредственно влияют на производителей[42].

Стоит отметить, что экономические определения энергобезопасности не учитывают убытки государств от сокращения объемов или снижения экспортных цен и не разрабатывают механизмы их измерения. Существующие экономические определения энергобезопасности главным образом сосредоточены на надежности снабжения потребителей.

В неолиберальном подходе задачи учета интересов экспортеров решаются через глобализацию системы энергобезопасности и признание тезиса, что вся цепочка энергопоставок должна находиться под защитой международного сообщества.

---

[41] Le Coq, C. and Paltseva, E. Measuring the Security of External Energy Supply in The European Union // Energy Policy. – 2009. – 37(11). – P. 4474–4481.

[42] Labandeira, X. and Manzano, B. Some Economic Aspects of Energy Security // European Research Studies Journal [Электронный ресурс]. – [Режим доступа]: https://ideas.repec.org/a/ers/journl/vxvy2012i4p47-64.html, свободный.

Диалоги между всеми участниками играют важную роль в решении проблем спроса и предложения. Безопасность энерготранзита, которая считается частью энергетической безопасности поставок, становится в последние годы значимым самостоятельным компонентом энергетической безопасности. Процесс формирования терминологии представляется как поиск компромисса между позициями импортеров, экспортеров и стран-транзитеров.

Страны БРИКС на международной арене играют активную роль в разработке и продвижении сбалансированных концепций в области энергетической безопасности. Принципиальные их отличия от разработанных на основе критериев международного энергетического агентства подхода, синхронизированного с экономической моделью развитых стран, которые импортируют углеводороды, состоят в следующем:

В Китае обсуждение тезисов концепции энергетической безопасности значительно отличается от западных представлений. Долгое время это был внутриполитический вопрос, а не часть более широкой внешней политики. На данный момент этот вызов является колоссальной проблемой Пекина, стоящей на повестке дня, поскольку нет четкого понимания, какие направления необходимо включить, а также какие действующие лица из китайской бюрократии должны участвовать в дебатах по энергетической безопасности. Более того, Китай воспринимает энергобезопасность как способность быстро приспосабливаться к растущей зависимости от мирового энергетического рынка.

Ряд повесток дня на среднесрочную перспективу, которые в основном нацелены на ВИЭ, энергоемкость и энергоэффективность, направлены на значительное сокращение выбросов углерода к 2030 году[43]. Для достижения этой цели в энергетические сектора в течение этого десятилетия будет инвестировано до 770 млрд долл. Планируется ввод дополнительных 1200 ГВт солнечных и ветряных станций. Почти половину из этого будут представлять прямые инвестиции в ВИЭ, за исключением крупных гидропроектов. Однако будучи лидером в инвестициях в

[43] Weng, X., Dong, Z., Wu, Q. and Qin, Y. China’s Path to A Green Economy. Decoding China’s Green Economy Concepts and Policies // IIED Country Report. – London: IIED, 2015. – P. 2–24.

ВИЭ и уже выделив огромные финансовые ресурсы в этой области, Китай остается страной с переходной экономикой. Угольная генерация создает большие препятствия для всех усилий по сокращению выбросов парниковых газов.

Россия считает энергетическую безопасность неотъемлемой частью своей внешней политики. Подход к формированию долгосрочных стратегий отражен в документе «Доктрина энергетической безопасности Российской Федерации» от 2019 г.[44]. Он охватывает пять основных характеристик энергетической безопасности: открытость, всесторонний характер, равенство, эффективность и совместимость с соответствующими обязательствами по другим международным договорам. Особое внимание в нем уделяется безопасности спроса и предложения, которая должна являться ключевым аспектом глобальной энергобезопасности. Данные основные принципы актуальны для нынешних российских властей. При этом рассматриваются различные внешнеполитические аспекты экспорта: «стратегическое политическое давление России на международной арене растет из-за влияния в сфере энергетики, которое она оказывает на своих противников»[45].

Главной задачей на данный момент является уход от углеводородов как базового столпа экспортной энергетической политики. Россия унаследовала стратегию Советского Союза по развитию своего энергетического сектора и путей обеспечения его энергетической безопасности. Существуют несколько этапов формирования российского энергетического сектора и его энергетической политики после распада СССР в 1991 году. Наиболее важным является пятый этап, который начался с принятия новой Энергетической стратегии – 2035 (ЭС-2035). Стратегия определяет цели и принципы развития энергетики на следующие 15 лет и играет решающую роль в ряде правительственных инициатив, которые вместе образуют план модернизации и развития энергетического сектора России.

Россия шаг за шагом создает инновационный национальный энергетический сектор с особым упором на повышение эффективности производства. В ЭС-2035

---

[44] Официальный сайт Министерства энергетики РФ [Электронный ресурс]. – [Режим доступа]: https://minenergo.gov.ru/node/14766?ysclid=l400v8jkn6 258, свободный. – (август 2021).
[45] Там же.

подчеркивается необходимость модернизации энергетической инфраструктуры на основе крупномасштабного технологического обновления и формирования устойчивой благоприятной энергетической среды.

Бразилия рассматривает региональную интеграцию в качестве основы своей энергетической безопасности[46]. Для повышения уровня национальной энергетической безопасности правительство Бразилии более сорока лет системно укрепляет региональное сотрудничество. Это касается гидроэлектроэнергии, ВИЭ и традиционных источников энергии, таких как нефть и газ, поскольку Южная Америка обладает примерно 11,5% мировых запасов нефти и более 4% запасов газа. Тем не менее два нефтяных кризиса подтолкнули бразильское правительство к стремительной диверсификации ТЭБ. Были приняты меры с целью минимизации зависимости Бразилии от импорта нефти. Среди этих стратегий следует выделить использование внутреннего потенциала ВИЭ, а также интеграцию систем с Парагваем и Боливией.

Бразилия начала процесс перехода к низкоуглеродной экономике, при этом стремясь повысить свою безопасность поставок с помощью интеграции. Успех выбранной энергетической стратегии будет означать, что Бразилия одновременно закрепит свою позицию мирового лидера в области возобновляемой энергетики с ростом низкого уровня выбросов углекислого газа и в то же время займет позиции одного из крупнейших производителей нефти.

Правительство Бразилии предлагает различные виды стимулирования и обеспечивает гибкое регулирование области возобновляемой генерации как залога сохранения политики повышения энергетической безопасности. Двумя наиболее важными налогами, которые поощряют использование солнечного фотоэлектричества, являются следующие: налог на обращение товаров и предоставление услуг и налог на промышленную продукцию. В отношении оборудования для производства фотоэлектрической энергии действует нулевая налоговая ставка (которая будет действовать по крайней мере до 2023 года), иными

[46] Дениз Д.С. Возобновляемые источники энергии как элемент энергетической безопасности Бразилии: проблемы электрификации / Салыгин В. И., Дениз Д. С. // Вопросы инновационной экономики. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 2041–2050.

словами, налоговая ставка будет действовать, пока не будет налажено эквивалентное местное производство. В настоящее время большая часть фотоэлектрических модулей в Бразилии производится за границей.

В основе принципов Индии лежит доктрина «Комплексная энергетическая политика». Как один из крупнейших импортеров энергоресурсов с растущей экономикой, Индия стремится решить следующие задачи: нарастить добычу из собственных месторождений углеводородов с помощью улучшения инвестиционного климата и создания линейной инфраструктуры; развивать возобновляемую энергетику (с индикативными планами по доведению ее доли до 100%), а также инвестировать в зарубежные ресурсные проекты, в том числе в России[47].

Основа энергетики Индии – угольная генерация. В ее энергетическом комплексе существует потенциал для высвобождения финансовых ресурсов за счет имплементации на стратегическом уровне мероприятий по повышению энергетической эффективности. Устранение этой проблемы частично лежит в основе программ по электрификации населения и является ключевым приоритетом стратегического развития национальной энергетической системы.

ЮАР характеризуется ресурсной самодостаточностью[48]. В его ТЭБ превалирует уголь. Производство опирается на развитую отрасль углехимии[49]. Энергетическая система ЮАР является залогом надежного функционирования региональной системы. В силу факторов внешнего воздействия[50] акцент в развитии энергосистемы делается на собственных ресурсах. В «Главном плане по энергетической безопасности» (*Energy Security Masterplan*) это определяется как необходимость обеспечения диверсификации энергетических ресурсов в разумных количествах по доступной цене.

---

[47] Проект «Сахалин-1» является первым проектом ПАО «Роснефть» и государственной индийской компании Oil and Natural Gas Corporation Limited.

[48] Дениз Д.С. Кластеризация водородной энергетики в ЮАР: институциональные предпосылки и сотрудничество с Россией / Салыгин В. И., Дениз Д. С. // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2022. – Т. 18, № 4. – С. 727–744.

[49] Южноафриканская компания Sasol Limited является одним из технологических лидеров в производстве синтетического топлива из угля.

[50] На уровне Организации Объединенных Наций в 1962 году были приняты санкции против ЮАР.

Синтез фрагментированных воззрений и национальных интересов лежит в плоскости традиционных проблем бесперебойности поставок с учетом рисков, сопутствующих развитию технологической базы. Определение проблематики зависит от системы представлений различных экономических школ: международной политэкономии, неомарксистской, неореалистической, неолиберальной. Наряду с ними существует геополитический подход, совместимый с принципами теории конструктивизма.

Резкие ценовые колебания и отсутствие доступа к объектам энергетической инфраструктуры присутствуют во всех определениях энергобезопасности. Комплексный инструментарий трактовки энергетической безопасности через призму жизненно важных энергетических систем (*Vital energy systems*) аккумулирует в себе фрагментированные тезисы различных экономических школ. Базовая система критериев данного подхода является центральной при разработке *Модели оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при конкурсном отборе проектов возобновляемой генерации*.

Сущность подхода, отмеченная на Рисунке 1.1, представляет собой систему разноуровневых потоков с включением рисков, инфраструктурных особенностей, геополитических тенденций и степени адаптивности (диверсификации). В этом понимании энергетическая безопасность – это нивелирование потенциальных уязвимостей жизненно важной инфраструктуры. Интеграция краткосрочных и долгосрочных рисков в единую структуру является ключевым преимуществом в применении выбранного подхода.

Высокая вариативность конечных значений позволяет наглядно представить влияние обширного спектра факторов и выделить основные критерии эффективного функционирования национальных энергосистем. Критерии оптимизируются исходя из секторальных преимуществ, территориальных особенностей, масштаба, уровня надежности и адаптивности, диверсификации структуры топливно-энергетического баланса и развитости коммерческой части энергоинфраструктуры, а также с учетом геополитических, интеграционных и внутриблоковых предпосылок.



Рисунок 1.1 – Интеграция краткосрочных и долгосрочных рисков в модели *жизненно важных энергетических систем* (*Vital energy systems)*

Источник: составлено автором на основе Cherp A., Jewell J. The concept of energy security: Beyond the four As // Energy Policy. – 2014. – №75. – 415–421 pp.

Определение уровня энергетической безопасности каждой из стран БРИКС предполагается на основе разработанных в формате теоретических данных модели *жизненно важных энергетических систем.* Это детально представлено в главе 3.1. Разработка *Модели оптимизации уровня энергетической безопасности экономической эффективности при конкурсном отборе проектов возобновляемой генерации* в виде следующей системы критериев: 1) состоятельность ресурсной базы и структура производства; 2) обеспечение надежности поставок 3) экологический аспект, адаптивность социальной системы к повышению доли ВИЭ в ТЭБ.

На современном этапе расчет представленных системой критериев индикаторов демонстрирует достаточный уровень энергетической безопасности стран БРИКС и потенциал его повышения через многостороннею кооперацию на базе общей институциональной модели.

1.3. Роль возобновляемой энергетики в трансформации глобального топливно-энергетического баланса

Магистральным направлением инновационного развития является увеличение доли электричества в структуре ТЭБ. Это произойдет исходя из сравнительно высокого коэффициента полезного действия установок на электричестве по сравнению с топливными аналогами в сферах: транспорта, охлаждения, кондиционирования и отопления, промышленного производства. Снижение уровня потерь при преобразовании энергии оптимизирует расход первичных ресурсов.

Своевременное внедрение инноваций дает возможность трансформации энергосистемы. Ключевыми направлениями в этом случае являются: квалифицированное применение электричества, распространение распределенной генерации и возобновляемых источников энергии. Возобновляемая энергетика отвечает параметрам глобальной экологической доктрины и национальным подходам к обеспечению энергетической безопасности за счет собственных источников.

В диверсифицированных подходах к эволюции энергетических систем проявляется тенденция резкого роста доли возобновляемой энергетики и сокращения станций на угле. В соответствии с прогнозами Всемирного энергетического совета к 2050 г. доля возобновляемых источников энергии достигнет 41%. На Рисунке 1.2 представлен вариант изменения потребления энергии по видам топлива.

Низкая скорость вытеснения ВИЭ традиционных видов топлива, в особенности угля, обусловлена разностью в экономических параметрах и коэффициенте использования установленной мощности[51]. Также незрелость технологических решений и отсутствие коммерчески эффективных способов

[51] Коэффициент использования установленной мощности рассчитывается как отношение числа часов использования установленной мощности электростанции к 8760.

нивелирования неоднородной энергоотдачи усложняют процесс перехода к низкоуглеродной экономике.

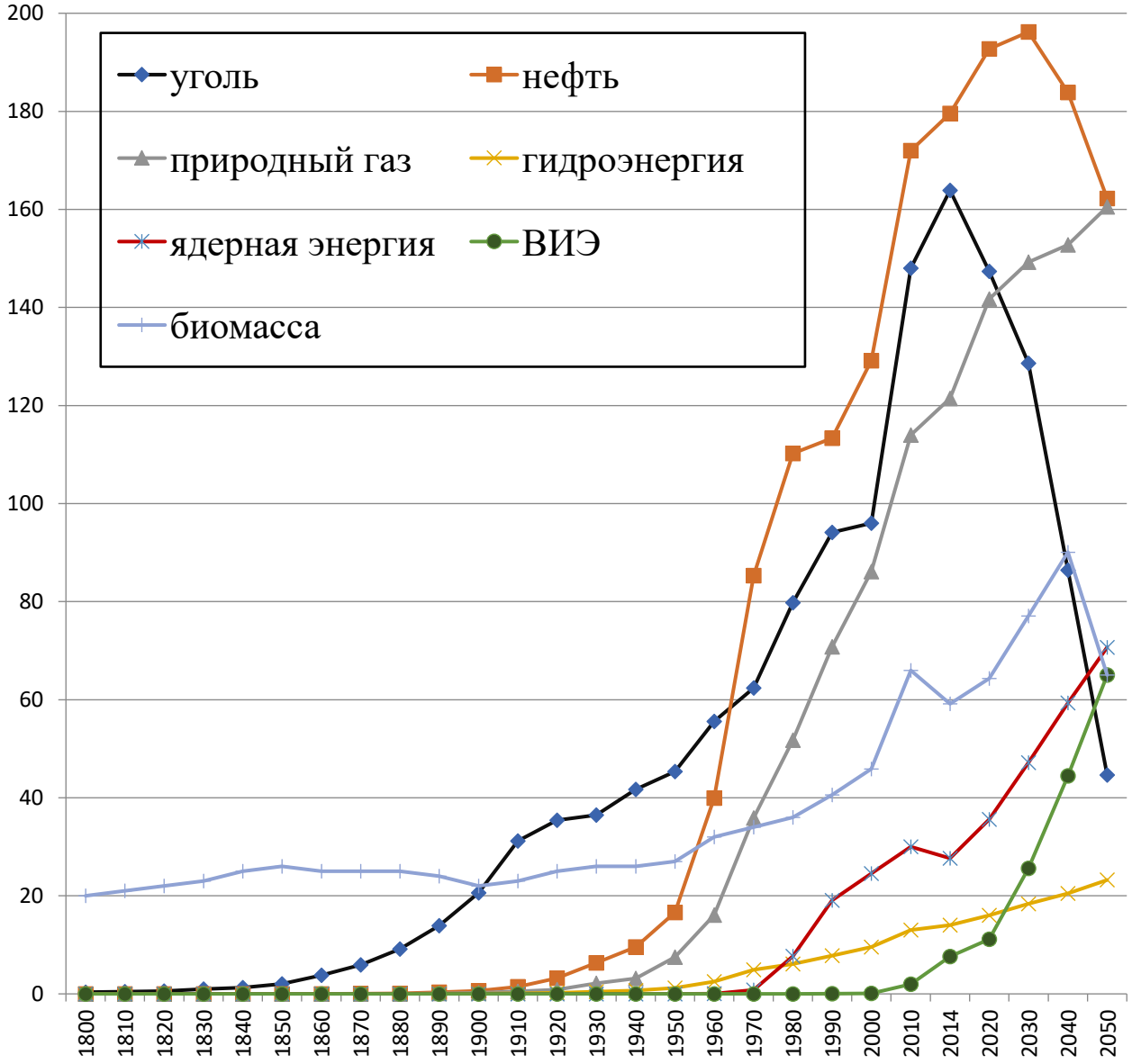


Рисунок 1.2 – Особенности потребления энергии по видам источников[52], 1800–2050 гг., ЭДж

Источник: разработано автором на основе базы данных Всемирного энергетического совета. Режим доступа: https://www.worldenergy.org/work-programme/strategic-insight/global-energy-scenarios/.

[52] В качестве ВИЭ на Рисунке 1.2 рассматриваются солнечная генерация, ветроэнергетика и геотермальные станции.

В представлении Йозефа Шумпетера (*Joseph Alois Schumpeter*)[53] минимизация бюрократической ренты и спекулятивных интересов приводит к экономическому росту за счет усиления инновационной части и, как следствие, к повышению конкурентоспособности национальной экономики. Эти идеи применимы к стержневым трендам эволюционного преобразования структуры топливно-энергетического баланса.

Аккумуляция прорывных технологий во время низкой активности рынков и их масштабная имплементация в период подъема делового цикла – цель прагматичной политики государства в области инноваций. При этом следует отметить необходимость развития обратных связей между разработкой нововведения и его внедрением. Сильная исследовательская система государства без возможности тиражирования решений минимизирует потенциал повышения конкурентоспособности экономики.

Активно продвигаемый Йозефом Шумпетером термин «созидательное разрушение» (schöpferische Zerstörung) наиболее точно отражает ключевую идею взаимосвязи качественного роста производства и инноваций – трансформация традиционных социально-экономических институтов с учетом изменения психологии восприятия новых процессов.

Термин «творческое разрушение» (созидательное разрушение) отражает нынешние тенденции в области энергетической безопасности и устойчивого развития. Структурные изменения в сфере технологий, отраслей промышленности и, что более важно, представления правительств относительно эволюции энергетической безопасности являются примерами проявления данной тенденции.

Технологии и структуры меняются с течением времени и в странах, где статус-кво сохраняется и нет быстрых темпов прироста валового внутреннего продукта. Страны, которым удалось имплементировать новые элементы в

[53] Циклы Кондратьева, разработанные в 1920-е годы Николаем Кондратьевым и впоследствии усовершенствованные Йозефом Шумпетером, представляют собой периодические явления сменяющихся подъёмов и спадов мирового хозяйства продолжительностью около 50 лет.

коммерческую и технологическую инфраструктуру энергосистем, включены в систему перераспределения инвестиционных потоков [54].

Четыре десятилетия назад Бент Сёренсен (*Bent Sorensen*) утверждал, что для того, чтобы выжить, человечество должно взять за основу комбинацию различных типов ВИЭ. В отличие от исчерпаемого ископаемого топлива возможна постоянная «регенерация» ВИЭ. Международное энергетическое агентство (МЭА) определяет возобновляемую энергию как энергию, возникающую на основе естественных процессов, которые восполняются быстрее, чем потребляются, но их поток ограничен [55].

Интерес к ВИЭ начал обретать инвестиционную и стратегическую составляющую более 30 лет назад в результате нескольких сочетающихся факторов и тенденций. Тем не менее необходимо признать, что такой структурный переход от невозобновляемых источников энергии может произойти не только в случае объединения усилий всего международного сообщества и преобладания в этой организационной структуре неолиберальных воззрений. Трансформацию национальных энергосистем следует рассматривать с глобальной точки зрения в политической, экономической и технологической областях.

В то же время в противовес политическим мотивам западных стран – импортеров энергоресурсов, которые включены в цепочку перераспределения прибыли от производства высокотехнологичной продукции и сервисных услуг государствами с профицитным балансом добычи и использования углеводородов, существуют более прагматичные взгляды на проблематику масштабного использования ВИЭ. Вытеснение традиционной генерации произойдет за счет сокращения капитальных расходов установок возобновляемой энергетики и изменения самой инфраструктуры генерации – аккумулирования – сбыта.

---

[54] Moe, E. Energy, Industry and Politics: Energy, Vested Interests, And Long-Term Economic Growth and Development // Energy, – 2010, – 35(4). – P. 1730–1740.

[55] What Is Renewable Energy? // Washington, DC: US Energy Information Administration (EIA). – 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.eia.gov/energyexplained/?page=renewable_home, свободный.

Преобладание политических факторов экологической повестки над реальной конъюнктурой рынка углеводородов и переоценка зрелости технологий, обеспечивающих стабильность работы энергосистем, а также низкий КИУМ ВИЭ и их зависимость от погодных условий способны привести к радикальному росту цен на традиционные энергоносители и вводу в эксплуатацию выведенных угольных станций.

Показательным примером низкого уровня адаптивности системы к внешним вызовам является дерегулированный рынок электроэнергии Великобритании, где с января по сентябрь 2021 г. оптовые цены на газ выросли на 250%. Децентрализация розничных и оптовых рынков позволила произойти следующему: розничные цены не изменились, а оптовые цены, в которые ретранслируется рост цен на природный газ, выросли в 2,5 раза. Это запустило цепочку банкротств в энергетическом секторе Великобритании. На уровне правительства активизирован процесс выкупа крупными операторами неликвидных активов с целью дальнейшего бесперебойного снабжения потребителей.

Несмотря на активные инвестиционные позиции крупнейших экономик, задача перехода к возобновляемой энергосистеме решается в формате нескольких циклов Кондратьева.

Никто не отрицает важность четких рамок как на региональном, так и на международном уровне для дальнейшего продвижения возобновляемых источников энергии. Для глобальной системы в целом с точки зрения энергетики существует основная цель – обеспечение всех доступными, надежными и устойчивыми поставками энергии[56]. В этой связи важно упомянуть, что цель, поставленная в сфере энергетики, в итоге направлена на обеспечение общего доступа к энергоресурсам к 2030 году, как указано в ПРООН[57].

---

[56] World Energy Outlook. Executive Summary // World Energy Outlook. – Paris: 131. – P. 1–12.

[57] Bassi, S. and Hicks, N. Onshore Wind Energy: What Are the Pros and Cons? // The Guardian/LSE/Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. Режим доступа: https://www.theguardian.com/environment/2012/sep/25/climate-change-windpower.

Поскольку изменение климата – факт для большинства стран, регулирование помогает создать основу для тех стран, которые стремятся выполнить свои обязательства по борьбе с выбросами вредных веществ. Ориентиром этого всеобъемлющего процесса международного регулирования является Парижское соглашение от 2015 г., ставшее кульминацией длительного и сложного процесса многосторонних переговоров.

Конференция по климату в Париже (*COP-21*) была посвящена формированию принципов коллективного ответа на климатические изменения через повышение эффективности и снижение уровня выбросов энергетического, индустриального и сельскохозяйственного секторов. Поиск компромиссного решения всего мирового сообщества стал базисом для разработки индикативных планов недопущения экологической катастрофы. Поэтапные меры снижения нагрузки на несущую емкость биосферы принимаются странами на основе собственного видения проблемы.

Среди множества поставленных ориентиров центральным является поддержка высоких темпов экономического роста и пропорционального развития энергетической сферы при сохранении объемов выбросов, согласованных в рамках цели 2 °C. В исследованиях МЭА зависимость между выбросами вредных веществ и глобальным потеплением представлена в виде климатической модели с несколькими вариантами развития событий к 2015 г. Увеличение среднемировой температуры к 2050 г. рассматривается в соответствии с тремя сценариями: 2 °C – интенсивный путь с основой на возобновляемой энергетике (предполагает двукратное сокращение выбросов); 4 °C – сохранение темпов синтеза инноваций и производства на текущем уровне, 6 °C – покрытие возрастающих потребностей экстенсивным способом.

Усиление системных рисков в сферах добычи, транспортировки и сбыта ископаемого топлива, повышение волатильности цен, ухудшение условий окружающей среды и надвигающееся изменение климата стимулируют инвестиции в технологии возобновляемой генерации. Следует отметить, что существуют четыре важных элемента, которые необходимо принимать во внимание, говоря о коммерческой зрелости ВИЭ. Во-первых, все технологии возобновляемых источников энергии

более капиталоемкие, чем стандартная газовая турбина с комбинированным циклом. Во-вторых, затраты на функционирование шельфовых ветропарков сопоставимы с аналогами по станциям на ископаемом топливе. В-третьих, возможность использования геотермальной, ветровой, солнечной и гидроэнергии ограничена географическими особенностями и погодными условиями. В-четвертых, неоднородная энергоотдача установок возобновляемой энергетики повышает волатильность дерегулированных рынков и способна привести к резким изменениям цены на электроэнергию.

С другой стороны, технологии быстро развиваются, никто не станет отрицать, что затраты на альтернативные источники энергии могут в будущем снизиться по множеству причин. Начнем с того, что фотоэлектрическая энергия солнечных батарей рассматривается как наиболее перспективный возобновляемый источник энергии[58]. Говоря о ценах на солнечную энергию, необходимо обозначить возможные гипотезы относительно результатов, продемонстрированных Ричардом Свонсоном (*Richard Swanson*), основателем Sun Power Corporation, в его исследованиях, которые позднее стали называть Законом Свонсона, представляющим собой анализ «кривой изучения или опыта», основанный на наблюдениях за отраслью фотовольтаики (ФВ). Приводится множество доказательств того, что цена фотоэлектрических модулей снижается на 20% при каждом удвоении общего поставленного объема[59]: цена в 1977 г. находилась на уровне 76,67 долл./Вт, а почти через 45 лет, к 2022 г., упала до уровня в 0,30 долл./Вт.

При текущей инновационной динамике затраты снижаются наполовину примерно каждые десять лет. Другими словами, при составлении графика соотношения цены модуля в долл./Вт и времени видно, что цена падает почти на 10% год. Некоторые эксперты возражают, утверждая, что солнечная энергия уже

[58] Pereira, E. and Lima, J. Solar and Wind Energy Assessment in Brazil. – Sao Jose Dos Campos: National Institute for Space Research (INPE), 2008. – P. 1–57; 67–80.
[59] Cavasin, E. and Guilhoto, J. Renewable Energy. Global and Brazilian Trends. – San Paulo: PwC. – 2013. – P. 1–51.

почти такая же дешевая, как и энергия, получаемая из угля, в Германии, Австралии, США, Испании и Италии. К 2030 г. прогнозируется снижение расходов еще на 66%[60].

Число стран, к которым применима такая тенденция, расширяется: ожидается, что Китай, Индия, Мексика, Бразилия и Великобритания оптимизируют затраты на солнечную энергию и к 2030 г. фотоэлектрическая энергия будет дешевле, чем один из их наиболее традиционных источников энергии – уголь. Солнечные (фотоэлектрические) панели рассматриваются как одна из возможностей сократить потребность в существующих крупных угольных и газовых предприятиях, поскольку эти располагаемые на крыше устройства могут охватить более 20% объема вырабатываемой энергии в ряде стран, варьирующихся от рынков с формирующейся рыночной экономикой, таких как Бразилия и Индия, до развитых стран, таких как Япония и Германия.

В соответствии с прогнозами Bloomberg New Energy Finance начиная с 2017 г. более 10,2 трлн долл. будет тратиться во всем мире на производство новой энергии, и более ¾ общего объема инвестиций будет направлено на проекты ветропарков и солнечной генерации.

Единовременно исследователь Джеймс Гриффин (*James Griffin*) утверждает, что несмотря на улучшенные экономические показатели солнечной и ветровой генерации, средств вкладывается недостаточно.

Рост инвестиционной привлекательности ветрогенерации заключается в производстве более эффективных и крупногабаритных турбин, усовершенствовании режимов операционных затрат, более высоком уровне конкуренции, экономии за счет роста масштаба производства. К 2030 г. предполагается снижение стоимости операционных расходов для наземных проектов на 47% и сокращение затрат шельфовых проектов на 70%.

Обратной стороной медали является продолжительность эксплуатации любого энергетического проекта. По данным управляющей компании Lazard, в

[60] New Energy Outlook // Bloomberg New Energy Finance [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://about.bnef.com/new-energy-outlook/#toc-download, свободный. – (сентябрь 2021).

случае с проектами ВИЭ ветряные электростанции были самыми дешевыми источниками электричества среди всех.

Несмотря на медленно растущий спрос и то, что более дешевые ВИЭ, а также газовое топливо и ВИЭ привели к значительному сокращению использования угля, практически на 90% – в большинстве европейских стран, почти наполовину – в США, потребление угля в Китае продолжает расти и достигнет своего пика в середине 2020-х гг.

Целесообразно также принимать во внимание варианты использования природного газа, который является своеобразным переходным топливом во множестве стран с формирующейся рыночной экономикой. В электростанции на природном газе были вложены инвестиции на сумму более 800 млрд долл. Станции на природном газе за счет высокой маневренности энергоблоков способны покрыть пиковый график нагрузки и покрыть резкие скачки в потреблении электроэнергии. Они крайне необходимы для обеспечения стабильности и надежности в функционировании энергетической системы. Все это – неотъемлемые компоненты самой системы, и пока не существует решения относительно того, как ВИЭ могут полностью согласовываться со стабильностью и целостностью энергетической безопасности в контексте глобальных процессов.

Еще одной неопределенностью для ВИЭ является то, как инвесторы приспособятся к грядущему периоду, в котором прибыль от проекта не получит большой ценовой поддержки со стороны правительства и вместо этого будет зависеть от соглашений на закупку электроэнергии с частным сектором или даже просто от рыночных цен на электроэнергию. Последние годы показали, что новый капитал для финансирования таких проектов привлекался главным образом институциональными инвесторами, и это способствовало общему снижению уровня затрат.

В среднесрочной перспективе растущие процентные ставки и снижающиеся потоки инвестиций от институциональных инвесторов могут стать еще одной потенциальной проблемой для отрасли. Государственные субсидии направлены на покрытие некоторых первоначальных инвестиций в проект. Любой проект в сфере

возобновляемой энергетики (волновая, солнечная и ветряная электростанции) дешевле в эксплуатации (по сравнению с проектами, работающими на энергии из традиционных источников), но более затратный в отношении строительства и монтажа.

Так называемое топливо для проектов ВЭ бесплатно и практически неисчерпаемо (например, волновая, солнечная и ветряная электростанции), а их техническое обслуживание близко к минимальному. Таким образом, большая часть расходов приходится на создание самой технологии. Разница между установкой новых мощностей газогенераторных станций и новых ветряных или солнечных электростанций колоссальна. На современном этапе средняя стоимость установки новой системы, использующей солнечную энергию, варьировалась от 1200 долл./кВт для крупных систем до 2000 долл./кВт для систем, монтируемых на жилых домах. Что касается ветряных электростанций, средние капитальные затраты на установку нового проекта варьируются от 1200 долл./кВт до 1700 долл./кВт.

В отличие от них первоначальные затраты на установку новой электростанции на природном газе могут составлять приблизительно 1000 долл./кВт. Таким образом, отсутствие государственной субсидии – один из самых значительных вызовов, с которыми ВЭ столкнется в будущем [61].

Резюмируя все вышесказанное, можно прийти к нескольким заключениям. Инвесторы с большей вероятностью воспринимают проекты ВИЭ как рискованные. Тем не менее есть одна существенная деталь. Что касается географической принадлежности, начиная с 2015 г. большая часть инвестиций в возобновляемые источники энергии и топливо направлялась в развивающиеся страны и страны с формирующейся рыночной экономикой. Пропасть между

[61] Ferreira, A., Kunh, S., Fagnani, K., De Souza, T., Tonezer, C., Dos Santos, G. and Coimbra-Araújo, C. Economic Overview of The Use and Production of Photovoltaic Solar Energy in Brazil // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – 81. – P. 181–191.

развитым и развивающимся миром быстро выросла за последние годы, и на развивающиеся страны уже приходится 63% всех мировых инвестиций в ВЭ.

В некоторых сценариях стоимость полного жизненного цикла строительства и эксплуатации проектов ВЭ сравнится с углеродными аналогами. В развитых странах наиболее эффективным способом внедрения ВИЭ является их использование в диверсифицированном комплексе генерации, совместимом с традиционными источниками энергии. Это связано с инвестиционным потенциалом и технологической развитостью линейной инфраструктуры; наличием соответствующей коммерческой надстройки – дерегулированного электроэнергетического рынка с эффективной системой стимулирования реализации проектов ВЭ.

В развивающихся странах эти проекты сами по себе не смогут покрыть базовую часть графика нагрузки и удовлетворить все потребности в электричестве. Это связано с тем, что системы, работающие на традиционных источниках энергии, полагаются на относительно небольшое количество высокопроизводительных электростанций.

Поэтапное улучшение параметров надежности и коммерческой эффективности возобновляемой генерации приведет к формированию инновационной энергетической парадигмы. Возвращаясь к идее циклического развития технологий, – появление новых технологий и синхронное преобразование социально-экономических институтов отразится на психологии использования электроэнергии, а также алгоритмах расчета и варианте кооперации в формате «производитель – государство – потребитель».

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ВОЗОБНОВЛЯМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ СТРАН БРИКС НА БАЗЕ НАЦИОНАЛЬНЫХ РЫНКОВ

2.1. Текущее состояние и специфика формирования инфраструктуры возобновляемой энергетики в странах БРИКС

На современном этапе мирового развития объединение БРИКС играет все более существенную экономическую и политическую роль. Проекты БРИКС в сфере возобновляемой энергетики отличаются сложностью их реализации, завязанной на различных экономических возможностях и сильнейшем политическом давлении, направленном на противодействие складывающемуся долгосрочному сотрудничеству и новому центру геополитического влияния.

Качественно новым этапом развития объединения следует считать создание собственного банка – Нового банка развития (НБР) БРИКС с общей концепцией и приоритетной задачей по осуществлению финансовой поддержки проектов в области устойчивого развития, модернизации инфраструктуры и осуществления расчетов в местной валюте.

Рассмотрение различных институциональных особенностей с ретроспективой их формирования и ресурсным потенциалом каждой из стран позволит выявить точки соприкосновения в формате группы и механизмы оптимального взаимодействия при имплементации интеграционной системы стимулирования проектов в области возобновляемой генерации.

Приоритетно проанализировать российский энергетический сектор. Россия – крупнейший в мире производитель нефти, второй по величине производитель природного газа и шестой в мире – по углю. Нет сомнений, что ископаемые виды топлива были и остаются основным двигателем российской экономики. Они

обеспечили более 40% федеральных доходов и почти 70% общих доходов от экспорта в 2021 г. [62] .

Возобновляемые источники энергии в настоящее время рассматриваются как дополнительный компонент в энергобалансе; цель заключается в диверсификации энергобаланса, а не в замене ископаемого топлива на ВИЭ. Окончание эры ископаемого топлива, ужесточение конкуренции и предпосылки для посткризисного восстановления могут стать решающей отправной точкой для значительного роста ВИЭ в России.

Сегодня доля возобновляемых источников энергии в потреблении составляет 11%[63]. Гидроэнергетика возглавляет профиль возобновляемой энергии страны, за которым следуют ядерное, твердое биотопливо, солнечная энергия, ветровая и геотермальная энергия. Тем не менее развитие ВИЭ не представляется возможным, если не будет существенной поддержки со стороны государства, выраженной посредством федеральных и региональных субсидий. Модернизация и продвижение ВИЭ возможны исключительно при реализации государственных инвестиционных программ в проекты по строительству мощностей генерации, распределению производства этих мощностей в соответствии с потребностью по стране, при информационной поддержке и снятии многих ограничений для частных инвесторов, готовых участвовать в проектах ВЭ.

Первый вариант энергетической стратегии[64] был пересмотрен, и Правительство утвердило две программы: «Энергоэффективность и энергетическая промышленность до 2030 года» и «Энергетическая стратегия до 2035 года» с некоторыми поправками. Новая цель составляет 5 871 МВт к 2030 году.

---

[62] Бахтизина Н.В., Бахтизин А.Р. Инвестиции в энергопереход и инструменты финансирования // Федерализм. 2021. Т. 26. № 1 (101). С. 100–114.

[63] Жданеев О.В., Серегина А. А. Векторы технологической кооперации БРИКС в топливно-энергетическом комплексе (часть 2) // Международный технико-экономический журнал. 2021. № 2. С. 7–22.

[64] Porfiriev, B. and Roginko, S. Energy on Renewable Sources: Prospects for The World and For Russia // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2016. – 86(6). – P. 433–440.

Солнечная энергия считается наиболее развитой областью ВЭ в России. Ожидается, что к 2024 году 2 ГВт энергии будет вырабатываться за счет солнечной энергии. Мощность, получаемая от этого источника на уровне 1500 кВт·ч/м^2 в год, достаточна для достижения адекватных уровней КИУМ для работы солнечных электростанций. В настоящее время этот объем мощности нацелен на районы южных регионов России, Дальнего Востока, Сибири, районы вокруг Байкала. Ведущей отечественной компанией в этой области является ГК «Хевел», созданная ГК «Ренова» и Группой «РОСНАНО» с контрольным пакетом акций в 51% и 49% соответственно. По структуре совокупной мощности солнечных станций на текущий момент компании ранжируются следующим образом: Hevel – 0,9 ГВт, «Солар Системс» – 0,4 ГВт, «Т плюс» – 0,2 ГВт.

Отмечается, что энергия ветра может стать наиболее динамично развивающимся энергетическим сектором в России из-за благоприятных климатических условий для наземных ветряных электростанций[65]. Наиболее привлекательные районы будут расположены вдоль побережий морей (Кольского полуострова Мурманской области), российских степей и горных районов, в Калининградской области или в Центральном и Поволжском регионах. Согласно целям, изложенным в ЭС-2035, к концу периода будет генерироваться около 3 600 МВт энергии ветра.

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», которая является одним из основных игроков на рынке ветровой энергии в России, одобрила партнерство своей дочерней компании АО «ОТЭК» с голландской компанией Lagerwey[66]. Компания «Ростатома» – *Novawind* развернула масштабную деятельность с совокупной установленной мощностью ветропарков – 1 ГВт. Основными целями этого сотрудничества являются производство ветряных турбин

---

[65] Lombardi, P., Sokolnikova, T., Suslov, K., Voropai, N. and Styczynski, Z. Isolated Power System In Russia: A Chance For Renewable Energies? // Renewable Energy. – 2016. – 90. – P. 532–541.

[66] ROSATOM Has Approved Partnership With The Dutch Lagerwey For Perspective Wind Energy Projects // ROSATOM. – 2017. – [Online]. Available at: http://www.rosatom.ru/en/press-centre/highlights/rosatom-has-approved-partnership-with-the-dutch-lagerwey-for-perspective-wind-energy-projects/?sphrase_id=122716 [Accessed 22 Jul. 2017].

в России и разработка системы регулирования, системы обучения персонала, локализации производства, сертификации для ветровой энергии. В свою очередь, крупнейший в стране технологический инвестор Группы «РОСНАНО» сосредоточил свое внимание на строительстве ветропарков. Их общая мощность в среднесрочной перспективе достигнет 2 ГВт.

Системы централизованного управления Единой энергетической системы (ЕЭС) охватывают только 1/3 территории Российской Федерации. Таким образом, развитие ВИЭ очень важно за пределами территорий централизованного энергоснабжения, в небольших городах, сельских поселениях и в качестве замены автономных энергетических установок, которые работают на дорогостоящем жидком топливе или древесине и торфе. В этих условиях автономные региональные/децентрализованные структуры энергоснабжения в России позволят установкам ВИЭ потенциально развиваться быстрее.

Во-первых, локализация отрасли (внедрение необходимых промышленных объектов в России) является одним из основных требований для тех компаний, которые инвестируют в солнечные и ветровые проекты в России. Правило поэтапного повышения доли российского оборудования и сервисов в проектах ВИЭ является детерминирующим критерием при конкурентном отборе[67].

В целях содействия развитию ВИЭ была создана и утверждена уникальная система поддержки, основанная на схеме компенсации за мощность. Она включает два основных требования к локализации оборудования, производству электроэнергии и капитальным вложениям. Определяется гарантированный коэффициент окупаемости капиталовложений, который могут получить компании-инвесторы. Коэффициент окупаемости зависит от того, когда проект был

[67] Для солнечного оборудования и его компонентов эта цифра колебалась от 50% в 2014 году до 70% в 2021 году. Что касается ветровой энергии, этот критерий был сокращен до 35% в 2015 г. и достиг 65% в 2020 г.

выставлен на аукцион – до (14% коэффициент окупаемости) или после 2016 года (12% соответственно)[68].

Администратор торговой системы отвечает за организацию тендеров на конкурсной основе, чтобы выбрать проект ВИЭ. АТС выделял квоты на общую энергомощность, предоставленную правительством инвесторам для установок ВИЭ. Более того, он определяет общую сумму доходов, которая требуется инвесторам для покрытия своих капитальных затрат в проекте и для покрытия эксплуатационных расходов по каждой установке. Совокупный объем инвестиций в сферу ВИЭ до 2035 года превысит 15 млрд долл.[69]

Китай является крупнейшим в мире энергетическим рынком, лидером в области производства первичной энергии, потребления и чистой выработки электроэнергии. Ожидается, что к 2030 году потребность Китая в энергии возрастет более чем вдвое.

Изменения в энергетическом секторе Китая начались в 2007 году, когда экс-президент Ху Цзиньтао объявил о «всеобъемлющем, скоординированном и устойчивом развитии» национальной энергосистемы. Нынешний президент Китая Си Цзиньпин в начале своего президентства обозначил либеральные принципы рыночных схем ценообразования для энергетического сектора. К ним относятся меры по повышению энергоэффективности и борьбе с загрязнением, а также увеличение инвестиций в неуглеводородные виды энергоресурсов.

Закон об охране окружающей среды был изменен в 2014 году впервые с момента его принятия в 1989 году. Этот закон является частью программы макрополитики правительства наряду с 13-м пятилетним планом (2016–2021 гг.) и «Планом политики и действий Китая в области изменения климата», выпущенным Национальной комиссией по развитию и реформам и Государственным энергетическим управлением в 2014 году.

---

[68] Капитальные затраты на ветряные и солнечные установки. На наиболее развитых рынках капитальные затраты находятся на уровне 1600 долл./кВт для ветра и 1700 долл./кВт для модулей солнечных батарей соответственно.

[69] Hox, J. and Boeije, H. Data Collection, Primary VS Secondary // Encyclopedia of Social Management. – 2005. – 1. – P. 593–599.

Помимо обеспечения непрерывного импорта существует целый ряд возможных мер, таких как реализация повышения эффективности контроля над спросом и диверсификация источников энергии, которые могут помочь в смягчении проблем энергетической безопасности. Принятая энергетическая стратегия охватывает амбициозные цели, направленные на увеличение доли возобновляемых источников энергии в энергобалансе и снижение выбросов CO_2 (сокращение выбросов CO_2 на 40%).

Согласно прогнозам, доля источников неископаемого топлива в общем потреблении энергии к 2025 году должна превысить 15% с привлечением общих инвестиций в размере 290 млрд долл.[70]. Китай ожидает, что солнечная энергия, ветер, малая гидроэнергетика и ядерная энергия будут способствовать примерно половине нового производства электроэнергии к концу реализации 14-го плана. Кроме того, к 2030 году доля неископаемого топлива в потреблении первичной энергии должна быть увеличена до 11,5%. Основной поток инвестиций нацелен на сектора солнечной (фотовольтаика) и ветровой энергии.

Китай начал путь к интеграции ВИЭ четыре десятилетия назад. Стратегии развития в начале 2010 года и цели, поставленные правительством Китая до 2020 года и после, показывают, что ВИЭ должны играть важную роль в экономике страны. Текущий курс макроэкономического развития в Китае был сформулирован в 13-м пятилетнем плане (2016–2020 гг.), установившем целевые показатели для энергии неископаемого топлива в 15%. В абсолютных цифрах это эквивалентно 150 ГВт солнечной энергии и 250 ГВт ветровой энергии. Однако существуют определенные ограничения реализации данной амбициозной цели с прослеживающимися последствиями для самого энергетического сектора и перспектив развития ВИЭ к 2030 году.

Потребление энергии в Китае будет устойчиво расти к 2030 году, а уголь останется основным источником энергии с долей в 75%. Только сокращение

[70] China. China's Key Energy Statistics // Washington: US Energy Information Administration (EIA). [Online]. Available at: https://www.eia.gov/beta/international/country.cfm?iso=CHN [Accessed 15 Jul. 2021].

потребления угля и переход к ветровой и солнечной энергии способны помочь Китаю смягчить существующие и возникающие воздействия на окружающую среду. Тем не менее ни одна из федеральных программ на сегодняшний день не включает целевую стратегию отхода от этого конкретного ископаемого топлива.

Ветроэнергетический сектор Китая показал беспрецедентные темпы роста в течение последних десяти лет. Правительство установило местные правила для ветроэнергетического сектора, поэтому китайские компании имеют большие возможности стать лидерами на национальном ветровом рынке.

Крупнейшими игроками являются Goldwind (доля на рынке 12,5%), United Power (4,9%), Mingyang (4,1%), Envision (4,0%) и CSIC Haizhuang (3,4%)[71], – все они входят в десятку мировых лидеров по производству ветровой энергии. Эти компании сосредоточили свои проекты главным образом на севере и северо-востоке страны, во Внутренней Монголии, СУАР, провинции Ганьсу и провинции Хэбэй из-за благоприятных климатических условий. Общая установленная мощность в каждом из этих регионов превысила 7,5 ГВт, достигнув 10 ГВт в северных провинциях. Тем не менее инвесторы в менее развитых регионах на севере (Внутренняя Монголия) не имеют финансовых ресурсов для наращивания сетевой инфраструктуры в соответствии с установленной мощностью.

Проблемы устаревшей традиционной сетевой инфраструктуры подтолкнули эти компании к инвестированию также на юге и западе. В этих регионах скорость ветра значительно ниже, но структура сети в этой части страны хорошо развита, а доля спроса на энергию ветра является самой большой в стране. Сетевое соединение между районами с избыточными источниками ветра и провинциями с самым высоким уровнем спроса по-прежнему остается недостаточным. Это представляет проблему как для местных, так и для федеральных властей.

Китай занимает первое место по совокупной установленной мощности солнечных панелей и имеет наибольшее количество установленных солнечных

---

[71] Kaiman, J. China Strengthens Environmental Laws. // The Guardian. [Online]. Available at: https://www.theguardian.com/environment/apr/25/china-strengthens-environmental-laws-polluting-factories [Accessed 15 Jul. 2020].

ФВ-модулей. За последние 7 лет сектор вырос более чем в 3 раза. Наиболее подходящие области для фотоэлектрических установок расположены на севере и северо-западе Китая.

Учитывая масштаб этого огромного природного капитала в сочетании с растущей отраслью производства полного цикла, солнечная энергия может стать лидером среди всех остальных ВИЭ в ближайшем будущем. Однако в этой области есть две большие проблемы. Производство солнечных модулей в стране выросло быстрыми темпами. Перепроизводство солнечных модулей побудило крупные компании переключиться на экспортно ориентированное производство, так как спрос внутри страны ниже предложения.

Рынок солнечных панелей (более 700 компаний) характеризуется избыточным объемом производства, что привело к значительным долгам для многих компаний сектора солнечной энергетики. В нескольких случаях это привело к банкротству или дополнительным субсидиям со стороны правительства. С 2013 года наблюдается тенденция инвестирования в солнечные установки на западе и юге, а не на северо-западе страны. Как и в ветроэнергетике, компаниям приходилось корректировать свои стратегии, чтобы удовлетворить спрос, который чрезвычайно высок на юге, хотя погодные условия там недостаточно благоприятны.

Разработано несколько совместных положений развития солнечной и ветроэнергетической политики в Китае. Увеличение доли ВИЭ в энергоснабжении страны является приоритетом для федерального правительства, но это ложится на плечи местных властей. С 2016 года правительство Китая приняло систему квот для ускорения процесса расширения ВИЭ внутри страны. Она работает следующим образом: каждая провинция несет ответственность за обеспечение того, чтобы определенное количество произведенной электроэнергии приходилось на ветер, солнечную энергию и биомассу. Эти квоты различны для каждой провинции и варьируются от 2% до 10%. В ситуации, когда провинция не может достичь требуемого уровня ВЭ при производстве электроэнергии, местные кадры будут оцениваться как на уровне городов, так и на региональном уровне.

Эта система, запущенная 5 лет назад, имеет две основные цели. Во-первых, ожидается, что восточные провинции с самым высоким уровнем потребления электроэнергии и наиболее низким уровнем ВИЭ с ее помощью к 2030 году будут быстрее переходить на низкоуглеродную энергетическую продукцию. Во-вторых, она должна открыть новые возможности для бизнеса по инвестированию в ветроэнергетику и солнечную энергию, в основном фокусируясь на инвестициях в улучшение энергетических сетей и подключение к ним новых установленных возобновляемых мощностей. Неудовлетворительное состояние электрических сетей и текущее состояние всей инфраструктуры по распределению электроэнергии исказило план интеграции ВИЭ в энергобаланс[72].

Таким образом, четко не определены обязанности как частных, так и государственных субъектов в отношении того, как достичь желаемых 15%. Это приводит к трудностям в контроле за выполнением обязательств по регионам в рамках национальной политики. С другой стороны, различные схемы стимулирования ВИЭ для бизнеса (субсидии, налоговые льготы и кредиты) включают компании, инвестирующие только в производство ветровых и солнечных установок, но не в необходимую инфраструктуру, которая обеспечивала бы доступ к ВЭ конечным пользователям.

Китайское правительство поставило амбициозные цели, направленные на сокращение выбросов CO_2, загрязнения воздуха, а также на снижение уровня энергоемкости. Это потребует 480 млрд долл. инвестиций в следующие 10 лет.

Индия является крупнейшим генератором электроэнергии с высокой долей ВИЭ в ТЭБ, которая соответствует стадии II развития рынка возобновляемой энергии. Энергетический комплекс Индии (мощностью в 393 ГВт) характеризуется наличием значительного потенциала возобновляемой энергии (гидро, ветра и солнца), при этом есть ряд проблем, связанных с полномасштабным использованием ВИЭ-установок: локализация производства, развитие коммерческой инфраструктуры и субсидий для населения, электрификация

[72] Piovani, C. The ‘Greening’ of China: Progress, Limitations, and Contradictions – Denver: Department of Economics, University of Denver. – 2017. – P. 1–26.

потребителей и интеграция в единую систему, институциональное становление нового сектора с учетом финансовых и экономических рисков. Дихотомия вопросов энергетического перехода наиболее отчетливо прослеживается на примере Индии. Индикативные планы Индии, связанные с возобновляемыми источниками энергии, являются эталонными как по совокупной номинальной установленной мощности установок, так и по достижении 100%-ной доли в топливно-энергетическом балансе. В 2000–2021 ф.г.[73] в Индии уровень электрификации населения повысился на 40% и достиг величины в 96% (545 млн человек были подключены к электричеству). В качестве компромиссной меры масштабной программы электрификации использовались решения в области распределенной генерации на базе солнечных панелей. Однако за этот же период двукратно возросла зависимость Индии от импорта углеводородов и в 3,5 раза увеличилась совокупная мощность тепловых станций на угле (до 230 ГВт).

ЮАР является одним из крупнейших экспортеров полезных ископаемых и драгоценных металлов, продукции машиностроения и металлопроката, топлива и различных полуфабрикатов в страны Европейского союза. Произошедшие изменения в системе трансграничного регулирования в формате политики ужесточения экологических норм приводят к необходимости консолидации информационной повестки и адаптации экономики ЮАР к возникшим барьерам.

Обладая крупнейшей в регионе производственной базой, ЮАР характеризуется ресурсной самодостаточностью с опорой на использование угля. Низкая скорость вытеснения ВИЭ традиционных видов топлива, в особенности угля, обусловлена разностью в экономических параметрах и коэффициентом использования установленной мощности.

ЮАР находится на I стадии по имплементации возобновляемых источников в энергосистему. Национальная энергетическая система ЮАР интегрирована в общий трансграничный рынок и обеспечивает электроэнергией 12 близлежащих

[73] Финансовый год в Индии начинается 1 апреля и заканчивается 31 марта следующего календарного года.

стран в формате *SAPP*[74]. Основой рынка электроэнергии SAPP, через который снабжаются 280 млн потребителей, являются экспортные поставки из ЮАР. Около 70% в выработке электроэнергии приходится в формате SAPP на угольную генерацию ЮАР, более 20% – на трансграничные перетоки на базе ГЭС. Существует разрыв между предложением и спросом, который обостряется при пиковом потреблении и негативно отражается на перспективах надежности работы интеграционной системы. Это также актуализирует меры правительства ЮАР, направленные на создание альтернативных энергетических кластеров.

2.2. Анализ системы государственного регулирования и механизмов развития энергосистемы на базе возобновляемых источников на примере Бразилии

Оптимальное решение для членов БРИКС как относительно нового, но высокоорганизованного международного объединения на различных уровнях лежит в балансе экономического роста и сохранения окружающей среды. Страны с формирующейся рыночной экономикой продолжают сталкиваться со множеством проблем, так как им не хватает связных, устойчивых на всех уровнях власти и высокоэффективных политических программ.

Любое предстоящее значительное изменение требует аккуратного стратегического управления природными ресурсами: как возобновляемыми, так и невозобновляемыми. Крайне важными будут, в частности, изменения в области экономики, технологических достижений, традиционных энергоресурсов, альтернативной энергии, экологического регулирования, общественной осведомленности и прочих стратегий. Как для сообщества, так и для правительства важно понять эти сложные, системные отношения, чтобы разработать правильные социальные, экономические и экологические стратегии.

---

[74] В наиболее институционально преобразованный на континенте Южноафриканский электроэнергетический рынок (*Southern African Power Pool, SAPP*) входят: Ангола, Ботсвана, Танзания, ДРК, Малави, Мозамбик, Лесото, Намибия, Свазиленд, ЮАР, Замбия и Зимбабве.

Опыт России, Китая, Индии, Бразилии и ЮАР показал, что интеграция принципов устойчивого развития активно продвигается. Несомненно, интеграция отличается по объемам, так как каждая страна ставит перед собой практически противоположные конечные цели. Россия считает возобновляемые источники энергии компонентом, который должен быть добавлен в электроэнергетический баланс без снижения доли ископаемого топлива внутри него. Китай, Индия и ЮАР нацелены в ближайшем будущем сделать большие шаги в сторону ВЭ.

В отличие от Китая, России, Индии и ЮАР, в бразильской экономике ископаемое топливо играет второстепенную роль. Энергетическая система Бразилии организована вокруг большого количества гидроэлектростанций и малой доли ископаемого топлива и новых ВИЭ. При анализе механизмов интеграции ВИЭ в формате IV стадии развития рынка центральным является опыт Бразилии.

Бразилия обладает достаточными ресурсами для безопасного энергетического будущего, являясь примером страны, которая может одновременно достигнуть экологического и экономического успеха в рамках концепта поддержки стратегии национальной энергетической безопасности. Разработка энергосберегающих планов и стратегических программ как на региональном, так и на национальном уровне в сочетании с соответствующими экономическими инструментами в результате предоставит Бразилии возможности для повышения эффективности ее перехода к низкоуглеродной экономике.

С точки зрения экономики ясно, что финансы, потраченные или полученные при импорте или экспорте энергоресурсов, составляют значительную часть национального бюджета стран БРИКС. Таким образом, это приводит к значительному сосредоточению внимания на стоимости энергии, ее предсказуемости и балансу на соответствующих уровнях, что крайне важно для обеспечения политической, экономической и социальной стабильности в этих странах. Со стороны охраны окружающей среды все проблемы, связанные с выбросами парниковых газов, в особенности CO_2, и прочие экологические проблемы имеют отношение к энергетической безопасности.

Страны, которые полностью зависимы от ископаемого топлива, находятся в зоне риска, и ВИЭ может стать для них решением, позволяющим обеспечить энергетическую безопасность и удовлетворить свои энергетические потребности. Полное и постоянное сосредоточение на ископаемом топливе не позволит добиться надлежащей энергетической безопасности. Страны в данный момент поворачиваются в сторону более экологичной и чистой окружающей среды. Это изменение имеет разные темпы и скорость.

Ожидается, что в ближайшем будущем мировой энергетический рынок радикально изменится. Мир будет стараться снизить выбросы парниковых газов для минимизации разрушительного действия глобального потепления, экологические проблемы возрастут, а вопрос энергетической безопасности останется наиболее актуальным для всех игроков на международной арене. Переход к альтернативным источникам энергии будет длиться десятилетия, а безопасное энергоснабжение является основой для каждого отдельного государства. Радикальные изменения происходят и на мировом энергетическом рынке, все игроки которого пытаются договориться о том, как снизить возможные риски и поддержать переход мировой экономики к ВИЭ.

Ключевые темы энергетической политики Бразилии включают в себя расширение поставок и инфраструктуры, энергетическую независимость, диверсификацию источников, всеобщий доступ и ценовую доступность[75]. Что касается ВИЭ, в частности, следует понимать, что бразильское правительство называет «новыми возобновляемыми источниками энергии (новые ВИЭ)» и почему они отличают их от других ВИЭ. Первоначально этот термин был придуман, чтобы дифференцировать эти формы производства энергии от двух других традиционных видов ВИЭ: большой гидроэнергетики и биотоплива первого поколения, поскольку оба они не обладают достаточным потенциалом для дальнейшего расширения в нынешних социально-экологических условиях в Бразилии. «Новые ВИЭ»

[75] Margolis, M. Brazil's Energy Future Is No Longer Dammed // Bloomberg.com. [Online]. Available at: https://www.bloomberg.com/view/articles/2018-02-06/brazil-s-energy-future-is-no-longer-dammed [Accessed May 2021].

включают в себя следующие компоненты: энергия ветра, солнечная энергия, геотермальная энергия, малая гидроэнергетика и энергия волн.

ВИЭ составляют приблизительно 77% бразильского электробаланса, на долю которого приходится 150 ГВт общей установленной мощности[76]. Бразильская взаимосвязанная электрическая система является одной из крупнейших и наиболее сложных в мире.

Период эволюции «новых ВИЭ» начался в 2000-х годах, когда бразильское правительство наметило курс на уменьшение доминирующей роли большой гидроэнергетики путем диверсификации ее с другими ВИЭ. Новая правовая база, разработанная в 2004 году, внесла большой вклад в формирование динамичного рынка «новых ВИЭ» в Бразилии. Это была отправная точка для эпохи ВИЭ, которая доминирует в бразильском энергобалансе. Недостаточное количество угля и относительная задержка в обнаружении месторождений добычи нефти в больших объемах привели к определенному триумфу и способствовали созданию нового сценария, в котором «новые ВИЭ», как ожидается, будут играть доминирующую роль.

В Бразилии родилось новое энергетическое планирование, основанное на двух основных столпах. Эти столпы включают в себя, с одной стороны, усиление планирования с созданием Компании по планированию производства электроэнергии (КППЭ), связанной с Министерством горнодобывающей промышленности, а с другой стороны – долгосрочные контракты на энергоснабжение, присужденные в соответствии с аукционами с целью обеспечения большей безопасности для инвесторов. Конечная цель заключается в диверсификации энергетического баланса, чтобы гарантировать доступность энергии для конечных потребителей по конкурентоспособным ценам.

В настоящее время КППЭ рассматривает эволюцию установленной мощности электрической энергии по источникам добычи в сфере их расширения, основанного главным образом на «новых ВИЭ». Шаги вперед включают в себя

[76] Viana, A. Reverse Auctions to Scale Renewable Energy: Brazilian Approach. – Manila, Philippines: CCEE, 2017.

ввод в эксплуатацию достаточных по мощности ветроустановок, малых гидроэлектростанций (МГЭС) и солнечных электростанций. К 2022 году на них будет приходиться более 20% произведенной энергии.

С другой стороны, у Бразилии есть запасы нефти на шельфе, и недавно были открыты нефтяные ресурсы в подсолевых месторождениях. Таким образом, Бразилию ожидает оптимистичное будущее с точки зрения того, чтобы стать крупным производителем нефти в регионе, что включает не только добычу, но и переработку и вход в производственный цикл. Однако существуют различные проблемы, связанные с разведкой новых подсолевых бассейнов, которые включают технические (поскольку запасы расположены в глубоких кластерах), организационно-правовые (инициативы строгой климатической политики с особым упором на сценарий смягчения) и экономические (трудности с экспортом).

Ископаемые виды топлива по-прежнему будут оставаться актуальными и будут удерживать определенные позиции в энергетическом балансе страны до 2030 года. Поскольку происходит расширение потребления первичной энергии, в энергетическом балансе будет большая доля угля. Что касается текущей ситуации, на северо-востоке страны строятся три новые электростанции на угле, а еще шесть будут построены до 2022 года. В то же время природный газ останется важным источником традиционной энергии, независимо от организационно-правовых ограничений, основанных на действиях, касающихся климата.

В настоящее время гидроэнергетика является основным источником электроэнергии в Бразилии. Расширение гидроэнергетики в Бразилии имеет противоречивый характер. Около 60% национальных гидроресурсов (включая лучшие объекты) расположены в бассейне Амазонки с реками Токантинс, Арагуая, Шингу и Тапажос, и еще 10% – в регионах с высоким воздействием на окружающую среду в виде лесных запасов и земли коренных народов. Сохраняются важные экологические проблемы и социально-политические конфликты, связанные со строительством плотин и последующим наводнением больших площадей в этих регионах.

Увеличение производства гидроэнергетики в Бразилии может вызвать выраженные местные экологические и социальные проблемы. Более того, растущие

экологические ограничения приведут к увеличению цены конечного потребления электроэнергии на новых гидроэлектростанциях или тех, которые уже строятся.

Потенциал Бразилии в отношении низкоуглеродной экономики имеет много сфер взаимодействия с ее энергетической политикой и национальными органами, ответственными за их разработку. Основы национальной энергетической политики раскрыты в Законе № 9478 от 1997 года[77]. В нем устанавливаются общие принципы использования ВИЭ в качестве основы энергетической стратегии страны.

Среднесрочная энергетическая политика Бразилии отражена в 10-летних Планах развития энергетики (ПРЭ), которые обновляются ежегодно. ПРЭ-2023 предполагает, что ВИЭ вырастут на 86,1% матрицы выработки электроэнергии к 2025 году. Еще одним компонентом энергетической стратегии Бразилии является Национальный энергетический план – 2030, разработанный в 2006–2007 годах, который предусматривает долгосрочную интегрированную энергетическую стратегию. Этот план дополняется Национальным планом по изменению климата, Национальной политикой по изменению климата и рамочной концепцией Бразилии в области энергоэффективности, которая фрагментирована и состоит из ряда отдельных программ. Как и в России и Китае, некоторые из устаревших стратегий политики в области энергетики Бразилии изначально не разрабатывались с учетом экологической устойчивости в качестве существенной части основных целей, но в последнее время привели к важным позитивным взаимодействиям в этой области.

В 2002 году Бразилия в целях содействия развитию ВИЭ запустила в стране Программу стимулирования альтернативных источников электричества *(PROINFA*). Эта программа финансирования представляет собой гибридную схему, направленную на развитие новых мощностей по ВЭ, в равной степени распределенных между ветровыми, солнечными проектами и МГЭС. Программа впервые предоставила гарантированную цену на поставку и долгосрочные контракты (посредством аукционов).

---

[77] Schutte, G. Energy and Sustainable Development in Brazil Recent Developments and Outlook. – Friedrich-Ebert-Stiftung, 2014.

Льготное финансирование таких проектов предоставляется Бразильским национальным банком развития, который отвечает за финансирование с низким процентом для тех проектов, которые отвечают требованиям доли местного производства. Со временем требования к доле местного производства для ВИЭ эволюционировали от количественного подхода (от 60% до 90% доли местного производства) до качественного подхода, с доступом к льготному финансированию в зависимости от того, какие элементы проекта являются местными. Еще одна программа финансирования, активно используемая для крупных проектов, – это *FINEM*. Она обеспечивает финансовую поддержку инфраструктурным проектам, равным или превышающим 7 млн долл. В 2015 году правительство Бразилии объявило о создании нового фонда с капиталом в 10 млрд долл. из государственных и частных инвестиций для финансирования распространения проектов ВЭ, в основном работающих на ветровой и солнечной энергии, в северо-восточном регионе страны.

Ссылаясь на выбросы CO_2, следует учитывать, что 2010 год стал поворотным моментом для Бразилии. С тех пор основным источником выбросов является энергетика, а не процесс обезлесения, который в течение многих десятилетий был основным источником выбросов парниковых газов в стране.

С 2011 года Бразилия продемонстрировала признаки того, что солнечная фотовольтаическая энергия может быть использована на территории страны в качестве одного из вариантов дополнительной энергии для энергетической матрицы. Использование солнечной энергии приносит среднесрочную и долгосрочную выгоду для страны, что позволяет развивать отдаленные регионы, где стоимость электрификации традиционными энергосистемами слишком высока по сравнению с возвратом на капитал от первоначальных инвестиций.

В последнее время было сделано несколько шагов для изменения ситуации, когда Министерство науки и технологий совместно с Министерством горнодобывающей промышленности подписали научно-техническое соглашение по созданию Бразильского центра по развитию солнечной ФВ-энергетики с Технологическим центром солнечной энергии Папского католического университета Риу-Гранди-Ду-Сул. В настоящее время ведется строительство

лаборатории, которая считается самой современной в сфере производства фотоэлектрических модулей во всей Латинской Америке.

Существенный шаг был сделан в 2015 году, когда Национальный банк экономического и социального развития Бразилии (*BNDES)* одобрил финансирование первой из крупнейших фотоэлектрических станций в Бразилии с первоначальными инвестициями в размере 26 млн долл.

Крупные централизованные солнечные установки пока не конкурентоспособны по стоимости в нынешних условиях энергетического рынка Бразилии[78]. Оптимистичный сценарий возможен только в том случае, если правительство оказывает поддержку в виде субсидий или компенсации некоторых первоначальных инвестиционных расходов. С 2013 года централизованные проекты в сфере солнечной генерации участвовали в национальных аукционах по заключению контрактов на новые электростанции, и в большинстве случаев – безуспешно.

Очевидно, что для более значительного снижения издержек производства в рамках цепочки фотоэлектрической энергии в стране необходимо стимулировать дальнейшее развитие рынка солнечной энергетики. Бразилия обладает широким спектром качественного сырья и отраслей, которые могут быть адаптированы для производства компонентов для ФВ-панелей. Стимуляция развития местной промышленности – это единственный способ сократить издержки и увеличить участие солнечной энергетики в национальной энергетической матрице, осуществив несколько связанных с этим технологических, инновационных и социальных изменений.

На современном этапе проектная совокупная мощность солнечной энергетики в Бразилии достигает 10 ГВт. Рынок солнечной энергии начал изменяться для удовлетворения социальных потребностей. Это изменение получило большую поддержку благодаря двум главным инициативам. Первая инициатива заключается в

[78] Lucena, A., Clarke, L., Schaeffer, R., Szklo, A., Rochedo, P., Nogueira, L., Daenzer, K., Gurgel, A., Kitous, A. and Kober, T. Climate Policy Scenarios in Brazil: A Multi-Model Comparison for Energy // Energy Economics. – 2016. – 56. – P. 564–574.

запуске программы под названием MCMV[79]. Она направлена на предоставление стандартного оборудования для систем, использующих энергию солнца, в рамках федеральной социальной жилищной программы.

Вторая инициатива – установка оборудования системы отопления с использованием солнечной энергии в качестве средства управления спросом посредством программ эффективности использования энергии, осуществляемых компаниями электроэнергетического сектора. Однако эти средства стимулирования могут быть применимы только к небольшим проектам, направленным большей частью на реализацию проектов домохозяйств. Если говорить о реализации широкомасштабных распределенных ФВ-систем, то в данной сфере по-прежнему существует зависимость от развития услуг в сфере фотовольтаики и связанной с ними электросетевой инфраструктуры.

Одно из предложений по включению солнечной энергии в существующую энергетическую систему заключается в расширении имеющейся программы «Тариф на подключение». Она может быть специально адаптирована для охвата периода достижения сетевого паритета и в то же время для создания объемов, профессионального рынка и необходимого опыта для устойчивого и организованного внедрения технологий «новых ВИЭ» в энергобаланс Бразилии.

Для обоснования подключения фотоэлектрических источников к сети в Бразилии необходимо сделать нижеуказанные оговорки. Во-первых, программа «Тариф на подключение» должна иметь ограниченные масштабы, а также пробный период и срок действия. Во-вторых, нужно признать, что помимо разработки и продвижения программы «Тариф на подключение», созданной для того, чтобы

[79] Бразильская программа развития социальной инфраструктуры «Мой дом, моя жизнь» (Minha Casa, Minha Vida, MCMV) была создана для предоставления жилья и улучшения качества жизни семьям с низким доходом по всей стране. В настоящее время более 9,6 млн семей с низким и средним уровнем дохода проживают в кондоминиумах программы, охватывающих сельские и городские районы. Начатый в 2009 году федеральным правительством Бразилии, MCMV за пять лет позволил построить около 2,2 млн единиц жилья и считается крупнейшим проектом доступного жилья в истории Бразилии. По всей стране около 224 000 семей воспользовались системой подогрева воды на солнечных батареях. Эти системы позволяют сократить счета за электроэнергию на 30%. Установка систем сопровождается информационной поддержкой о том, как повторно использовать и экономить воду.

способствовать рынку в достижении сетевого паритета, необходимы полномочия политиков для дальнейшего стимулирования и поддержания внедрения этой технологии. В-третьих, расходы по этой программе должны быть крайне малым бременем для общества, и их должны нести только те люди, которые не входят в группу потребителей-жильцов с низким уровнем дохода.

Доступность сырья (в случае с Бразилией – доступность кремния и чистой электрической энергии) делает эту страну идеальным кандидатом на роль важного игрока в сценарии производства фотоэлектрических элементов в среднесрочной перспективе. Что также важно, так это продвижение небольших сетей солнечных фотоэлектрических энергосистем, особенно в отдаленных районах, таких как Амазония, которые будут дополнять местные и изолированные системы распределения, где фотовольтаика уже эффективна.

До 2014 г. солнечная энергия была в том же положении, что и энергия ветра до 2011 г.: низкий уровень использования определялся отсутствием конкуренции на аукционах. Другими словами, высокие цены и отсутствие стратегии для внедрения изменений в этой отрасли.

Большая часть энергии ветра распространяется на северо-востоке и юге Бразилии. Отдельные источники информации дают разные оценки общего потенциала энергии морских и наземных установок. Потенциал Бразилии оценивается от 250 ГВт до 300 ГВт. На данный момент Бразилия использовала только 1% своего ветрового потенциала. Ветровые электропарки в Бразилии имеют самую высокую производительность: постоянные ветра в Бразилии обеспечивают почти 40%-ный коэффициент использования установленной мощности (КИУМ).

Распространение ветроэнергетических технологий в Бразилии с течением времени не ограничено, фактически ветровая энергия стала нераздельной частью ТЭБ, ведь страна начинала практически с нуля в 2005 г., с сегодняшней установленной мощностью более 17 ГВт и с планами достичь почти 30 ГВт к концу 2024 г. Правительство предоставляет множество средств стимулирования для увеличения дальнейшего расширения использования ветровой энергии на территории страны. Декретом № 7660 были введены льготы по уплате налога на

импорт для ветроэнергетического оборудования, а также оборудования для шельфовых и наземных установок в пределах от 2% до 10%. В 2015 г. Законом № 13097 были введены льготы по уплате налога на импорт (PIS/COFINS) для деталей ветровых турбин.

Для гарантирования непрерывности расширения использования ветровой энергии необходимо иметь комплексную стратегию в совокупности с политикой налогообложения и благоприятными финансовыми условиями. Это позволит обеспечить современную производственно-технологическую базу. Кроме того, существует проблема прогнозирования энергоотдачи ветропарков в существующую электрическую сеть с учетом неравномерного графика выработки. Эта проблема особенно актуальна для отдаленных районов, главным образом для большого количества небольших разделенных энергосистем в Амазонии. Первоначальные инвестиции в технологии и производство ветроустановок должны подготовить базу для тиражирования решений не только для наземных ветровых парков на восточном побережье страны, но и для потенциальных шельфовых проектов.

Основной проблемой расширения использования ветровой энергии является отсутствие внутреннего производства главных компонентов, подкомпонентов и прочего оборудования. Еще больше не хватает инновационных компонентов, которые поставляются на данный момент из-за рубежа. На современном этапе все зависит от стимулов для инновационных разработок. Необходимо подчеркнуть потенциал других стран в Южной Америке и спрос на экспорт из Бразилии, который она смогла бы создать для ветроэнергетического оборудования, производимого в Бразилии. Еще одной областью стратегической инновационной деятельности являются разработка умных сетей, которые позволят преодолеть технические ограничения расширения ввиду прерывистого характера ветров, и действия, необходимые для предотвращения перебоев энергоснабжения (это главным образом касается вопросов управления потоками энергии).

Степень внедрения ветровой энергии в локальную энергосистему зависит от технико-экономических характеристик каждой установки. Ветровая энергия может стать отличным дополнением к существующим гидроэлектростанциям,

сосредоточенным на северо-востоке страны. Бразилия имеет большие возможности для интеграции взаимосвязанных ветровой и гидроэнергетики из-за сезонной взаимодополняемости этих двух источников энергии. Основными вызывающими интерес областями являются: побережье Сеара, Риу-Гранди-Ду-Норти и юго-восток Баии; и на юге – побережье Рио-Гранди-Ду-Сул. Ожидаемый рост гидроэнергетики в Бразилии на основе тех проектов, которые в значительной степени зависят от сезонных колебаний, может обеспечивать надлежащие соединения электроэнергии и быть сбалансированным при относительно низких интеграционных издержках по сезонным структурным поставкам ветровой энергии на северо-востоке Бразилии.

Вследствие изменения парадигмы энергетического развития использование энергии ветра перестало оставаться в сегменте экспериментальных способов энергоснабжения. В Бразилии ветрогенерация с 8%-ной долей в выработке поддерживает баланс спроса и предложения в системе и интегрирована с гидроэнергетикой. Раньше было недоверие к этому источнику энергии из-за того, что энергия ветра была (как в случае с большой гидроэнергетикой) непредсказуемой и сезонной. Временное изменение потенциала ветра зеркально отражается на гидроэлектрическом секторе, то есть когда идет мало дождей в тех областях, где сосредоточены основные гидроэлектростанции, ветреные потоки усиливаются в районах основных ветропарков. Технология развивается быстрыми темпами, что позволило повысить коэффициент использования установленной мощности ветровых станций.

Интеграция различных источников возобновляемой энергетики помимо своего вклада в сокращение выбросов парниковых газов существенно повысит уровень национальной энергетической безопасности.

В текущий период ветровая энергия является возобновляемым источником энергии, который пользуется высоким уровнем технологического развития и высокой экономической жизнеспособностью. На территории Бразилии он распространился главным образом за счет государственных стимулов. С этой целью федеральное правительство Бразилии отменило импортные пошлины и снизило затраты на передачу и технологическое развитие крупномасштабного

оборудования для производства электроэнергии. В Бразилии штат Риу-Гранди-Ду-Норти стал крупнейшим производителем ветровой энергии с установленной мощностью 5,7 ГВт, опередив штаты Баия с 5,27 ГВт и Сеара с 2,38 ГВт.

Стратегический план экономического развития Риу-Гранди-Ду-Норти предлагает долгосрочную стратегию, применимую для развития приоритетных секторов: карта инвестиционных возможностей для частного сектора; реализация общественных инициатив, положительно влияющих на конкурентоспособность этой отрасли. Согласно Стратегическому плану, штат увеличит установленную мощность солнечной и ветровой энергии, производства и переработки нефти, природного газа и тепловой энергии, при этом ветроэнергетика станет одним из приоритетных направлений инвестиций на период до 2035 года. Штат планирует достичь 13,9 ГВт установленной мощности для производства электроэнергии из возобновляемых источников, делая ставку на высокий уровень инсоляции и обилие ветровой энергии. Таким образом, ветроэнергетика будет продолжать укрепляться на этом рынке, формировать условия для создания рабочих мест и увеличения доходов населения.

Следует отметить определенные особенности рынка труда в отрасли, приходящейся на обрабатывающую промышленность. Рекорд по уровню занятости соответствует этапам производства инженерной инфраструктуры ветряных электростанций. Именно в этой деятельности существует большой потенциал для привлечения местной рабочей силы из районов, где будет установлена ветряная электростанция. Однако когда этот этап строительства завершается, количество местных рабочих мест значительно сокращается.

В литературе есть пробелы в связи между производством установок, генерацией возобновляемой энергии и последствиями для наиболее экономически уязвимых локаций и отдельных групп населения.

Известно, что безопасное и надежное энергоснабжение домашних хозяйств и производственного сектора стало основным фактором содействия человеческому и экономическому развитию территории. Доступ к энергии напрямую связан с возможностью приближения к ряду других основных общественных прав, таких как здравоохранение, образование и безопасность. Искоренение бедности

предполагает предоставление основных услуг, доступных для всех, на всех этапах развития, достигнутых обществом. Низкий уровень индекса человеческого развития (ИЧР) связан не только с отсутствием доходов, но и с плохим здоровьем и низким качеством образования.

Данные показывают различия в уровне охвата услугами электроснабжения, а также явное и глубокое региональное социально-экономическое неравенство. В Юго-Восточном регионе Бразилии проживает 41,87% населения, на регион приходится 53,2% национального ВВП; на юге проживает 14,27% населения и приходится 17% ВВП, на северо-востоке – 27,57% населения, и на данный регион приходится 14,3% ВВП. Что касается потребления электроэнергии, неравномерная структура ВВП подтверждает дисбаланс в потреблении электроэнергии в стране. Данные отражают несоответствие между юго-востоком, который потребляет 49,78% всей электроэнергии внутри страны, и северо-востоком, который потребляет только 17,07%. В Таблице 2.1 представлена взаимосвязь количества населения, ВВП, потребления электроэнергии и распределения всеобщего доступа к электроэнергии в пяти регионах Бразилии.

Таблица 2.1 – Охват услугами и потребления электроэнергии по площади, населению и ВВП в каждом регионе Бразилии

Область	**Площадь**		**Численность населения**		**Потребление электроэнергии**		**ВВП**	***Уровень электри-фикации***
	км^2	**%**	**человек**	**%**	**МВт·ч**	**%**	**%**	***%***
Средний Запад	1 606 415,201	18,86	15 875 907	7,65	35 407 740	7,58	10,1	*95,8*
Северо-восток	1 554 291 744	18,25	57 254 159	27,57	79 731 255	17,07	14,3	*87,7*
Север	3 853 669 768	45,26	17 936 201	8,64	34 510 271	7,38	5,4	*81,6*
Юго-восток	924 616 968	10,86	86 949 714	41,87	232 514 731	49,78	53,2	*98,8*
Юг	576 773,368	6,77	29 644 948	14,27	84 997 182	18,19	17,0	*98,0*
Бразилия в целом	*8 515 767 049*	*100*	*207 660 929*	*100*	*467 161 179*	*100*	*100*	*94,5*

Источник: разработано автором на основе Rabitz F. The Brazilian renewable energy policy framework: instrument design and coherence // Climate Policy, 2020, Volume 20, Issue 5, P. 652–660.

Однако с расширением деятельности компаний по созданию ВИЭ, направленных на увеличение инвестиций в областях, которые представляют более высокий коэффициент мощности для данных проектов (Баия, Сеара и Риу-Гранди-Ду-Норте в Северо-Восточном регионе), данные области стали центром для привлечения инвестиций. Мату-Гранде стал наиболее привлекательным районом для инвестиций в ветроэнергетику, приобретя новую социально-экономическую и пространственную динамику, определяемую масштабами энергетического сектора. В этом регионе создана благоприятная среда для капитала генерирующих и торговых компаний, что способствует повышению экономических результатов.

В Бразилии реализуется процесс расширения производства ветровой энергии, обусловленный государственными планами и программами, направленными на предотвращение кризисов электроснабжения, подобных кризису 2001 года. Кроме того, Бразилия соблюдает глобальную повестку дня по сдерживанию изменения климата в соответствии с Рамочной конвенцией Организации Объединенных Наций об изменении климата, в частности Парижским соглашением от 2015 г. В этом контексте ветровая энергия считается экологически чистой альтернативой и вносит значительный вклад в глобальные усилия по снижению концентрации парниковых газов. В Бразилии производство электроэнергии с использованием ветра достигло 50 ТВт·ч в 2020 году. Это согласуется с экономической, социальной и экологической устойчивостью.

В своей концептуальной основе нехватка электроэнергии как элемент энергетической безопасности представлена в виде полного отсутствия доступа к современным источникам энергии. В начале XXI века Программа развития Организации Объединенных Наций расширила эту концепцию за рамки вопросов доступа к ВИЭ, включив в нее пункты по надежному, безопасному и приемлемому с экономической точки зрения использованию энергии. Согласно этой концепции, поставка и использование источников энергии должны происходить экологически безопасным образом, способствуя экономическому и социальному развитию региона.

Бразильская программа развития ветроэнергетики была успешным ответом государственного и частного секторов на кризис электроснабжения, который произошел в 2001 году. При этом остается ряд вызовов, связанных с эффективным решением социально-экономических и экологических задач. В энергетической политике Бразилии основной упор делается на макроэкономическую сторону без включения в модель развития аспекта повышения благосостояния различных местных социальных групп.

Энергетическая политика Бразилии фокусируется на коммерческом сбыте и масштабировании технологических решений. Это проистекает из политики проектов в области возобновляемых источников энергии, в которой преобладает экономический и технический анализ, без должного внимания к связи между энергетикой и социальным развитием.

Усовершенствование технического прогресса и проектов ветроэнергетики привело к увеличению доли источника энергии ветра в энергетической матрице Бразилии. Тем не менее достигнутый прогресс не соответствует реальным потребностям сельских сообществ, расселенных в окрестностях этих предприятий. Обширные сельские районы на северо-востоке Бразилии заняты ветряными электростанциями, которые получили значительную прибыль от продажи электроэнергии. Компании приобретают статус монополий, инвесторы стремятся присвоить часть экономической выгоды от эксплуатации ресурсов.

В связи с вышесказанным согласование экономических, социальных и экологических результатов должно быть частью концепции энергетической безопасности, чтобы в местном масштабе развитие энергетики способствовало экономическому развитию региона, повышало производительность труда и позволяло генерировать доход. Для этого в социально-экологических проектах следует использовать трудовой потенциал местного населения и учитывать эффект мультипликатора-акселератора как основу решения проблемы низкого индекса человеческого развития.

Несмотря на возможность устойчивого использования энергии в периферийных регионах, сектор фундаментально привязан к монополистическому

капиталу. В этом смысле эффективность модели развития остается под вопросом, поскольку она мотивирует государства и компании продолжать стремиться к безудержной индустриализации, основанной на неконтролируемой эксплуатации природных ресурсов.

Создание ветропарков сопряжено с многочисленными социальными, экономическими и экологическими проблемами. Положительные аспекты, вызванные внедрением ветряных электростанций, не всегда оправдывают ожидания населения, проживающего на одних и тех же территориях, особенно когда они не получают никакого дохода от этого производства. Следствием этого в условиях рыночной экономики является разрыв между владельцами капитала и уязвимыми группами населения, в особенности в сельской местности.

Аукционы являются главным инструментом для продвижения новой возобновляемой электрической энергии, так как правительство может открыто вмешиваться в технологии, которым будет разрешено участвовать в аукционе в качестве поставщиков энергии. В настоящее время некоторые технологии по ВЭ на бразильском рынке электроэнергии уже в состоянии конкурировать по стоимости с ископаемым топливом. В первую очередь аукционы представляют собой механизмы конкуренции, которые позволяют определить цену и могут содействовать появлению новых технологий, в особенности при наличии нормативно-правовой базы. Более того, они способствуют стратегическому развитию этой сферы, так как все проекты ВИЭ участвуют в прямых аукционах на срок от 3 до 7 лет вперед. В конце концов, аукцион требует, чтобы все задействованные стороны исполняли свои обязательства. На случай нарушения обязательств есть система санкций и ряд специальных условий устранения нарушений.

Национальный совет по энергетической политике, который является высшим ответственным органом по определению политики по «новым ВИЭ» внутри страны, обладает определенной независимостью. Эта организация тесно сотрудничает с другими органами власти, включая Министерство горнодобывающей промышленности и энергетики (ответственное за предоставление объектов для аукциона), Комитет по надзору в энергетическом

секторе (осуществляет функции контроля), Бюро исследований в области энергетики (процессы сертификации и технические процессы) и Национальное агентство регулирования (регулирующая функция). Последняя, но немаловажная роль отведена рыночным и национальным операторам энергосистемы, ответственность которых заключается в обеспечении доступа к сетям и проведении работ и управлении контактами.

Государственная политика в области стимулирования «новых ВИЭ» включает в себя ряд скидок на тарифы электросетей, которые компенсируются инвесторам, а также на окончательные цены для конечных потребителей. На биомассу, малую гидроэнергию и энергию ветра скидка составляет 50%. Что касается солнечной энергии, то для фотоэлектрических парков, введенных в эксплуатацию до 2017 года, действует скидка 80%[80]. Однако эта тарифная скидка была приравнена к другим «новым ВИЭ» в 2018 году и также установлена на уровне 50%. Политика доступа к сетям возобновляемых источников энергии в Бразилии включает скидки на тарифы на передачу и распределение в размере не менее 50%. Кроме того, Национальный совет по энергетической политике устанавливает ценовые ограничения в соответствии с технологическими особенностями конкретной продукции ВИЭ.

Положительные результаты аукционов ясны: такая политика способствует технологическому развитию и тем самым привлекает новых игроков на рынок. В данном случае хорошим примером является получение энергии ветра: до начала аукционов объем установленных мощностей был ниже 1 ГВт, а к 2021 г. достиг 18,5 ГВт. Это привело к заметному снижению цен по мере того, как усиливалась конкуренция на рынке.

Тем не менее политика, основанная на аукционах, вызывает определенные опасения. Нет механизма контроля исполнения или каких-либо вызванных задержек. Приблизительный уровень задержек колеблется от 20% до 30%, а каждый 10-й проект не завершается. Еще одна проблема заключается в

[80] Rabitz F. The Brazilian renewable energy policy framework: instrument design and coherence // Climate Policy, 2020, Volume 20, Issue 5, P. 652–660.

несоответствии между производством энергии и ее передачей. Скорость завершения строительства электростанций превышает темпы сооружения линий электропередач. За последние 7 лет общие государственные затраты на решение этих проблем превысили 1 млрд долл.

2.3. Выявление регуляторных особенностей и сравнение эффективности различных вариантов стимулирования возобновляемой энергетики

В соответствии с этапностью интеграции возобновляемой генерации в национальную энергосистему происходит становление и корректировка механизмов субсидирования проектов. Обширный спектр международных и российских практик группируется в следующем виде: 1) методы стимулирования ВИЭ на основе тарифа; 2) механизмы субсидирования ВИЭ на базе капитальных затрат; 3) инструменты поддержки ВИЭ на основе объема вырабатываемой электроэнергии.

Среди методов стимулирования ВИЭ на основе тарифа наиболее распространена модель гарантированной стоимости оплаты (*Feed-in Tariff, FIT*). Модель предполагает продажу электричества, выработанного возобновляемой генерацией, потребителю по определенному тарифу. Стоимость электроэнергии определяется профильным государственным ведомством и, как правило, существенно выше тарифа (розничного и оптового) генерации на базе углеводородного топлива.

Установка регуляторной организацией фиксированного тарифа предполагает среднесрочный горизонт планирования (от 5 лет). Гарантированная цена превышает рыночную стоимость. При расчете тарифа используется инструментарий предельных издержек (*Marginal costs, MC*), зависящий от объема выработки электроэнергии (q). Гарантированная цена эквивалентна MC (q). Ключевым аспектом реализации данной модели является обеспечение приоритета в структуре генерирующих мощностей на рынке электроэнергии, что позволит

организовать сбыт всего объема выработки. Существуют различные варианты финансовых источников для субсидирования ВИЭ: включение в тарифы для промышленных потребителей и/или домашних хозяйств механизмов перекрестного субсидирования[81] за счет отчислений генерации на основе углеводородов.

Опция стимулирования развития ВИЭ за счет ценовой надбавки (*Feed-in Premium, FIP*) предусматривает сбыт электричества по рыночной стоимости и получение на этой основе компенсации, установленной регулятором. Генерирующая компания имеет возможность осуществлять сбыт как через оптовый рынок, так и по прямым двусторонним договорам. Модель ценовой надбавки также предполагает сбыт полного объема[82] выработки и представлена функцией MC(q) (предельных издержек).

Отдельно в качестве метода стимулирования, основанного на тарифе, следует рассмотреть механизм расчетов за предоставленную мощность. В этом случае в целях привлечения потенциального инвестора в условиях недостаточных конкурентных преимуществ возобновляемой генерации в тарифе, принимая во внимание вид и конкретную технологию выработки ВИЭ, учитывается необходимость субсидирования в определенном временном диапазоне. Стандартный срок окупаемости данных проектов при активной государственной поддержке составляет от 10 до 15 лет.

Подходы к установлению фиксированного тарифа условно сфокусированы в четырех категориях на базе: 1) определения уровня производственных издержек; 2) оценки объективной социальной значимости генерации ВИЭ; 3) установления постоянной надбавки к тарифу; 4) развития инструментов тендера (аукциона).

---

[81] Перекрестное субсидирование является ценовой дискриминацией и обусловливает ситуацию превышения тарифа для одной группы потребителей выше уровня предельных издержек. Вследствие этого процесса сокращаются цены для иной категории потребителей. Дисбаланс рыночных механизмов приводит в долгосрочной перспективе к деформации коммерческих механизмов.

[82] Рассмотрение в зарубежной практике вариантов сбыта электроэнергии ВИЭ выявило активное применение механизмов квотирования.

Установка фиксированного тарифа с помощью определения уровня производственных издержек зависит от целевой доходности проекта (имплементируется профильным регулирующим ведомством). Различные технические характеристики, капитальные издержки реализации обусловливают создание баз данных проектов с обновляемым на регулярной основе перечнем, где отдельно выделена и детально раскрыта категория затрат. Сопоставление национальных и международных, в том числе стран группы БРИКС, баз данных проектов возобновляемой энергетики позволит оптимизировать варианты возведения генеральных объектов генерации и сократить операционные издержки исходя из наилучших доступных технологий и параметров действующих энергоустановок.

Первостепенное влияние на эффективность имплементации фиксированного тарифа для ВИЭ в энергорынок оказывает уровень трансакционных издержек, в том числе связанных с бюрократической рентой и транспарентностью формирования спроса и предложения. Возможны искажения в вопросе расчета капитальных затрат и искусственного повышения уровня удельных издержек в формате индивидуальных тарифов.

Во втором варианте функционирования инструментов фиксированного тарифа на основе проведения оценки объективной социальной значимости возобновляемой генерации стоимость электричества противопоставляется стратегическим задачам: снижение антропогенного воздействия на несущую емкость биосферы, повышение величины составных элементов индекса человеческого развития (здравоохранение, образование, благосостояние), повышение уровня энергетической безопасности и минимизация рисков неблагоприятной конъюнктуры глобальных рынков энергоресурсов, решение геополитических задач интеграционного профиля. Совокупность представленных факторов не отражается напрямую в процессе формирования цены на электроэнергию, что вызывает необходимость применения фиксированного тарифа по обозначенному методу.

Возможно рассмотрение подхода на основе ценности со стороны генерирующего поставщика (энергокомпании) через призму альтернативных издержек производства, специфики локации, временного периода и стоимости электричества. Например, в России в районах, которые не интегрированы в Единую энергетическую систему и характеризуются высоким уровнем инсоляции, резко возрастает рентабельность возведения солнечной генерации по сравнению с топливными аналогами. Создание высокотехнологичного производства ВИЭ – приоритетная задача повышения конкурентоспособности энергетической промышленности. Здесь в качестве фактора косвенной поддержки способен выступить фиксированный тариф, рассчитываемый на основе ценностного подхода.

Установление постоянной надбавки к тарифу рассматривается в качестве третьего варианта реализации фиксированного тарифа. Предполагается получение энергокомпаниями фиксированного вознаграждения за киловатт-час выработки в виде рыночной премии. Этот механизм подразумевает дополнительную надбавку рыночной премии к сбытовой выручке. Ставка надбавки изменяется исходя из типа энергоустановки (способа преобразования энергии), номинальной мощности и периода ввода в эксплуатацию. В формате развитого энергорынка разница между выручкой от сбыта электричества на бирже и дополнительной ставкой, интегрированной в конечную для потребителя цену, представляет собой компенсационную надбавку. Это повышает прозрачность процесса формирования цены на бирже.

Проведение тендера (аукциона) также является инструментом метода фиксированного тарифа. На современном этапе Индия, Китай и Бразилия экспериментально применяют этот подход. Детерминация тарифа через осуществление аукционов на строительство генерации с учетом обязательств по дальнейшей поставке электричества по фиксированной цене позволяет снизить риски повышения стоимости капитальных затрат и, как следствие, их ретрансляцию в конечную для потребителя цену.

Достижение целевых показателей отраслевого развития через комплексный инструментарий фиксированного тарифа неразрывно связано с необходимостью использования наилучших доступных технологий с высокой долей локализации производства (при возможном поэтапном варианте увеличения доли национального сегмента) и потенциала инновационной системы. Ключевой целью внедрения фиксированного тарифа является нивелирование инвестиционных рисков. Это реализуется через включение текущих и прогнозируемых расходов, нормы прибыли и факторов макроэкономической среды с последующим формированием денежного потока и определением оптимального уровня тарифа.

К специфике подхода к расширению ВИЭ на основе фиксированного тарифа относятся: комплексность расчетов и их методологические особенности в формате регуляторной базы национальной экономики, умеренная прогнозируемость величины производства электроэнергии из ВИЭ в среднесрочном и долгосрочном периоде, риски перевыполнения заложенных в энергетической стратегии целевых показателей, отсутствие стимулов у производителей оборудования для снижения его стоимости, отраслевое лобби. Превышение прогнозируемой доли ВИЭ в ТЭБ государства влечет за собой необратимость вывода топливной генерации, что потенциально приведет к росту цен и снижению надежности энергоснабжения. Тренд многократного сокращения капитальных издержек диктует необходимость перманентного пересмотра уровня фиксированного тарифа в пользу наиболее эффективных технологий, что, по сути, оставляет уже построенные устаревшие установки в зоне низкой окупаемости.

Следующая категория механизмов стимулирования ВИЭ основана на расчете расходов. Регулируется затратная часть проектов. В этой модели компаниям, которые инвестируют в проекты по возобновляемой генерации, гарантировано получение различных типов субсидий на основе инвестиций, скидок, грантов. Использование обозначенных механизмов представлено в более чем 45 странах.

Отдельно выделяются фискальные льготы, которые предоставляются на капиталовложения в основные фонды, а также в формате стоимости электричества. В этой подгруппе обозначены освобождения от различных фискальных

обязательств и сокращение облагаемой базы (недвижимость, акцизы, кредитные каникулы, фонды). В противовес политике стимулирования развития ВИЭ за счет манипуляций с механизмами взимания налогов используется косвенное воздействие через увеличение фискальной нагрузки на строительство и эксплуатацию генерации на углеводородном топливе.

Разработаны системы торговли квотами на выбросы CO_2 и налогов на SO_x, NO_x и прочие вещества, негативно влияющие на экосистему. Их имплементация, с одной стороны, приводит к резкому снижению экономической эффективности традиционной генерации с устаревшей технологической базой и высоким уровнем эмиссии[83] парниковых газов, но с другой стороны, ведет к повышению стоимости электричества станций на углеводородном топливе. В рамках общих правил существования коммерческой инфраструктуры происходит искусственное увеличение конкурентоспособности ВИЭ.

Выделяются различные инструменты льготного кредитования, в том числе на основе *ESG-методики*[84] . Здесь возможен или возврат определённой доли затрат по выплате процентов, или выделение профильным ведомством специальных гарантий под привлечение инвестиций в сегмент ВИЭ. Этот процесс позволяет минимизировать риски финансовых посредников, что положительно влияет на сокращение стоимости привлеченных средств.

---

[83] Это показательно, например, для энергосистемы Румынии, где с 2016 по 2020 г. стоимость квоты на выброс 1 тонны CO_2 выросла в пять раз с 6 до 30 евро/тонну. Это привело к экономическому коллапсу угольной отрасли. В Румынии есть две основные государственные угольные компании, управляющие как электростанциями, так и шахтами: Oltenia Energy Complex (OEC) управляет 4 станциями и 10 шахтами (ежегодный объем добычи бурого угля – 22 млн тонн), все станции работают на буром угле и вырабатывают около 90% всей электроэнергии на основе угля. Ключевое предприятие по переработке каменного угля и генерации – Hunedoara Energy Complex (HEC). HEC не оплачивала свои квоты на выбросы CO_2 в течение последних 3 лет, в то время как OEC взяла коммерческие кредиты на сумму более 105 млн евро в 2019 году, чтобы иметь возможность оплатить свои квоты на выбросы CO_2.

[84] Экологическое, социальное и корпоративное управление (*Environmental, Social, Corporate Governance, ESG*) является набором параметров менеджмента предприятия. Данные ESG-принципы являются основополагающими для стран ЕС. Они были интегрированы в глобальную повестку генеральным секретарем ООН Кофи Аннаном с целью замедления темпов изменения климата.

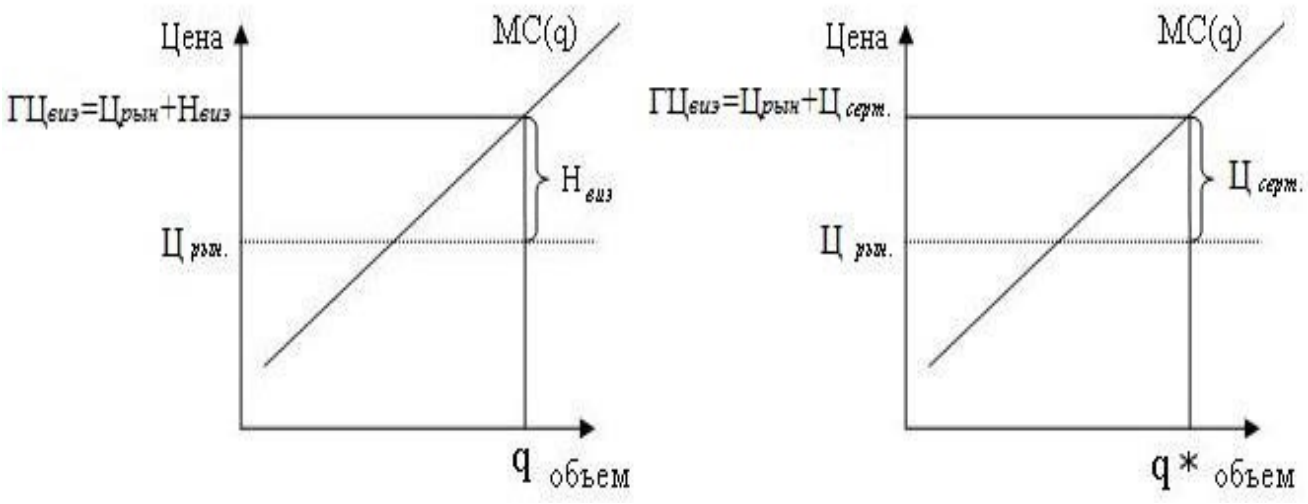


Рисунок 2.2 – Эффективность инструментов поддержки ВИЭ на основе стоимостного и затратного подходов

Источник: Diekmann Jochen. Analyse und Bewertung der Wirkungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) aus gesamtwirtschaftlicher Sicht. Stuttgart, 2008.

$ГЦ_{виэ}$ q= ($Ц_{рын} + Н_{виэ}$) q= ($Ц_{рын} + Ц_{серт}$) q* = $Ц_{тендер}$ (q)= MC(q),

где $ГЦ_{виэ}$ – гарантированная цена для э/э от ВИЭ (на кВт·ч);

$Ц_{рын}$ – рыночная цена э/э;

$Н_{виэ}$ – надбавки к цене для э/э от ВИЭ (на кВт·ч);

$Ц_{серт}$ – цена сертификатов (номиналом кВт·ч);

$Ц_{тендер}$ – цена для э/э от ВИЭ (на кВт·ч), установленная по итогам тендера;

MC – функция предельных издержек э/э от ВИЭ;

(q) – заданный объем э/э от ВИЭ, (q*) – объем квоты, при q=q*.

Доход производителей э/э от ВИЭ: R=Ц*q, то есть:

$R_{ГЦ} = R_{Н.} + R_{рын.цена} = R_{серт.} + R_{рын.цена}$

$R_{тендер}$ = MC(q), теоретически одинаков в каждой модели[85].

[85] Обозначенные аббревиатуры представлены в работе Шклярук М.С. «Возобновляемая энергетика: экономические инструменты поддержки и оценка их нормативно-правового закрепления». СПб, 2015. 46 с.

Отдельно в качестве элемента стимулирования развития ВИЭ на базе количественных параметров следует рассмотреть возможность проведения конкурсных торгов, где маркером лота является не мощность установки, а уровень тарифа (по которому генератор обязуется реализовывать электричество на рынке). В этой связи уместно классифицировать данную процедуру к категории поддержки на базе цены.

В рамках стратегических инициатив Министерства энергетики Российской Федерации[86] Администратор торговой системы реализует на базе конкурса отбор инвестиционных проектов по строительству объектов возобновляемой энергетики. Данная система отбора распространяется на: генерацию с фотоэлектрическим преобразованием солнечной энергии (солнечные станции), ветрогенерацию, гидростанции с установленной мощностью менее 50 МВт (не включая гидроаккумулирующие электростанции).

Существует система сальдированного учета электричества (*Net metering*), которая позволяет активно повышать долю распределённой генерации на основе ВИЭ. Стимулирование частных инвестиций в сегмент ВИЭ достигается за счет нивелирования неоднородной энергоотдачи. Например, в период высокого уровня инсоляции домашнее хозяйство с распределенной солнечной генерацией, предназначенной для покрытия собственных нужд, поставляет избыток электроэнергии в сеть, при этом в случае неблагоприятных погодных условий недостаток покрывается из сети. В итоге баланс сводится на основе сальдо перетоков.

Net metering является стратегическим инструментом. Его интеграция в систему кредитования искусственно повышает КИУМ установленного

[86] Разработана система стимулирования ВИЭ на Оптовый рынок электроэнергии и мощности России (ОРЭМ): 1) определены целевые ориентиры в повышении доли ВИЭ до 2024 г., осуществляется продажа мощности агрегатов ВИЭ на ОРЭМ; 2) установлена предельная норма инвестиционных расходов на строительство 1 кВт мощности; 3) включение в предельную норму инвестиционных расходов определенного уровня рентабельности; 4) квалификация в обязательном порядке возобновляемых станций на электроэнергетическом рынке и интеграция в его торговую систему. Отдельным инструментом является то, что сетевые предприятия обязуются приобретать электричество (мощности) у возобновляемых станций в объеме 5% от технологических расходов.

оборудования и, как следствие, показатель совокупной выработки. Это позволяет повысить экономическую эффективность и снизить финансовые риски.

Создание коммерческой инфраструктуры с приоритетным отбором ценовых заявок поставщиков на основе себестоимости вырабатываемой энергии является косвенным механизмом поддержки ВИЭ, операционные издержки которых по сравнению с традиционной генерацией стремятся к нулевой отметке. Цена на электроэнергию за счет повышения выработки ВИЭ снижается, в это же время происходит вытеснение генерации на основе углеводородов, где более 60% расходов приходится на покупку топлива. В этом процессе точка совпадения предложения и потребления на торговой площадке устанавливает цену и объем клиринга. Определенная цена клиринга ретранслируется генерирующим компаниям и является одинаковой для участников рынка.

В соответствии с этапностью интеграции возобновляемой генерации в национальную энергосистему происходит становление и корректировка механизмов субсидирования проектов. Совокупность применимых инструментов поддержки представлена на Рисунке 2.3.

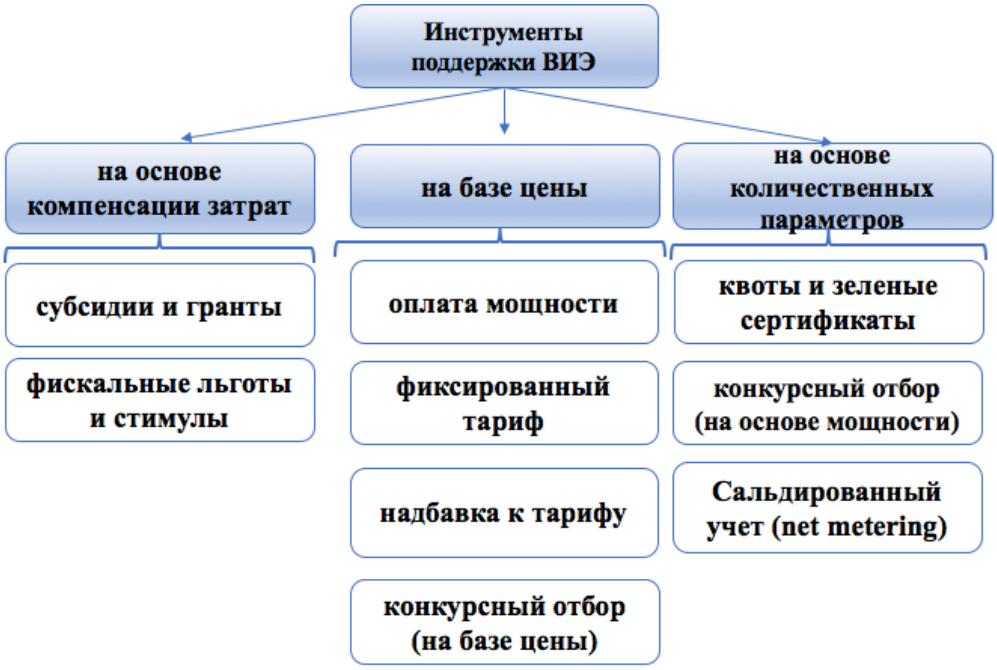


Рисунок 2.3 – Ключевые разновидности механизмов стимулирования ВИЭ

Источник: составлено автором на основе: Копылов А. А. Экономика ВИЭ. М: «Издательские решения», 2017. – 296 с.

Представленные базисные инструменты принципиально отличаются в методике поддержки спроса на ВИЭ. Их вариации сводятся к сокращению расходов на выработку из ВИЭ, фиксированию тарифа (на уровне рентабельности производителя), формированию систем квот с обязательствами по использованию определенной профильным регулятором доли ВИЭ в общей структуре спроса. Все три подхода, обозначенные на Рисунке 2.3, обусловлены действием ценового индикатора, который выступает в качестве маркера эффективности работы коммерческой инфраструктуры энергосистемы и в среднесрочной перспективе позволяет определить эффективность государственной политики в сфере развития ВИЭ в соответствии с заложенными стратегиями. Принимая за основу действия механизмов поддержки ориентир ключевых игроков на ценовой маркер, следует детализировать подходы в следующем виде:

- методы стимулирования ВИЭ на основе тарифа устанавливают цену за 1 кВт·ч. Функционирование рыночных механизмов приводит к детерминации объем выработки и сбыта электричества из ВИЭ;
- механизмы субсидирования ВИЭ на базе капитальных затрат направлены на сокращение капитальных расходов строительства и/или уменьшение операционных издержек функционирования установок возобновляемой генерации с целью повышения инвестиционной эффективности проектов;
- инструменты поддержки ВИЭ на основе объема вырабатываемой электроэнергии фиксируют со стороны спроса или предложения обязательства по приобретению/продаже определенного объема электричества из ВИЭ. Стоимость электроэнергии формируется субъектами рынка.

Перспективы использования механизмов поддержки ВИЭ на базе цены связаны с имплементацией фиксированного тарифа. Существуют различные варианты его построения. Принципиальными их отличиями являются применяемые способы дифференциации (на основе используемых технологий, установленной мощности, операционных издержек, сезонности) и структуризации выплат за электричество.

Проанализированные методы активно тиражируются в странах БРИКС и интегрированы в коммерческую инфраструктуру национальных энергосистем. В России в соответствии с Федеральным законом № 35-ФЗ от 26.03.2003 г. «Об электроэнергетике» реализуются следующие механизмы поддержки ВИЭ:

1. Договор о поставке мощности, ДПМ[87] (в завершение конкурсного отбора заключается долгосрочное соглашение на приобретение мощности). Существуют различные вариации в формате розничных рынков и ОРЭМ.

2. Приоритетная закупка электричества у квалифицированных возобновляемых генераторов (при этом не подходящие под критерии квалифицированного производителя генераторы, которые, например, не соответствуют критериям по локализации, имеют возможность поставлять электричество на рынок. Отдельно рассматриваются варианты с микрогенерацией и изолированными системами).

Договор о поставке мощности по ВИЭ реализуется через конкурсный отбор на ежегодной основе с 2013 г. и проводится администратором торговой системы. Целевые показатели обозначаются правительством.

Правительство Китая системно применяет комплекс мер по развитию ВИЭ и интегрирует возобновляемые источники в коммунальную и транспортную сферы. На данный момент инструментарий фиксированного тарифа активно используется для ветровой и солнечной генерации (варьируется в зависимости от региона). В то же время наибольшее тиражирование получила технология солнечной теплоэнергетики, которая позволяет решать коммунальные задачи по нагреву воды в бытовых условиях. Для этого применяются солнечные водонагреватели. Китай занимает первое место в мире по объему производства и использования систем

[87] Потенциальные инвесторы, выигравшие конкурсный отбор, заключают договор о поставке мощности (ДПМ). В рамках ДПМ они принимают на себя ряд обязательств: проектирование и создание генерации, ее ввод в эксплуатацию, прохождение сертификации и квалификации, реализация поставок на электроэнергетический рынок. Сроки осуществления каждого этапа установлены, и их нарушение влечет санкционные действия со стороны регулятора. Минимальная величина поставки электроэнергии по году также фиксирована и контролируется надзорной инстанцией. Период действия ДПМ, во время которого гарантируются фиксированные платежи за мощность, – 15 лет. Норма доходности колеблется в пределах 12–14%.

отопления и горячего водоснабжения на базе солнечных станций (около 75 млн $м^2$ солнечных коллекторов). Технология находится на уровне рентабельности, что дает возможность прогнозировать сохранение данной тенденции.

Расширение доли ВИЭ в Индии осуществляется через предоставление благоприятной инвестиционной среды и обширного перечня механизмов поддержки. Они предполагают вовлечение иностранного капитала в процесс формирования инновационной производственной базы. Методы поддержки включают в себя инструменты налоговой и финансовой кредитной политики, а также минимизации следующих административных процедур:

- ускоренная амортизация в размере ста процентов и ее интеграция в налоговую базу в первый год функционирования ВИЭ;
- упразднение производственных акцизов и минимизация ввозных пошлин на компоненты ВИЭ;
- льготные условия получения заемных средств, в том числе для экспериментальных и новых технологий;
- налоговые каникулы;
- фиксированные тарифы;
- субсидии для возобновляемой генерации с высоким уровнем капитальных издержек;
- создание фонда по развитию ВИЭ (в формате Северо-Восточного региона);
- упрощение процедуры отвода земли за минимальную плату (при утилизации муниципальных отходов).

Поддержка ВИЭ в ЮАР основана на программах Национального энергетического регулятора ЮАР (*National Energy Regulator of South Africa, NERSA*). Основной метод стимулирования – фиксированный тариф. Для этого используется стандартная для международной практики модель *средневзвешенной стоимости энергии* (*Levelised Cost of Energy*, *LCOE*). Отдельно рассчитывается

величина средневзвешенной стоимости капитала (*Weighted Average Cost of Capital, WACC*[88]) на уровне 12%.

В расчеты *LCOE* по методологии *NERSA* включаются стоимость земельного участка, строительно-монтажные работы и закупка оборудования в формате *EPC*-контракта[89] (под ключ), финансовых аспектов (в том числе заложенная норма прибыли), расходов на подключение, передачу и сбыт электроэнергии до конечного потребителя (с учетом технологического расхода при передаче). На энергетическом рынке ЮАР уровень фиксированного тарифа пересматривается на ежегодной основе (первые пять лет после ввода в эксплуатацию) и раз в три года (после пятилетнего периода функционирования). С целью привлечения инвестиций Договор о закупке электричества между энергокомпанией (инвестором) и государственным подразделением заключается на 20 лет. В качестве единственной организации по закупке выступает Офис единого покупателя (*Single Buyer Office, SBO*) Агентства закупок возобновляемой энергии (*Renewable Energy Purchasing Agency, REPA*).

2.4. Определение макроэкономических барьеров, этапов и дисбалансов трансформации энергосистем

При разработке *Модели оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при конкурсном отборе проектов возобновляемой генерации* учитываются ключевые базисные факторы и локальная специфика функционирования национальной энергосистемы в контексте социально-экономического развития. Первоочередные факторы, которые отражаются на

[88] Показатель WACC применяется при анализе инвестиционной эффективности проекта. На основе метода дисконтирования денежных потоков определяется минимальный уровень возврата финансов. Экономический смысл показателя сводится к положительному решению по инвестированию при уровне рентабельности не ниже WACC.

[89] Реализация проекта по EPC-контракту (engineering, procurement, construction) подразумевает возложение на генерального подрядчика функций по инжинирингу, закупкам и строительству, ввод в эксплуатацию (пусконаладочные работы).

показателях инвестиционной эффективности проектов возобновляемой энергетики, следует условно разделить на барьеры, связанные с неразвитостью коммерческой и технологической инфраструктуры, недостатками институциональной системы, механизмами государственного стимулирования и технико-экономическими рисками реализации проекта. В макроэкономическом масштабе выделяется четыре типа барьеров[90], которые обусловливают инвестиционную привлекательность национальной среды (Приложение 3)[91]:

1. Политико-институциональные барьеры – совокупность регуляторных, методологических и бюрократических предпосылок, проявляющихся при усилении административного контроля и нарушении обратных связей с бизнес-средой.

2. Информационные барьеры – фрагментированность аналитических баз данных по технико-экономическим параметрам проектов со сроками их реализации. Отсутствие универсальной методологии оценки рисков и создания моделей их управления.

3. Рыночные барьеры – обусловлены монополистическим положением компаний традиционной энергетики, закрытостью рынка и олигополистическим характером принятия стратегических решений.

4. Когнитивные барьеры – отсталость национальной инновационной системы и промышленной базы при популяризации подходов экстенсивного развития энергетики и отсутствии необходимости минимизации антропогенного воздействия.

В методологическом подходе риски разделяются по степени влияния на проект (допустимый, критический, катастрофический), по причине возникновения

[90] United Nations Environment Programme. Division of Technology, Industry and Economics. Financial Risk Management Instruments for Renewable Energy Projects. UNEP – 2005. – 52 p.

[91] Дениз Д.С. Ретроспектива формирования концепций в сфере энергетической безопасности и синтез современных подходов: страны БРИКС / Салыгин В. И., Дениз Д. С. // Экономические отношения. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 759–774.

(недиверсифицируемые и диверсифицируемые), по сферам возникновения (допустимый, критический, катастрофический).[92]

Условно сгруппировать свойственные энергетическому сегменту риски с учетом современной экономической конъюнктуры: высокий уровень инфляции, нестабильный курс национальной валюты, высокая ставка рефинансирования и возрастание стоимости привлекаемых средств, санкционные рестрикции. С целью оценки специфики дисбалансов применяются подробно проанализированные в Главе 3.1. разработанные индикаторы:

- Уровень самодостаточности энергетического баланса;
- Соотношение резервов к объему потребления;
- Уровень диверсификации электроэнергетических мощностей;
- Удельный показатель энергоэффективности;
- Величина резервной мощности энергосистемы;
- Величина выбросов CO_2 к ВВП;
- Уровень локализации производства оборудования;
- Уровень энергоэффективности;
- Адаптивность социальной системы к повышению доли ВИЭ в ТЭБ.

Инструментарий оценки также включает анализ коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) и коэффициента полезного действия (КПД) установки возобновляемой энергетики.

При анализе ключевых макроэкономических барьеров актуализируется необходимость долгосрочной стратегии развития сферы ВИЭ, направленной на минимизацию инвестиционных рисков через преобразование коммерческой инфраструктуры и открытие рынка для новых игроков. Также актуализируются вопросы управления рисками и развития механизмов финансирования. Политико-институциональные, информационные, рыночные и когнитивные барьеры ограничивают процесс разработки инструментария в сфере управления и

[92] Разрыв цепочек поставок в условиях недостаточной локализации производства нивелирует потенциальный инвестиционных эффект.

минимизации инвестиционных рисков[93], а также процесс повышения эффективности государственной политики. Данные ограничения необходимо ранжировать в зависимости от параметров проекта, институциональных условий и инвестиционного климата.

Ретрансляция традиционного понимания трансакционных издержек в плоскость ВИЭ является главным аспектом при определении отраслевых барьеров и последующей оценке комплексности институциональной среды. Стратегическое развитие ВИЭ, направленное на повышение эффективности и масштаба интеграции источников в систему, состоит из совокупности планов по строительству и вводу в эксплуатацию новой генерации. Достижение целевых показателей зависит от качества макроэкономической политики и локальных мер поддержки проектов и неразрывно связано с необходимостью минимизации инвестиционных рисков. В процессе формирования общей политики и адаптации подходящего к особенностям технологической инфраструктуры инструмента стимулирования возникают стандартные трансакционные издержки (детальный анализ способов поддержки ВИЭ на национальном уровне представлен в главе 2.3).

Инвестиционные риски реализации связаны с низким показателем совокупной установленной мощности проекта; неэффективностью венчурных капиталовложений в прорывные технологии, отсталостью производственной базы и отсутствием обратных связей в национальной инновационной системе; нестабильностью энергоотдачи агрегатов, проблемами ограничения мощности генерации для собственных нужд[94], низким КИУМ, отсутствием инструментов торговли и хеджирования. Наряду с этой спецификой существуют проблемы

---

[93] Дениз Д.С. Анализ инвестиционных параметров и вызовов интеграции солнечной и ветровой генерации: страны группы БРИКС / Салыгин В.И., Дениз Д.С. // Финансы и кредит. – 2022 – Т. 28, вып. 9. – С. 2–11.

[94] В России существуют ограничения по мощности для строительства генерации на покрытие собственных нужд. В связи с этим при создании новой генерации предполагается организация независимых генерирующих объектов мощностью до 25 МВт при использовании оптимального вида топлива с учетом климатической, ресурсной специфики и графика нагрузки потребителей. Выработка электричества осуществляется локально сетью мелких производителей для собственных потребностей, профицит направляется в энергосистему через общую инфраструктуру линий электропередач.

высоких первоначальных затрат, невыполнения кредитных обязательств, длительных сроков и задержек в строительстве, физических повреждений и ускоренного износа агрегатов из-за погодных условий. Снижение эффективности государственной политики в сегменте возобновляемой энергетики возможно при асимметричном доступе к информации игроков рынка и непрозрачной системе принятия административных решений. Последовательное развитие коммерческой инфраструктуры и переход от монопольной вертикально интегрированной системы генерации и сбыта к формированию цены на биржевой площадке на фундаменте конкурентной среды в выработке и сбыте с ограниченными полномочиями сетевых компаний при возросшей роли профильного регулятора являются основой для устранения проблемы избирательного доступа к отраслевой статистике. Масштабная имплементация ВИЭ влияет на стабильность работы национальной энергосистемы и требует комплексной подготовки с превалированием прагматического подхода к энергетической безопасности над вызовами глобальной повестки в области устойчивого развития.

Противоречия в подходах к имплементации ВИЭ в рамках реализации долгосрочных стратегий сосредоточены в пяти основных тезисах: 1) изменения режима погоды невозможно контролировать; 2) неоднородность энергоотдачи ВИЭ повышает операционные расходы и дестабилизирует энергосистему; 3) интеграция возобновляемой генерации предполагает резервирование мощности тепловых станций в объеме один к одному; 4) удаленность возобновляемой генерации от узлов потребления; 5) потребность создания накопительных элементов в инфраструктуре при минимизации технологического расхода при преобразовании электричества в другой тип энергии и обратно.

Изменения режима погоды невозможно контролировать – это обусловливает неоднородную энергоотдачу солнечных и ветряных станций. Высокий уровень колебаний выработки негативно влияет на основное оборудование сетевого комплекса. Однако следует отметить, что график нагрузки потребителей (спрос) также подвержен волатильности, что привело к развитию автоматизированных систем управления технологическим процессом в части диспетчеризации.

Масштаб энергетического комплекса и диверсификация портфеля ВИЭ являются основными механизмами компенсации краткосрочных колебаний за счет перетоков и использования резервных мощностей ГАЭС.

Неоднородность энергоотдачи ВИЭ повышает операционные расходы и дестабилизирует энергосистему в закрытом комплексе (не интегрированном с другими государствами через трансграничные связи). Наличие перетоков между региональными системами и другими странами снижает риски по примеру скандинавского сегмента рынка *Nordpool*[95] и ряд операционных рисков. Существует тенденция развития тепловой энергетики, при которой расширенное использование новых ВИЭ и крупных ГЭС снижает уровень загрузки станций на углеводородах. Но внедрение на рынок инструмента оплаты мощности, который позволяет покрывать операционные и инвестиционные издержки генератора с целью поддержания тепловых станций в горячем/холодном резерве, устраняет риск расхождения потребностей с предложением.

Необходимость повышения мощности традиционной генерации совместно с расширенным использованием ВИЭ коррелирует с предыдущим тезисом. Интеграция возобновляемой генерации предполагает резервирование мощности тепловых станций в объеме один к одному. При этом в масштабной системе резерв мощности способен достигать 40%. Этот показатель на примере систем БРИКС подробно раскрыт в главах 3.1 и 3.2. Его расчет осуществляется в формате индикатора *Величина резервной мощности энергосистемы.* Адаптация к неоднородной выработке в крупной энергосистеме с существенными резервами мощности традиционной генерации характерна для Китая, Индии, России[96] и ЮАР.

---

[95] *Nordpool* – основанный в 1996 г. на основе дерегулированных рынков электроэнергии Норвегии и Швеции, к которому впоследствии в 1998–2000 гг. присоединились Финляндия и Дания с целью сокращения системных издержек на балансирование выработки (ветряных и гидростанций) и повышения надежности через укрепление трансграничных связей.

[96] Загрузка некоторых станций на угле (КИУМ) во второй ценовой зоне оптового рынка электроэнергии и мощности достигает только 50% (средневзвешенный показатель за год). По статистическим данным Центрального диспетчерского управления топливно-энергетического комплекса, доступным на официальном ресурсе: https://www.cdu.ru/.

Географические особенности размещения ВИЭ, связанные с выбором оптимальной с точки зрения принимаемой энергии локации, обусловливают удаленность возобновляемой генерации от узлов потребления (скорость ветра и уровень инсоляции предельны вдали от центров потребления). Однако разноплановые тенденции снижения капитальных затрат и возрастания эффективности ВИЭ при замене дизельной (мазутной) генерации в изолированных энергосистемах (в случае России – это районы Крайнего Севера, Дальнего Востока и Сибири, не интегрированные в Единую энергосистему) устраняют обозначенный недостаток.

Потребность создания накопительных элементов в инфраструктуре при минимизации технологического расхода при преобразовании электричества в другой тип энергии и обратно актуальна для национальных энергосистем, которые находятся на стадии III–IV адаптации ВИЭ. На стадиях I–II проблему интеграции новых агрегатов возможно преодолеть через повышение адаптивности сетевого комплекса, как показывает опыт немецкой сетевой компании 50 Hertz. Сетевое предприятие функционирует без накопителей энергии и осуществляет поставки электроэнергии от ВИЭ (до 50%). Накопитель – эффективный инструмент увеличения гибкости системы для ее бесперебойной работы, однако развитые механизмы диспетчеризации позволяют компенсировать их отсутствие. Низкая доля ВИЭ в ТЭБ за счет наличия естественной инерции и инструментов регулирования частоты в энергосистеме не влияет на параметры функционирования.

Ответы на обозначенные тезисы условно представлены в процессе становления энергобаланса, основанного на солнечной и ветровой энергетике, в формате четырех стадий. Средства для достижения экономической эффективности и надежности энергообеспечения электроэнергетической системы (ЭЭС) трансформируются по мере увеличения доли ВИЭ и, как следствие, актуализации перехода к новой стадии развития рынка.

Стадия I предусматривает наличие лимитированного количества энергоагрегатов солнечной и ветровой генерации в агрегированной выработке и

характерна для систем ЮАР[97] и России[98], где их доля не превышает 4%. В этом случае неоднородная энергоотдача нивелируется стабильным производством электричества станциями на ископаемых видах топлива, которые обеспечивают энергоснабжение в формате графика нагрузки потребителей. Возникающая в этой связи инерция устраняется с помощью инструментов регулирования частоты.

Стадия II характерна для энергосистем с долей солнечной и ветровой энергетики в пределах 3–15% (Китай, Бразилия и Индия). Имплементация данных ВИЭ влияет на уровень нагрузки станций на ископаемом топливе. На этом этапе критически значимой мерой является адаптация систем оперативно-диспетчерского управления[99] для устранения потенциальных угроз энергоснабжению и создание современного программного комплекса по прогнозированию нагрузки возобновляемых агрегатов. По мере трансформации энергосистемы происходят изменения в механизмах поставки электроэнергии: тепловые станции используются в рамках резервной мощности в ущерб генерации, что негативно влияет на уровень коэффициента использования установленной мощности (КИУМ). Здесь существуют риски вывода традиционной генерации из эксплуатации по причине снижения уровня загрузки и, как следствие, ее экономической рентабельности.

Стадия III предполагает фундаментальное преобразование ЭЭС с долей солнечных и ветряных станций в генерации 15–25% (Германия, Великобритания, Италия). На данном шаге системный рост доли нестабильных энергоисточников сопровождается трансформацией торговых механизмов с элементами резервирования мощности традиционных станций и интеграции потребителей в процесс ценообразования (в условиях повышенной энергоотдачи установок

[97] В 2021 г. в ЮАР 87% в выработке электричества приходилось на угольные станции, 5% – на атомные энергоблоки, 2,5% – на ветровую генерацию и 1% – на солнечную энергетику.

[98] Доля солнечной и ветровой генерации в энергетике России составляет 0,6%. При этом существенна доля крупных ГЭС – 20%. Это позволяет делать упор на экономически эффективные гидростанции при реализации стратегии развития ВИЭ.

[99] Система оперативно-диспетчерского управления ЭЭС представлена совокупностью средств, обеспечивающих централизованное управление технологическими режимами функционирования объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок.

применяются варианты резкого снижения тарифов или доведения их до отрицательного значения). Уровень адаптивности энергосистемы в регулировании параметров предложения и влияния на спрос[100] является основополагающим критерием в процессе преобразования ЭЭС. Активное применение технологий накопления электричества в масштабных системах нивелирует основную часть вызовов энергетического перехода. При этом издержки перехода, помимо инвестиционных затрат на реализацию проектов ВИЭ, зависят от совокупной величины капиталовложений в интеграционные решения.

Стадия IV предполагает достижение основополагающей роли ВИЭ в выработке электроэнергии с их долей в диапазоне 25–50%[101] (при благоприятных погодных условиях в кратковременном периоде солнечные и ветровые станции способны покрыть 100% суточного потребления). Данный этап характерен для систем Дании и Ирландии: кардинальное преобразование системы и повышение уровня ее адаптивности к резким изменениям неоднородной энергоотдачи через резервирование мощности станций на ископаемом топливе, создание инфраструктуры для накопления электроэнергии и интеграции национальных комплексов в региональные объединения с возможностью покрытия дефицита за счет трансграничного импорта.

Объем выработки электроэнергии солнечной электростанцией (СЭС) в вечерний пик потребления приближается к нулевой отметке. Рассчитанный на базе стандартного алгоритма объем мощности, предоставленной на рынок, приблизится к нулю. Средневзвешенный показатель генерации ветряной электростанцией

---

[100] С целью предоставления надежного, стабильного и качественного сбыта электричества при максимальной экономической эффективности необходимо учитывать характер нагрузки потребителя. Данный параметр детерминирует требования, предъявляемые к электрической сети. Снабжение электричества в формате электроэнергетических систем (ЭЭС) связано с поддержанием параметров режима: частоты колебаний и величины напряжения. Для интеграции ВИЭ с неоднородной энергоотдачей в ЭЭС необходимо рассчитать изменения мощности потребления (нагрузки). График нагрузки представлен в виде графического отображения колебаний нагрузки потребителя за определенный период (суточный, сезонный и годовой).

[101] При переходе к 100%-ной возобновляемой системе возникает необходимость преобразования электричества в химические вещества и водород.

(ВЭС) находится в интервале 20–30% (от номинальной установленной мощности)[102].

Возрастание доли ВИЭ в балансе мощности требует изменения принципов расчета спроса на мощность при конкурсном отборе и предполагает трансформацию текущего детерминированного подхода в вероятностный. На основе статистических данных за предыдущие несколько лет производится расчёт вероятности изменения агрегированного спроса в зависимости от изменения климатических факторов, возникновения форс-мажорных обстоятельств и аварийных ремонтов, с одной стороны, и колебаний объемов выработки установок возобновляемой энергетики в зависимости от специфических особенностей источника, с другой.

Технологическим барьером на пути интеграции ВИЭ в энергоинфраструктуру является требование к резервированию под объемы вводимых в эксплуатацию возобновляемых установок аналогичных мощностей традиционной энергетики в 100%-ном объеме. Это сопровождается кратным повышением стоимости на электричество (без учета механизмов перекрестного субсидирования). Имплементация предиктивных технологий управления спросом способна минимизировать физические свойства возобновляемых установок. В комплексной системе уже на стадии II развития энергобаланса, основанного на солнечной и ветровой энергетике, необходим избыток мощности углеводородных станций.

Характеристики облученности площадки и технические параметры СЭС имеют первостепенное значение при расчете объемов выработки[103]. Однако после

---

[102] Российская коммерческая инфраструктура электроэнергетического рынка (Оптовый рынок электроэнергии и мощности) обладает наиболее развитой системой торговых механизмов, в том числе в структуру имплементирован рынок мощности как инструмент создания и модернизации основных фондов генерации и повышения эффективности инвестиционных капиталовложений. Предоставление мощности гарантирует энергетическим предприятиям компенсацию расходов на поддержание энергоблоков в рабочем состоянии.

[103] Характеристики облученности площадки солнечных панелей зависят от географической широты, сезона, периода времени, наличия облаков и уровня загрязнённости атмосферы. Отдельно учитывается угол наклона к горизонту. При расчете параметров эффективности модуля

заката СЭС не вырабатывают электричество. Также, несмотря на возможность расчета ключевых факторов эффективности ВЭС[104], в случае отсутствия ветра и нехватки резервной мощности произойдет отключение потребителей от ЭЭС. В современной структуре баланса крупных энергосистем углеводородная доминанта позволяет обеспечить различные типы резервов и, как следствие, стабильную выработку электричества.

Составными элементами стоимости электричества являются: расходы на производство и передачу до конечного потребителя; издержки обеспечения полного перечня типов регулирования (от сохранения частоты до прохождения пикового спроса). Специфической особенностью является расхождение фактической нормированной стоимости электроэнергии (*levelized cost of electricity, LCOE*), ветровой генерации и ее величины на рынке даже в энергосистеме с долей ВЭС выше 25%.

В структуре тарифа заложены расходы на простой оборудования. Моделирование ситуации отсутствия ветра в течение недели предполагает, что в резерве должна быть станция на ископаемом топливе (которая могла бы простаивать год) и практически непрерывно функционировала гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС)[105]. Работа ГАЭС позволяет компенсировать разницу в графиках генерации и потребления. Отдельной статьей в структуре стоимости электричества ВЭС является преобразование сетевой инфраструктуры с потенциалом взаимной компенсации отклонений установок возобновляемой энергетики.

СЭС учитываются: качество изготовления, температурный коэффициент, величина напряжения блока при максимальной мощности и техническая производительность.

[104] Эффективность ветрогенератора связана со скоростью воздушных потоков, площадью ометаемой поверхности и КПД электрической части установки. В процессе расчетов также учитываются характеристики турбулентности и плотности потока и равномерность его распределения.

[105] Данный тип гидротехнических сооружений выполняет роль аккумулятора, наиболее эффективного на сегодняшний день исходя из соотношения параметров КПД и мощности.

ГЛАВА 3. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ИНВЕСТИЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРАН БРИКС В СФЕРЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ

3.1. Разработка Модели оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при конкурсном отборе проектов возобновляемой генерации

Методы оценки энергетической безопасности через интегрированные показатели и отдельные индикаторы получили активное развитие в системе прогнозирования рисков и активно применяются развитыми странами – импортерами энергоресурсов. Компонентный состав инструментов оценки надёжности функционирования национальных энергетических комплексов и системных рисков изменения краткосрочных конъюнктурных факторов и долгосрочных геополитических сдвигов соотносится в выбранной за основу концепции *жизненно важных энергетических систем*[106].

Обоснованная интеграция в концепцию показательных для развития ВИЭ на государственном уровне маркеров способствует усилению качества отбора инвестиционных проектов и, как следствие, повышает синергетический эффект от их финансирования. Максимизация отдачи проекта в плоскости повышения надежности работы энергосистемы и социально-экономического развития является приоритетным при создании системы индикаторов и разработке алгоритма в формате *Модели оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при конкурсном отборе проектов возобновляемой генерации.*

---

[106] Дениз Д.С. Разработка инструментария оценки эффективности интеграции Возобновляемых источников энергии: страны БРИКС / Салыгин В. И., Дениз Д. С. // Региональная экономика. – 2022. – Т. 20, вып. 8. – С. 1531–1548.

В контексте демонстрации широкой распространённости различных систем оценки энергетической безопасности и репрезентативности выбранного подхода в части разработки *Модели* показателен следующий инструментарий:

- Индекс энергетической трилеммы (*World Energy Trilemma Index*);
- Международный индекс рисков в области энергетической безопасности (*International Index of Energy Security Risk*);
- Индекс уровня устойчивости энергетической безопасности (*Sustainable Energy Security Index)*;
- Глобальная архитектура функционирования энергетики (*Global Energy Architecture Performance)*;
- Модель оценки энергетической безопасности в краткосрочном периоде Международного энергетического агентства (*The IEA Model of Short-term Energy Security*);
- Индекс энергетической безопасности Исследовательского экономического института стран АСЕАН и Восточной Азии (*Energy Security Index developed by Economic Research Institute for ASEAN and East Asia, ERIA*).

Фундаментальная составляющая применяемых инструментов определения энергетических рисков базируется на маркерах (индикаторы, которые характеризуют параметры процесса обеспечения энергетической безопасности) и индексах (системы индикаторов, комплексно отражающие общий уровень состояния отраслевого баланса). Международное применение комплексных инструментов на уровне профильных интеграционных и национальных институтов свидетельствует о состоятельности подходов к интерпретации данных глобальных статистических организаций и реализации тренда мониторинга индикативных планов, принятых в рамках Парижского соглашения от 2015 г. на фундаменте Рамочной конвенции ООН об изменении климата.

Обилие представленных методов позволяет увидеть сравнительную динамику преобразования национальных энергосистем и своевременно дать оценку и обратную связь по процессу внедрения новых коммерческих

инструментов регулирования и элементов технологической инфраструктуры. Однако объективная рецензия комплексного интегрированного показателя и его отдельных составляющих в формате различных предложенных выше вариантов демонстрирует критическое несоответствие возможности сопоставления процесса формирования энергосистем по причине ряда исторически сложившихся, природных, технических и социальных условий.

Ранжирование результатов, полученных на базе распространенных методик в спектре эффективности реализации проектов возобновляемой энергетики, и их прогнозное влияние на параметры национальной энергетической системы не учитывают базисного фактора – возобновляемые природные ресурсы рассматриваемого государства и эффективность их освоения, которая при рассмотрении проекта характеризуется коэффициентом использования установленной мощности. Необходимость сбалансированного и адаптивного подхода к стратегическому развитию ВИЭ подробно раскрыта на основе ключевых тезисов в главе 2.4.

Комплексный (интегрированный показатель) и система ранжирования, предназначенная для мониторинга, сравнительного анализа и обратной связи международных институтов (в виде рекомендаций, индикативных планов и статистических прогнозов), неактуальны в свете конкурсного отбора проектов ВИЭ на уровне внутриблоковых и национальных организаций и приводят к снижению качества интерпретируемости данных и уровня сопоставимости процессов оценки.

Энергетическая безопасность в постиндустриальную эпоху при проявлении очевидных контуров нового технологического уклада и кластеров базисных инноваций в энергетике занимает приоритетную роль в глобальной безопасности. Анализ процесса ее обеспечения через призму концепции *жизненно важных энергетических систем* требует определения фундаментальных понятий[107],

[107] Распространенное и детально раскрытое в главе 1.2 понятие энергетической безопасности изменяется в зависимости от синтеза ответов на следующие постановочные вопросы: 1) для каких объектов необходимо обеспечить энергетическую безопасность? 2) от изменения каких факторов следует ожидать повышения уровня угрозы для энергетической

актуальных для создаваемой *Модели.* Исходя из обозначенных уточнений, применимо трактование термина в следующем виде: «обеспечение объема энергоресурсов, критически значимого для функционирования социально-экономической инфраструктуры и оборонной деятельности в контексте диверсификации внутренних производителей, маршрутов поставок, достижения доступных цен и повсеместной возможности подключения для домашних хозяйств и промышленных предприятий».

Синтез современных теоретических воззрений на процесс обеспечения энергетической безопасности с интеграцией принципов экологически нейтрального устойчивого развития отражен в концепции *жизненно важных энергетических систем*. Высокая адаптивность концепции обусловливает ее выбор в качестве базиса исследования и разработки многоуровневой модели. Использование спектра апробированных индикаторов, представленных в системе международных статистических агентств, унифицирует данные и предоставляет возможность их сопоставления.

Базис подхода сосредоточен на применении инструментария оценки и минимизации рисков в области энергетической безопасности, условно разделенного на функционал распределения, поглощения и нивелирования рисков. Это подразумевает анализ возможностей их распределения на финансовый и производственные сектора национальной экономики; определения опции поглощения рисков (через создание дополнительной инфраструктуры хранения электроэнергии и сохранение в холодном/горячем резерве генерации на ископаемом топливе, а также подготовку к свойственной неоднородной отдаче энергоагрегатов); нивелирования рисков за счет 100%-ного резервирования мощности под установки ВИЭ и объективную оценку инвестиционной составляющей с локализацией производственной базы.

В рамках стандартной методологии стран – импортеров энергоресурсов детальный анализ компонентов энергетической безопасности основывается на трех

безопасности? 3) какими средствами и за счет вовлечения каких акторов предполагается достичь соответствующего уровня энергетической безопасности?

категориях: состоятельность ресурсной базы, обеспечение надежности поставок энергоресурсов, управление спросом. В качестве параметров для определения состоятельности ресурсной базы используется перечень индикаторов оценки уровня развития ресурсной базы, стратегических механизмов и эффективности интеграции альтернативных ресурсов в энергосистему (в исследовании рассматривается только возобновляемая часть альтернативных видов топлива), специфика и факторы усиления трансграничных связей на базе общего рынка электроэнергии.

В категории обеспечения надежности поставок актуализируются проблемы импорта ресурсов и надежности поставок. Это представлено в формате вариантов заключения долгосрочных контрактов и валидации (отбора) поставщиков на основе принципов минимизации технических и геополитических рисков и соблюдения паритетов устойчивости макроэкономических систем (включая торговые барьеры). Зависимость от импорта как фактор нестабильности конъюнктуры рынка обусловливает капиталовложения развитых стран в НИОКР по группе новых энергетических технологий[108].

Происходит преобразование и расширение технологической инфраструктуры развитых стран, включая ВИЭ, водородные проекты, а также диверсифицируются способы доставки природного газа, создаются СПГ-объекты (погрузочный/разгрузочный терминал СПГ, танкеры-газовозы, резервуары СПГ, установки по сжижению и регазификации).

Отдельное условие сбалансированности подхода к энергетической безопасности – управление спросом за счет повышения энергетической эффективности и имплементации активно-адаптивных технологий контроля и

[108] В ЕС под эгидой инновационной инициативы *Horizon Europe* в Кластере 5. Климат, энергетика и мобильность разрабатываются технологии, которые позволят ЕС к 2050 г. стать климатически нейтральным (минимизировать уровень антропогенного воздействия на региональную экосистему). Этого предполагается достичь за счет повышения темпов цифровизации экономики и ускоренной интеграции возобновляемых источников энергии. Фонд инициативы *Horizon Europe* достигает 95,5 млрд евро и распределяется на обязательства, принятые странами ЕС в Парижском соглашении (*Paris Agreement*), Европейской зеленой сделке (*the European Green Deal*), Целях устойчивого развития (*Sustainable Development Goals*).

управления технологическим процессом. В совокупности с политическими процессами отказа от углеводородов и торговыми барьерами идет подготовка систем стран-импортеров к разрыву цепочек поставок на основе формирования стратегических резервов и усиления трансграничных взаимозависимостей.

В крайне идеологизированном подходе ограниченные возможности по выбору импортеров энергоресурсов при максимизации бюрократических препятствий для крупных поставщиков в среднесрочной перспективе нивелируются широким спектром политических доктрин, направленных на обоснование роста цен на энергоресурсы для конечного потребителя[109]. Уместность экологической составляющей в энергетическом переходе отражает часть протекционистских функций и позволяет регулировать эффективность процесса устойчивого развития.



Рисунок 3.1 – Базовые компоненты обеспечения энергетической безопасности национального комплекса

Источник: разработано автором на основе Quantitative Assessment of Energy Security Working Group (2011), ‘Developing an Energy Security Index’ in Koyama, K. (ed.), *Study on the Development of an Energy Security Index and an Assessment of Energy Security for East Asian Countries*, ERIA Research Project Report 2011–13, Jakarta: ERIA, pp. 7–47.

[109] Согласно данным Европейской энергетической биржи (представленным на официальном сайте: https://www.eex.com/en/markets/natural-gas), рост спотовой цены на 1000 м^3 природного газа в период с 2021 по 2022 г. составил 10,2 раза.

Разработка инструментария модели основывается на принципах технологической допустимости и экономической эффективности при создании объекта ВИЭ. Это требует детального анализа подходящих маркеров, среди которых необходимо проанализировать следующие ниже индикаторы.

Уровень самодостаточности энергетического баланса (*Total primary energy supply /TPES/ self-sufficiency ratio*) позволяет определить фундаментальные основы функционирования энергетики и детерминировать уровень зависимости от импорта с учетом влияния кратковременных сбоев в цепочке поставок на надежность работы комплекса. Также предоставляет понимание возможностей национальной экономики в покрытии спроса на ресурсы за счет предложения внутреннего рынка и, как следствие, необходимости интеграции альтернативных источников энергии в национальную энергосистему.

TPES self-sufficiency ratio = (Внутреннее производство) / (TPES) * 100,

где *TPES* = агрегированный показатель производства собственных энергоресурсов + импорт-экспорт +/- изменения резервов.

Соотношение резервов к производству энергетических ресурсов (R/P ratio) применяется для мониторинга объема неиспользуемого топлива, а также позволяет раскрыть способность страны к преодолению кризисных явлений в области изменения условий поставок энергоресурсов. Применительно к расширению доли возобновляемой энергетики данный индикатор позволит выявить уровень надежности системы и предоставит возможность профильным ведомствам принять решение о субсидировании.

R/P ratio = (Величина резервов топлива) / (Объем производства).

Исходный инструментарий коэффициента R/P ratio видоизменяется при изменении данных по объему производства на объем потребления, то есть формула *Соотношение резервов к объему потребления* представляется в следующем виде:

R/C ratio = (Величина резервов топлива) / (Объем потребления).

Это позволяет добавить опции учета экспорта части энергоресурсов и интерпретировать далее потенциал перераспределения экспортных потоков на внутренний рынок с созданием механизмов компенсации дополнительных объемов

прибыли сырьевых вертикально интегрированных компаний. Также возможно сопоставить издержки на компенсацию экспортной выручки и капитальные и операционные издержки проектов возобновляемой энергетики. Однако специфика потребления стран БРИКС не предполагает резервирования топлива для энергетики на срок более 3 месяцев, так, страны группы имеют достаточную ресурсную базу и опции по адаптации уровня производства. Это исключает актуальность применения индексов на основе определения величины резервов топлива.

Масштаб энергетической системы, который определяется как совокупный объем ежегодной выработки электричества, характеризует потенциал интеграции ВИЭ с возможностью нивелирования неоднородной энергоотдачи, а также с учетом динамики расширения производственных мощностей и роста численности населения опции тиражирования решений по установкам возобновляемой энергетики. *Масштаб энергетической системы* является ключевым индикатором при анализе рисков снижения надежности энергосистемы в случае роста доли ВИЭ.

Уровень диверсификации маршрутов поставок и поставщиков актуален для оценки энергобезопасности в долгосрочном периоде. Очевидна идея составления этого индикатора, которая заключается в минимизации рисков срыва импорта и потенциала его компенсации за счет альтернативных игроков. Страны БРИКС в этой связи обладают обширным спектром взаимовыгодных опций экономической кооперации и, исходя из структуры топливно-энергетического баланса, взвешенно подходят к геополитическим рискам, что снижает актуальность и объективность при применении индикатора. Современная международная повестка сотрудничества стран БРИКС и высокий уровень торгово-экономических связей предоставляют фундамент для своевременной компенсации объемов импорта/экспорта и маршрутов/способов поставки.

Уровень диверсификации электроэнергетических мощностей на базе различных принципов и характеристик функционирования энергетических объектов (уровень выбросов парниковых газов, КПД, КИУМ, срок эксплуатации, операционные издержки) предоставляет возможность оценки сбалансированности

развития энергосистемы и пропорциональности в использовании преимуществ различных видов генерации (тепловой, химической[110], атомной, возобновляемой).

*Уровень диверсификации электроэнергетических мощностей = (*объем выработки топливной генерации*) / (*совокупная величина выработки электричества*).*

Величина резервной мощности энергосистемы позволяет дать характеристику надежности и стабильности энергоснабжения. В контексте обеспечения энергетической безопасности и суверенитета государственной политики ключевой задачей является возможность покрытия пикового спроса за счет собственной генерации[111]. Темпы строительства возобновляемых объектов находятся в обратной зависимости от *Величины резервной мощности энергосистемы,* так как при наличии незадействованной генерации реализация капиталоемких проектов имеет потенциал негативного влияния на финансовую стабильность действующих предприятий.

Величина резервной мощности энергосистемы = (Совокупный уровень выработки на основе номинальной установленной мощности генерирующего оборудования с учетом проектного КИУМ) / (Пиковый спрос) *100.

Потенциал механизмов управления спросом, направленных на сокращение совокупной величины потребления электроэнергии за счет повышения уровня энергетической эффективности, является ключевым ресурсом и альтернативой проектам ВИЭ. В энергосистеме с высоким уровнем потерь и технологического расхода на всех этапах производственной цепочки и со стороны неквалифицированного потребителя имплементация ВИЭ нецелесообразна. Эффективность энергосистемы – один из ключевых показателей энергетической безопасности. Для ее определения возможно использовать следующий индикатор.

---

[110] Твердооксидные топливные элементы представляют собой катод, анод электролита, размещенный между ними. При раздельной подаче топлива (синтез-газ) и кислорода осуществляется химическая реакция с выделением тепла и электричества.

[111] Объективен пример вывода из эксплуатации Игналинской АЭС в Литве в 2009 г., который был основан на политизации процесса устойчивого развития в ЕС. Это привело к повышению уровня зависимости страны от импорта электроэнергии до 70% в 2021 г. (согласно Eurostat database https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database).

Уровень энергоэффективности = общее предложение первичной энергии (TPES) / ВВП.

Различная структура потребления электроэнергии изменяет конечный показатель и обусловливает разницу индикатора в постиндустриальных и развивающихся странах. Наличие энергоемкого производства и преобладание индустриального сегмента в структуре ВВП характеризует представленные в группе БРИКС страны. Это позволяет нивелировать при разработке общей системы критериев структурные особенности экономики и повысить качество сопоставления.

Энергоэффективность является центральным показателем в работе энергосистемы. Предполагается интегрировать в *Модель* также *Удельный показатель энергоэффективности,* который позволит учесть производственную конкурентоспособность и тем самым скорректировать индикатор *Уровень энергоэффективности*. Применительно к странам БРИКС с существенными отличиями в численности населения это повысит качество интерпретации при сопоставлении.

В качестве маркера экологической политики предполагается ориентация на *величину выбросов CO_2 к ВВП*. Это определит потенциал сокращения выбросов в сопоставимых по структуре экономиках[112] и позволит проводить обратную связь с индикаторами, разработанными в формате Парижского соглашения от 2015 г. Соотношение выбросов парниковых газов с эффективностью работы системы является первостепенным для решения по возведению новых возобновляемых мощностей, то есть использование финансовых ресурсов развивающейся страны в проектах с высокими капитальными издержками при низком уровне энергоэффективности нивелирует эффект от снижения совокупного объема эмиссии CO_2.

[112] Основные эмитенты CO_2, чей совокупный объем выбросов превысил долю в 98%, подписали Парижское соглашение от 2015 г. Среди 194 государств, одобривших политику сокращения выбросов парниковых газов, присутствуют все члены БРИКС. Им формально предписано следовать заявленным планам устойчивого развития.

Уровень локализации производства оборудования возобновляемой генерации является специфическим параметром технологической оснащенности промышленной базы и адаптивности национальной инновационной системы. Отсутствие показателя в цепочке принятия бюрократических решений по любому капиталоемкому энергетическому проекту свидетельствует о неэффективном векторе экономической политики, что в среднесрочной перспективе отразится на динамике внедрения новых технологий (с целью сокращения издержек и обеспечения конкурентоспособности) и, как следствие, уровне безработицы. В этой связи *Уровень локализации производства оборудования возобновляемой генерации* является ключевым маркером при кооперации стран БРИКС на паритетных условиях.

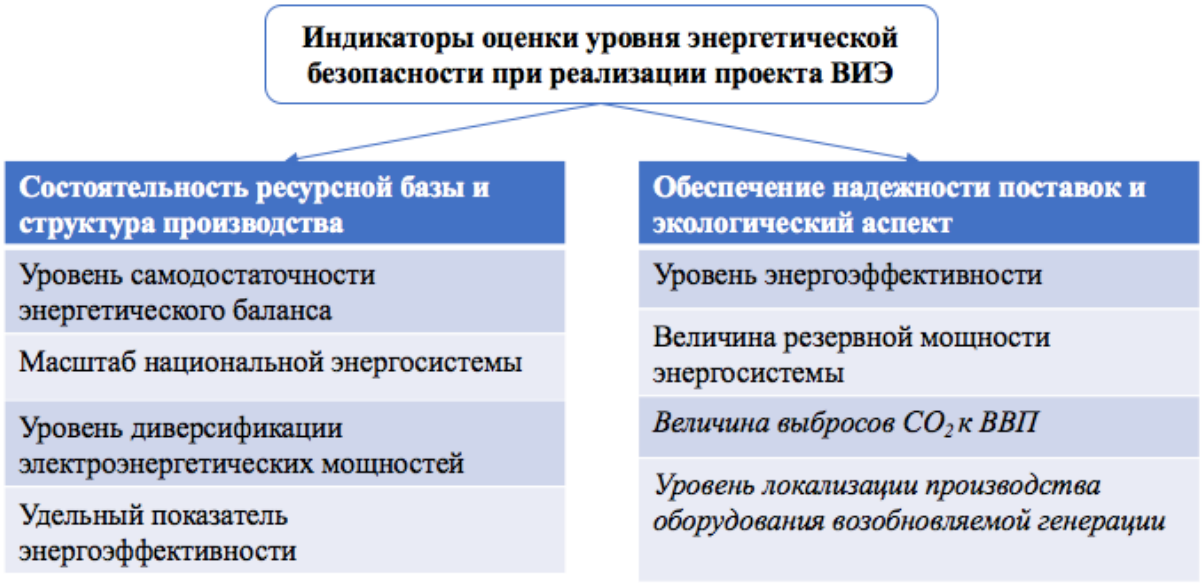


Рисунок 3.2 – Индикаторы оценки уровня энергетической безопасности при реализации проекта ВИЭ

Источник: систематизировано автором на основе материала главы 3.1.

На основе детализированных концептуальных предложений *Economic Research Institute for ASEAN and East Asia (ERIA)* дополняются механизмы оценки подхода *к жизненно важным энергетическим системам*. При трансляции подхода на фундаментальные принципы функционирования стран БРИКС в соответствии с

дополненной методологией анализируются показатели социального характера, среди релевантных обозначаются: электрификация населения, численность населения, индекс человеческого развития[113] и расходы на НИОКР (доля от ВВП).

Разработка *Модели оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при отборе проектов возобновляемой генерации* связана со структурированием и выбором механизмов денежных потоков. Экономическая эффективность реализации проектов в сегменте возобновляемой энергетики, фундаментом которой является соотношение макроэкономических и отраслевых параметров функционирования рынка и технологической инфраструктуры с интегрированной системой государственного регулирования и субсидирования, рассчитывается на основе построения финансовой модели. Это обусловливает использование инструментов инвестиционного анализа и предлагает следующий алгоритм расчета экономической эффективности проектов в сегменте возобновляемой энергетики (Приложение 4).

3.2. Оценка ключевых параметров энергетической безопасности и уровня рентабельности проектов в контексте национальных энергетических комплексов

Разработка *Модели оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при конкурсном отборе проектов возобновляемой генерации* сконцентрирована на специфике стран БРИКС и отражает необходимость поступательного и устойчивого преобразования энергетического баланса исходя из принципов надежности в функционировании энергосистемы и экономической доступности. В структуре выработки на основе ВИЭ

[113] Интегрированный показатель индекс человеческого развития является оптимальным инструментом при оценке социальной среды и эффективности гуманитарной политики в сферах образования, здравоохранения и безопасности. Рассчитывается как средневзвешенный показатель адаптированных с помощью метода *Херфиндаля-Хиршмана* маркеров: продолжительность жизни, грамотность социальных групп, качество жизни (ВНД на душу населения (по ППС).

рассматриваются солнечные установки и ветропарки. Это вызвано обширным и повсеместным использованием крупных ГЭС в Бразилии, России, Индии и Китае, а также отсутствием возможности полномасштабного развития сегмента гидрогенизации в ЮАР. Следует отметить значимость биоэнергетики в перспективной экологически нейтральной постиндустриальной системе, но противоречия ее активного использования объясняются необходимостью обеспечения продовольственной безопасности и уязвимостью аграрного комплекса к условиям изменения окружающей среды.

Анализ макроэкономической ситуации и факторов влияния на основе предложенной системы индикаторов предоставляет возможность пошаговой оценки готовности стран БРИКС к интеграции новых возобновляемых агрегатов. Помимо разработанных индикаторов оценки уровня энергетической безопасности при реализации проекта ВИЭ, состоящего из категорий *Состоятельность ресурсной базы и структура производства, Обеспечение надежности поставок и экологический аспект,* в методику включены индикаторы потенциала социально-экономического развития.

В качестве сравнительных маркеров при детерминации индикаторов стран БРИКС применяются средневзвешенные и совокупные показатели стран – участниц Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР)[114]. Проводником стратегических подходов к глобальной энергетической системе является Международное энергетическое агентство. Отражение в современных концепциях развития ВИЭ на макроэкономическом уровне технологической части и идеологии в формате системы институтов ОЭСР снижает эффективность их ретрансляции на страны БРИКС.

[114] Программы ОЭСР в части энергетического развития коррелируют с Международным энергетическим агентством (МЭА) и отражают в рамках политики устойчивого развития интересы постиндустриальных стран-импортеров. МЭА является автономным структурным подразделением ОЭСР, и это обусловливает разработку ей доктринальных и информационно-аналитических материалов (в том числе на базе интегрированных индикаторов и обособленных маркеров) в фарватере развитых стран.

Условное соотношение специфических по структуре экономики, масштабу потребления и производственной базе, а также факторов трансформации топливно-энергетического комплекса (обозначены в Таблице 3.3) предоставляет возможность выявить основные отличия стратегической детерминанты и фундаментальные предпосылки формирования электроэнергетического баланса.

Раскрытие параметров коллективного взаимодействия стран ОЭСР демонстрирует особенные условия в подходе к интеграции ВИЭ. В ОЭСР как в экономическое объединение развитых участников рынка входят 38 государств. Наиболее комплексными и устойчивыми к внешним вызовам экономики, в том числе к разрыву цепочек поставок энергетических ресурсов в определенной группе, являются США, Австралия, Канада. При этом Великобритания, Франция и Германия обладают высоким экономическим потенциалом при существенной зависимости от импорта.

В качестве обособленного участника в аппарат управления интегрирована Европейская комиссия (высшая исполнительная инстанция ЕС). Созданная в 1947 г. организация основывалась на фундаменте плана Маршалла как административного узла перераспределения средств (первоначальное название – Организация европейского экономического сотрудничества). Но кардинальное увеличение числа участников повлияло на ее формат и привело к изменению названия в 1961 г. на текущее.

Следует отметить об отказе во вступлении России (1996 г.), кроме того, Бразилия, Китай, Индия и ЮАР не являются членами этой организации по ряду политико-экономических и бюрократических обстоятельств. Это в значительной степени снижает эффективность ретрансляции методики ОЭСР в части оценки уровня изменения различных параметров национальной экономики с учетом энергетической составляющей при разработке системы индикаторов.

Разработка *Модели оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при конкурсном отборе проектов возобновляемой генерации* предполагает поиск и синхронизацию оптимальных критериев для реализации локальных проектов ВИЭ на уровне блоковых финансовых

организаций. Решения, принятые на уровне интеграционных институтов и финансовых организаций, проводятся через административную структуру. В этой связи показательно идеологическое и координационное устройство.

Ключевая цель (миссия) ОЭСР заключается в обеспечении политики, направленной на повышение темпов экономического роста с улучшением благосостояния общества. В том числе это идеологически затрагивает страны, не входящие в данную организацию. Принципы свободной рыночной экономики являются приоритетным фундаментом для построения эффективной системы имплементации демократических условий. Обширные задачи популяризации и повышения влияния институтов ОЭСР на развивающиеся страны с включением механизмов перераспределения доходов требуют сложносоставной системы управления.

Традиционно относящиеся к лидерам по объему производства товаров и услуг, данные страны по принципу циклов Н. Д. Кондратьева[115] стремятся повысить конкурентоспособность национальной экономики и запустить эффект мультипликатора-акселератора через активное внедрение новых технологий. Ускоренная трансформация привычного хозяйственного уклада, представленная Йозефом Шумпетером как «разрушительный инновационный вихрь», затрагивает все сферы социально-экономической деятельности и зависит от свойств национальной инновационной системы, в том числе в части продвижения новаторских идей на функциональном и когнитивном уровнях.

На современном этапе становления экономики условная парадигма однополярного устройства Западного мира подвержена объективным процессам трансформации. К 2050 г., по прогнозам международной консалтинговой компании *PricewaterhouseCoopers,* эта тенденция станет необратимой и в контексте теории циклов Н. Д. Кондратьева приведет к усилению экономико-политической

[115] Дополненных теоретическими разработками Йозефа Шумпетера в части зависимости спадов и подъемов глобального долгосрочного экономического развития от эффективности имплементации научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок в процесс промышленного производства.

конфронтации развитых и развивающихся стран (в основе которой лежит разность в производительности труда, эффективности производства и численности населения).

Мировой ВВП (по ППС) к 2050 г. удвоится. При этом темпы увеличения объемов рынка в развивающихся странах в два раза опередят аналогичные показатели развитых постиндустриальных экономик (средневзвешенно). Инновационная составляющая глобального развития, влияющая на эффективность производственной системы, в частности возобновляемые источники энергии, призвана снизить уровень антропогенного воздействия на биосферу.

В результате шесть из семи крупнейших экономик к 2050 г. в глобальном масштабе будут представлены развивающимися странами (по величине ВВП по ППС): 1-е место займет Китай, 2-е место – Индия, 4-е место – Индонезия, 5-е место – Бразилия, 6-е место – Россия, 7-е место – Мексика[116]. В ранжировании по объему ВВП по ППС США отведено третье место в глобальной системе производства. В формате стран ЕС наблюдается более резкое отставание от развивающихся стран при снижении совокупной доли в мировой экономике до 10% (текущий уровень – 22%). Однако ключевым условием реализации долгосрочного прогноза является совершенствование институтов, технологической инфраструктуры и национальных инновационных систем (с продуктивной системой их интеграции в производство).

Бюрократический аппарат ОЭСР, осуществляющий разработку, принятие и реализацию решения с системой обратных связей (мониторинга и контроля), состоит из 250 комитетов, рабочих групп и экспертных советов. Численность сотрудников достигает 40 тыс. должностных лиц, которые имеют право совмещать эту деятельность с работой в национальных ведомствах (стран-участниц). Координирует разноплановую деятельность комитетов секретариат, количество сотрудников которого превышает 2,5 тыс. (только на постоянной основе). Помимо

---

[116] Информация представлена в официальной Интерактивной базе данных международной аудиторской компании PricewaterhouseCoopers. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.pwc.com/gx/en/research-insights/economy/the-world-in-2050.html#data, свободный.

стандартных функций сбора, анализа и систематизации данных о трендах социально-экономического, политического, энергетического, технологического, инновационного развития и выработки на этой основе рекомендаций и прогнозов, ОЭСР осуществляет фильтрационные функции в части соблюдения странами налоговых стандартов.

Основа подхода ОЭСР к формированию и мониторингу устойчивого роста в рамках концепции экологически нейтрального социального-экономического развития (зеленая энергетика) сосредоточена в документе «Движение в сторону “зеленого” роста: мониторинг процесса»[117]. Предложенная в документе система индикаторов состоит из 4 групп:

1) индикаторы для мониторинга экологической и производственной эффективности (ресурсоемкость промышленного процесса);

2) индикаторы, характеризующие состояние ресурсного потенциала;

3) индикаторы мониторинга экологического измерения критериев социального развития, в том числе уровня жизни;

4) индикаторы, характеризующие эффективность реализуемой политики и экономические возможности (потенциал).

Избыточный бюрократический аппарат с наличием расширенного перечня профильных задач не позволяет адаптировать институциональную модель ОЭСР к странам БРИКС и рационально интерпретировать методы анализа глобальных энергетических процессов. Проекция способов расчёта эффективности локальных проектов, в том числе в сегменте возобновляемой энергетики, также, исходя из отличия в нижеперечисленных величинах индикаторов, является некорректной.

Исследуя текущее состояние и тенденции функционирования энергетической инфраструктуры стран ОЭСР, возможно выделить на базе представленного в Таблице 3.3 инструментария основные параметры, свойственные государствам-участникам (развитым странам). Рассмотрение

---

[117] OECD (2011), Towards Green Growth: Monitoring Progress: OECD Indicators, OECD Green Growth Studies, OECD Publishing, Paris [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doi.org/10.1787/9789264111356-en, свободный.

индикаторов оценки уровня энергетической безопасности при реализации проекта ВИЭ в части *состоятельности ресурсной базы и структуры производства ресурсной базы* позволит выявить ряд существенных отличий от стран БРИКС.

В первую очередь выделяется крайне низкий *Уровень самодостаточности энергетического баланса* (35%) и ориентация на импорт энергоресурсов – это обусловливает фокус политики ОЭСР на возобновляемой энергетике за счет перекрестного субсидирования ВИЭ. Суммарный *масштаб национальных энергосистем* 34 государств составляет 10,7 тыс. ТВт·ч, что эквивалентно совокупной выработке стран БРИКС. Несмотря на заявленный курс по декарбонизации национальных экономик, *Уровень диверсификации электроэнергетических мощностей* демонстрирует высокую долю традиционной углеводородной энергетики в структуре выработки (63%). *Удельный показатель энергоэффективности* (35 ГДж / численность населения) является традиционно низким для постиндустриальных экономик с преобладанием сферы услуг в структуре ВВП.

В критериях *Обеспечения надежности поставок и экологического аспекта* заложены базовые отличительные характеристики. Средневзвешенный *Уровень энергоэффективности* равняется 6,2 МДж/долл. *Величина резервной мощности энергосистем* (12%) стран – участниц ОЭСР существенно ниже показателя стран БРИКС. Это объясняется выводом угольных и атомных станций, трансграничными интеграционными процессами в Западной Европе и Скандинавии, ограниченным использованием ядерной энергетики в Японии, особенностью формирования электроэнергетической системы США (на рыночных принципах с доминантой экономической эффективности над параметрами надежности энергосистемы, что проявилось в Калифорнийском энергетическом кризисе 2000 г.).

Отдельным условным расхождением при сравнительном анализе различных экономических объединений является *Величина выбросов CO_2 к ВВП*, которая для стран ОЭСР эквивалентна 0,3 кг CO_2/долл. При преобладании топливной генерации (уголь и газ) в структуре выработки и наличии устаревших технологий производства, в частности, в США срок введения в эксплуатацию 90%-ной

угольной генерации пришелся на 1970–1980 гг., показатель демонстрирует эффективность экологических подходов. Структура постиндустриальной экономики и жесткие экологические требования позволили снизить уровень выбросов, однако отдельно следует учитывать масштабный ввод новой высокоэффективной угольной генерации с КПД более 45% в Германии, Японии и Республике Корея. *Уровень локализации производства оборудования возобновляемой генерации* является предельным.

В части адаптивности социальной системы к повышению доли ВИЭ в ТЭБ, исходя из показателей *Электрификация населения*, качества жизни (*Индекс человеческого развития*), расходов на НИОКР – страны ОЭСР занимают лидирующие позиции, что позволяет им наиболее эффективно интегрировать ВИЭ в коммерческую инфраструктуру национальных рынков с возможностью компенсации высоких капитальных затрат через повышение тарифа на электричество (диверсифицированный инструментарий поддержки ВИЭ подробно представлен в главе 2.3).

Анализ потенциала интеграции ВИЭ на основе разработанной в главе 3.1 методики с учетом выявленной специфики стран БРИКС и их отличительных особенностей от государств – участников ОЭСР продемонстрировал ряд симметричных параметров энергетической трансформации.

Китай остается крупнейшим производителем промышленного оборудования. Расширенное производство на основе ВИЭ является показательным в части повышения надежности и эффективности работы системы с совокупной мощностью более 2 200 ГВт и уровнем возрастания доли ВИЭ в выработке, достигающим 1,3% ежегодного прироста. Доля ВИЭ на 2020 г. составляла порядка 15,5%, а к 2030 г. уровень ВИЭ ожидаемо достигнет 28%.

Производство всех компонентов в системе формирования добавленной стоимости для возобновляемой энергетики при рекордных темпах ввода новой генерации на базе ВИЭ (в абсолютном выражении) решает проблемы безработицы, повышения индекса человеческого развития, конвергенции региональной политики и темпов социально-экономического развития.

Таблица 3.3 – Оценка уровня энергетической безопасности и социальной устойчивости стран БРИКС в контексте реализации проектов ВИЭ, 2020–2021 гг.

Наименование индикатора	Россия	Бразилия	Китай	Индия	ЮАР	ОЭСР
Индикаторы оценки уровня энергетической безопасности при реализации проекта ВИЭ						
Состоятельность ресурсной базы и структура производства ресурсной базы						
Уровень самодостаточности энергетического баланса, %	191	112	62	80	114	35
Масштаб национальной энергосистемы, тыс. ТВт·ч	1,1	0,6	7,8	1,6	0,2	10,7
Уровень диверсификации электроэнергетических мощностей, %	60	13	67	77	90	63
Удельный показатель энергоэффективности, ГДж / численность населения	224	58	102	29	100	35
Обеспечение надежности поставок и экологический аспект						
Уровень энергоэффективности, МДж/долл.	22	6,9	10,1	15	17,3	6,2
Величина резервной мощности энергосистемы, %	55	10	20	20	25	12
Величина выбросов CO_2 к ВВП, кг CO_2/долл.	1,1	0,2	0,7	0,9	1,3	0,3
Уровень локализации производства оборудования возобновляемой генерации,%	70	70	90	50	20	95
Адаптивность социальной системы к повышению доли ВИЭ в ТЭБ						
Электрификация населения, %	100	99,8	100	96,7	85	100
Численность населения, млн человек	146	212	1 439	1 380	60	1 242
Индекс человеческого развития (интегральная величина)	0,824	0,761	0,758	0,647	0,705	0,898
Расходы на НИОКР, % (от ВВП по ППС)	1	1,3	2,2	0,63	0,8	2,5

Источник: разработано автором на основе данных международных статистических агентств: *OECD database, IEA database, EIA database, IMF database, World Bank database.*

В абсолютном выражении рекордно значение ввода новых ВИЭ: в 2020 г. было введено 49,25 ГВт мощности солнечной генерации, и ветростанций – 72,38 ГВт. Это диктуется умеренным *Уровнем самодостаточности энергетического баланса* и необходимостью покрытия 20% потребляемой энергии за счет импорта ископаемого топлива, что, учитывая масштаб комплекса, влияет на процессы формирования глобального спроса на энергоресурсы.

Высокая адаптивность социальной системы к повышению доли ВИЭ в ТЭБ базируется на командно-административной иерархической системе. Выполнение социально-экономического приоритета – электрификации населения – полностью совпадает с долгосрочными целями энергетического развития. Рекордный рост численности населения при абсолютном уровне электрификации и высоких расходах на НИОКР обусловливает первостепенное место китайской индустрии в глобальной структуре формирования добавленной стоимости, в том числе в сегменте ВИЭ.

Индия – крупнейший производитель электричества (3-я в мире по показателям установленной мощности и ежегодной выработки). Доля возобновляемой энергетики (по выработке) составляет 23%. Национальная энергосистема с номинальной установленной мощностью в 393 ГВт обладает существенными резервами при недостаточности сетевой инфраструктуры. Основа энергетики Индии – угольная генерация.

Индикатор *Удельный показатель энергоэффективности* демонстрирует несвойственные для развивающейся страны тенденции. Однако его верификация через *Уровень энергоэффективности* (в основе заложен объем ВВП) позволяет определить причины этого расхождения: высокая численность населения и недостаточное удельное потребление ресурсов. Эти расхождения лежат в основе программ по электрификации и являются ключевым приоритетом стратегического развития национальной энергетической системы.

Энергосистема России с уровнем выработки в 1,1 тыс. ТВт·ч является эталонной по структуре генерирующих мощностей. Доля ВИЭ составляет до 20% и представлена крупными гидростанциями. В то же время имеется инновационный

сегмент атомных станций. При установленной мощности системы в 246 ГВт индикатор *Величина резервной мощности энергосистемы* превышает 50%. Это свидетельствует о ее крайне высоком уровне надежности и несовпадении заложенных при расширении энергетических мощностей прогнозируемых и реальных темпов роста потребления (экономики).

Существует рекордно низкая энергоэффективность производства с его концентрацией в сфере тяжелой промышленности. *Уровень энергоэффективности* в России в 2,2 раза ниже, чем в Китае. Этот тренд в совокупности с наличием избыточных мощностей, в том числе ГЭС, и беспрецедентным *Уровнем самодостаточности энергетического баланса* нивелирует эффективность масштабного тиражирования технологий возобновляемой генерации, оставляя пространство их эффективного применения в удаленные от централизованной системы районы, где стоимость возведения топливных станций с учетом логистических издержек превышает капитальные затраты на строительство ВИЭ.

Энергетический комплекс Бразилии с ежегодной выработкой в объеме 0,6 тыс. ТВт·ч и установленной мощностью в 175 ГВт отличается от других стран БРИКС доминантой ВИЭ в производственной структуре (87%) и опережающими темпами ввода новых агрегатов (солнечных и ветряных станций). Уровень энергоэффективности производства с точки зрения двух предложенных индикаторов представляется оптимальным и коррелирует с показателями стран ОЭСР. Это обусловливает и идентичный показатель *Величина выбросов CO_2 к ВВП.*

Характерная для развивающихся стран многоукладность экономической системы и ее декомпозиция на инновационные высокорентабельные элементы и низкоэффективные производные представлена и в экономике Бразилии. Это сказывается на эффективности перераспределения доходов от реализации проектов в сегменте возобновляемой энергетики между корпорациями и домашними хозяйствами.

Южно-Африканская Республика обладает энергопрофицитной системой с избытком угольных ресурсов и высокотехнологичных компетенций в области их

переработки. Мощность системы составляет 58 ГВт и позволяет в рамках Южноафриканского электроэнергетического рынка осуществлять трансграничные поставки излишков электроэнергии. Низкий уровень электрификации населения, расходов на НИОКР, ИЧР при свойственных региону показателях ресурсоэффективности и эмиссии парниковых газов обусловливает сугубо социально-экономический контекст при реализации проектов ВИЭ.

Детальный анализ и систематизация инвестиционной составляющей реализации проектов ВИЭ на локальном уровне представлены в Таблице 3.4. Это позволяет установить предельные значения и выбрать критические для реализации проекта параметры. В главе 2.1 детально представлена необходимость разработки прикладных инвестиционных критериев и целесообразность выбора следующих показателей: чистая приведенная стоимость, внутренняя норма доходности, индекс доходности, срок окупаемости.

Отдельно выделены технические показатели, являющиеся ключевыми при расчете эффективности проекта и принятии решения о конкурсном отборе. Коэффициент использования установленной мощности определяет целесообразность реализации проекта и величину потенциального денежного потока (основанного на объеме выработки). Низкий уровень КИУМ при неоднородной энергоотдаче ВИЭ нивелирует возможности государственной поддержки проекта. Коэффициент полезного действия необходим при квалификации наилучших доступных технологий и принятии решения о локализации производства на их основе.

Проведя детальный анализ инвестиционных и технических показателей в странах БРИКС, возможно составить минимальные требования к конкурсному отбору проектов возобновляемой энергетики. Включение прикладных показателей в *Модель оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при конкурсном отборе проектов возобновляемой генерации* позволяет разработать практические рекомендации для инвестиционных институтов БРИКС.

Таблица 3.4 – Анализ состоятельности и приоритетности в реализации проектов ВИЭ в странах БРИКС, 2020 г.

Наименование индикатора	Россия	Бразилия	Китай	Индия	ЮАР
Чистая приведенная стоимость (NPV)					
Солнечная генерация, за 1 МВт/ тыс. долл.	200	320	400	350	400
Ветростанции, за 1 МВт/ тыс. долл.	250–300	300–350	400–450	250–300	200–300
Внутренняя норма доходности (IRR)					
Солнечная генерация	10%	13%	15%	12%	10%
Ветростанции (*onshore*)	13%	17%	20%	16%	13%
Индексы доходности (PI)					
Солнечная генерация	1,1–1,7	1,1–1,7	1,1–1,7	1,1–1,7	1,1–1,7
Ветростанции (*onshore*)	1,2–1,8	1,2–1,8	1,2–1,8	1,2–1,8	1,2–1,8
Срок окупаемости (с включением в расчеты государственной поддержки)					
Солнечная генерация	10	8–10	7	8–10	8–10
Ветростанции (*onshore*)	9	9	8	10	10–12
Расчет капиталовложения, CAPEX на 1 кВт/долл.					
Солнечная генерация	1210–1750	1 519	879	794	1 671
Ветростанции, удельные	1 050	1000	850	900	1000
КИУМ					
Солнечная генерация	14%	20%	19%	18%	23%
Ветростанции (*onshore*)	31%	41%	27%	24%	20%
КПД					
Солнечная генерация	12–18%	12–18%	12–18%	12–18%	12–18%
Ветростанции (*onshore*)	30–40%	30–40%	30–40%	30–40%	30–40%

Источник: разработано автором на основе данных *International Renewable Energy Agency (IRENA), IEA database,* материалов консалтинговых агентств и национальных статистических ведомств.

Опираясь на выявленные средневзвешенные показатели, демонстрирующие специфику развития возобновляемой энергетики в странах БРИКС, следует выделить следующие в Таблице 3.5 минимальные критерии для отбора проектов и предоставления финансирования.

Таблица 3.5 – Минимальные критерии для конкурсного отбора проектов ВИЭ

Наименование показателя	Величина индикатора
Уровень локализации	70%
NPV (солнце) NPV (ветер)	200 000 долл./МВт 250 000 долл./МВт
IRR (солнце) IRR (ветер)	10% 13%
PI (солнце) PI (ветер)	1,2 1,2
PbP (солнце) PbP (ветер)	10 10
CAPEX (солнце) CAPEX (ветер)	2000 долл./кВт 1000 долл./кВт
КИУМ (солнце) КИУМ (ветер)	15% 25%
КПД (солнце) КПД (ветер)	18% 30%

Источник: разработано автором на основе материалов глав 3.1 и 3.2.

3.3. Практические рекомендации по конвергенции институциональных политик на базе Нового банка развития БРИКС

Унифицированные методы финансового анализа и расчета инвестиционных затрат на стадии согласования проекта в рамках конкурсного отбора профильного государственного ведомства позволяют сконцентрироваться на специфических отраслевых показателях и возможностях использования средств финансовых институтов, в том числе Нового банка развития БРИКС. Цель данного финансового учреждения совпадает с экономической повесткой в призме энергетической безопасности и состоит в мобилизации финансовых ресурсов для стратегических

инфраструктурных проектов и устойчивого развития (возобновляемая генерация, энергоэффективность, минимизация антропогенного воздействия).

Выбранный метод основан на определении для каждого конкретного случая перспективы вхождения в проект на основе визуализации и анализа отдельных индикаторов. Это позволяет опираться не только на общие тенденции глобальной повестки и следуемых из нее критериев оценки национальной составляющей, а на корректные условия функционирования отрасли со свойственными проблемами развивающихся региональных экономических лидеров.

Отстранение от полемики глобального потепления и создания энергосистем исключительно на неуглеродных источниках в развитых западных странах на современном этапе свидетельствует об актуальности выбранного в качестве базисного подхода к энергетической безопасности – концепция *жизненно важных энергетических систем*.

Комплексные индикаторы снижают уровень транспарентности диалога и частично сводят разработку и принятие скоординированных политических решений к идеологизации процесса поиска компромиссов. Выявление индикаторов, свойственных технологическому циклу проекта и отраслевой специфики в рассматриваемом государстве, целесообразно как на политическом, так и предпринимательском (инвестор) уровне.

Элементы представленных широко применяемых интегральных индексов в совокупности с международными и национальными реферативными базами данных раскрывают тенденции трансформации факторов надежности и экономической эффективности с включением в зависимости от представленных исследователями задач специфических критериев (уровень выбросов CO_2, величина электрификации населения, показатели социального расслоения и устойчивости экономического роста, состоятельность курса на устойчивое развитие и прогресс ужесточения экологических норм). Выбор из числа представленных инструментов и последующий синтез критериев оценки состояния внешней среды реализации проектов в сегменте возобновляемой энергетики

предпринимаются с учетом технологической специфики функционирования генерации и энергорынка.

В условиях трансформаций энергетического фундамента мировой экономики и геополитической нестабильности продвижение странами БРИКС деидеологизированного подхода к процессам обеспечения энергетической безопасности и устойчивого развития формирует каркас глобальной системы энергетических поставок. Параллельно в рамках долгосрочного перехода на расчеты в национальных валютах и усиления влияния финансовых институтов объединения происходит трансформация системы реализации энергетических проектов, в том числе в сегменте возобновляемой энергетики. Устройство Нового банка развития БРИКС в контексте масштабного стимулирования деятельности профильных энергетических компаний и инвесторов позволяет рассматривать эффективность проектов на базе ВИЭ вне доктринального воздействия развитых стран – импортеров энергоресурсов.

Интеграция инновационного потенциала и производственных решений в совокупности с передовыми компетенциями в инфраструктуре электроэнергетических рынков в глобальной системе предполагает включение всех интересантов и обусловливает поиск точек соприкосновения во фрагментированном пространстве подходов к обеспечению энергетической безопасности. Однако сопряжение тренда повышения доли ВИЭ в топливно-энергетическом балансе со стабильностью и положительной динамикой мировой экономики (с учетом показателя возрастания государственного долга при рассмотрении динамики изменения ВВП) требует отмены протекционистских подходов развитых стран.

Поддержка ВИЭ соответствует критериям устойчивого развития и исходит из высоких капитальных затрат реализации масштабных проектов при отсутствии гарантии у инвестора по выработке заложенного в финансовую модель объема электроэнергии. По причине невозможности контролировать погодные условия нельзя прогнозировать денежный поток и верифицировать предполагаемые

результаты инвестиционной деятельности как на уровне государственных регуляторных ведомств, так и частного инвестора в распределенную генерацию.

Коэффициент использования установленной мощности является фундаментальным показателем при выполнении перспективных расчетов. Это резко снижает качество финансовой модели и в случае возникновения сильного коммерческого лобби способно нарушить баланс спроса и предложения в энергосистеме. Как следствие, снизится общий уровень надежности и повысится вероятность веерных отключений энергопотребителей.

Нивелирование проблемы отраслевого лоббирования при конкурсном отборе потенциального проекта возможно через допуск максимального количества диверсифицированных по инвестиционному портфелю международных компаний. Представляется эффективным включение различных технологических требований в контексте имплементации наилучших доступных технологий и повышения уровня локализации производства.

В центре подхода к минимизации трансакционных издержек находится стоимостной фактор. В его основе рассматриваются капитальные расходы, которые уже учитываются при субсидировании, премировании, квотировании и предоставлении фискальных льгот и прочих условий ведения бизнеса. На стадии расчета капитальных затрат происходит формирование уровня рентабельности проекта и определяется величина поддержки, которая в итоге ложится на потребителя. Транспарентность в формировании капитальных издержек за счет формирования общедоступных национальных и международных баз данных является ответной мерой на спекулятивный подход коммерческого сектора к реализации стратегических проектов в сегменте ВИЭ.

Механизмы компенсации капиталовложений, базирующиеся на объеме, наиболее раскрыты в формате квот и зеленых сертификатов. Данные свидетельства выдаются предприятиям – производителям электроэнергии на базе реализованного ими объема. В свою очередь, на субъекты рынка возлагается необходимость генерировать/покупать обязательный объем электричества на основе ВИЭ или им предоставляется опция по приобретению зеленых сертификатов. Несоблюдение

режима квот связано с определенными штрафами. Зеленые сертификаты выдаются для повышения нормы рентабельности и стимулирования проектов возобновляемой энергетики, поэтому период их гарантированной эмиссии не превышает 15 лет.

Конкурсные торги организовываются регулирующим энергетическим ведомством для отбора эффективных проектов возобновляемой энергетики с последующей реализацией электроэнергии по установленному среднесрочному тарифу. Стандартный алгоритм предусматривает выставление ведомством мощности на торги и последующий выбор из актуальных предложений игроков (участников). Далее по процедуре выбранным компаниям гарантируется возможность заключения контракта на приобретение у них электричества по установленному тарифу, который обеспечивает заявленную компанией норму доходности (величина тарифа фиксирована на срок действия договора).

В случае соответствующего объема поддержки ВИЭ, вне зависимости от выбранного инструментария, возможно принципиальное достижение паритета в результатах сравнения эффективности механизмов на основе стоимостного и затратного подходов (при одинаковой расходной части, исключая трансакционные издержки и системные риски).

Сложносоставная *Модель оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при конкурсном отборе проектов возобновляемой генерации* является синтезом разработанного теоретического подхода к определению уровня энергетической безопасности в контексте стран БРИКС и опирается на пошаговый процесс отбора эффективных по техническим и экономическим параметрам проектов.

Модель состоит из 7 этапов, направленных на повышение качества отбираемого проекта с учетом совокупности представленных индикаторов макроэкономического и локального (инвестиционного и производственного) характера. В модель включены следующие аспекты: 1) оценка этапа интеграции ВИЭ в национальную энергосистему (этапность подробно раскрыта в главе 2.4); 2) анализ индикаторов уровня энергетической безопасности при реализации

проекта ВИЭ (авторский подход представлен в главе 3.1); 3) определение состоятельности инвестиционных расчетов и коммерческой части проекта (на основе определенных в главе 3.2 закономерностей); 4) корректировка показателей в соответствии с социально-экономическими критериями внешней среды (обоснование отбора показателей представлено в главе 2.4); 5) проведение конкурсного отбора проектов; 6) принятие решения о субсидировании проекта и определение источника финансирования (на основе разработанной в главе 2.3 методики); 7) реализация проекта с учетом выявленных оптимальных в главе 3.2 критериев. Схематично это представлено ниже.

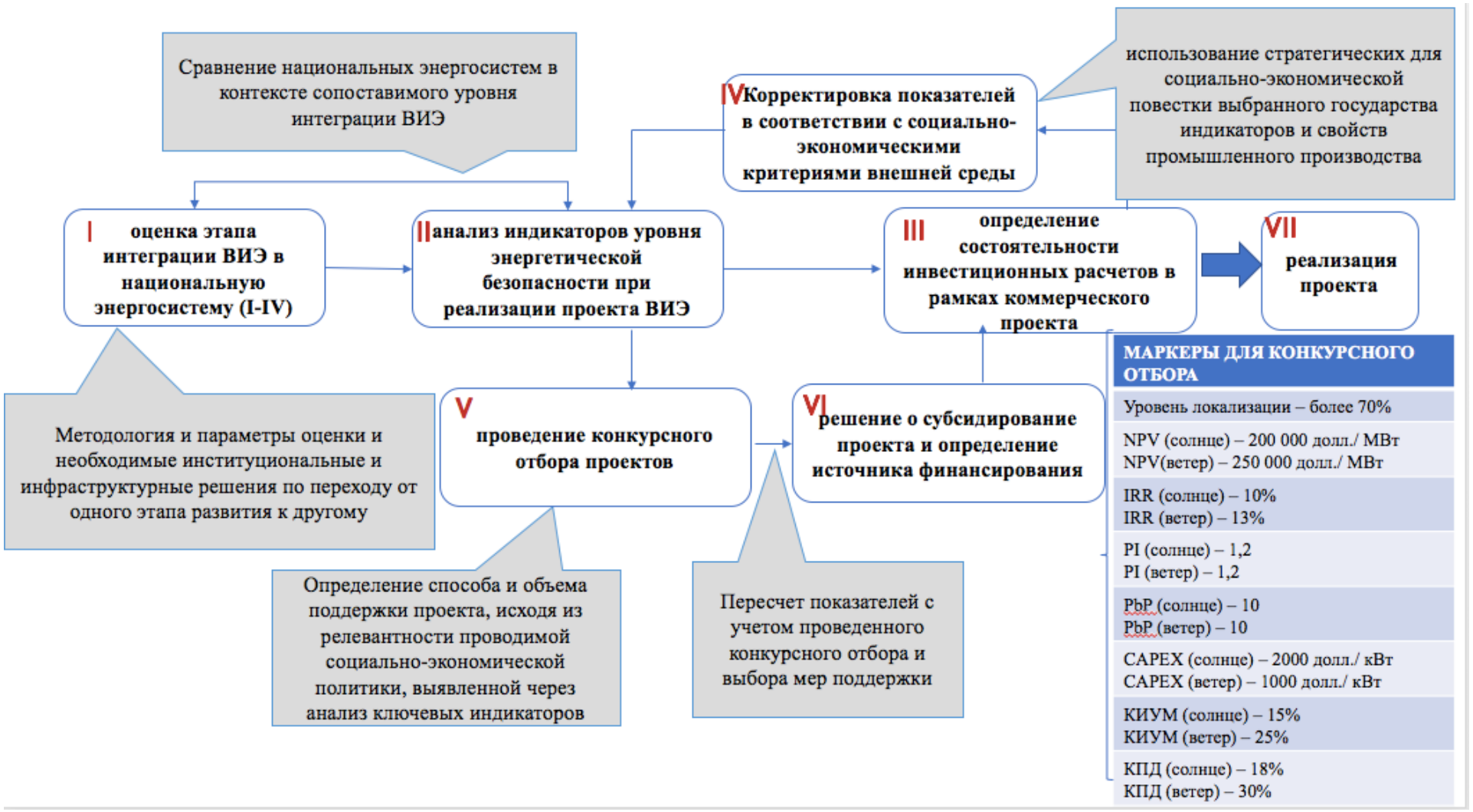


Рисунок 3.3. Инструментарий *Модели оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при конкурсном отборе проектов возобновляемой генерации*

Источник: разработано автором на основе детального анализа механизмов системы конкурсного отбора мощности и составления интегральных отраслевых индикаторов представленных в главах 2.3, 2.4, 3.1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представляется, что в течение нескольких десятилетий «энергетический переход» может снизить значимость «углеродной парадигмы», которая с 1970-х гг. определяет политику государств в области энергетической безопасности. Рост потребления энергии из возобновляемых и иных низкоуглеродных источников может привести к снижению ключевых рисков, с которыми сегодня сталкиваются импортеры нефти, газа и угля, и возможно, позволит им стать энергетически независимыми.

Однако не исключен сценарий, когда на смену рискам, связанным с поставками углеродного топлива, придут новые, порожденные постуглеродной эпохой. Для стран, экономика которых в значительной степени зависит от экспорта углеродных энергоресурсов, «энергетический переход» не только приведет к потере традиционных рынков сбыта и доходов, но и может вынудить их проводить затратную и технологически сложную декарбонизацию энергетики. Для ряда стран-экспортеров, особенно с высокой топливной рентой в ВВП и недостаточными финансовыми резервами, он может также обернуться социально-экономическими и политическими потрясениями.

Синтез фрагментированных воззрений и национальных интересов лежит в плоскости традиционных проблем бесперебойности поставок с учетом рисков, сопутствующих развитию технологической базы. Определение проблематики зависит от системы представлений различных экономических школ: международной политэкономии, неомарксистской, неореалистической, неолиберальной. Наряду с ними существует геополитический подход, совместимый с принципами теории конструктивизма.

Резкие ценовые колебания и отсутствие доступа к объектам энергетической инфраструктуры присутствуют во всех определениях энергобезопасности. Комплексный инструментарий трактовки энергетической безопасности через призму жизненно важных энергетических систем (*Vital energy systems*) аккумулирует в себе фрагментированные тезисы различных экономических школ.

Базовая система критериев данного подхода является центральной при разработке *Модели оптимизации уровня рентабельности и системных рисков проектов возобновляемой генерации.*

Сущность подхода представляет собой систему разноуровневых потоков с включением рисков, инфраструктурных особенностей, геополитических тенденций и степени адаптивности (диверсификации). В этом понимании энергетическая безопасность – это нивелирование потенциальных уязвимостей жизненно важной инфраструктуры. Интеграция краткосрочных и долгосрочных рисков в единую структуру является ключевым преимуществом в применении выбранного подхода.

Высокая вариативность конечных значений позволяет наглядно представить влияние обширного спектра факторов и выделить основные критерии эффективного функционирования национальных энергосистем. Критерии оптимизируются исходя из секторальных преимуществ, территориальных особенностей, масштаба, уровня надежности и адаптивности, диверсификации структуры топливно-энергетического баланса и развитости коммерческой части энергоинфраструктуры, а также с учетом геополитических, интеграционных и внутриблоковых предпосылок.

В развивающихся странах эти проекты сами по себе не смогут покрыть базовую часть графика нагрузки и удовлетворить все потребности в электричестве. Это связано с тем, что системы, работающие на традиционных источниках энергии, полагаются на относительно небольшое количество высокопроизводительных электростанций.

Проекты ВИЭ представляют собой главным образом менее производительные электростанции, расположенные на более обширной территории, и предлагают децентрализованную модель получения электроэнергии. Такие системы сталкиваются с двумя основными препятствиями: проблемы передачи и размещения (в особенности для шельфовых ветропарков). Возведение ЛЭП представляет собой капиталоемкий процесс.

Поэтапное улучшение параметров надежности и коммерческой

эффективности возобновляемой генерации приведет к формированию инновационной энергетической парадигмы. Возвращаясь к идее циклического развития технологий, – появление новых технологий и синхронное преобразование социально-экономических институтов отразится на психологии использования электроэнергии, а также алгоритмах расчета и варианте кооперации в формате производитель – государство – потребитель.

Разработка *Модели оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при отборе проектов возобновляемой генерации* связана со структурированием и расчетом денежных потоков. Экономическая эффективность реализации проектов в сегменте возобновляемой энергетики, фундаментом которой является соотношение макроэкономических и отраслевых параметров функционирования рынка и технологической инфраструктуры с интегрированной системой государственного регулирования и субсидирования, рассчитывается на основе построения финансовой модели. Это обусловливает использование инструментов инвестиционного анализа, что систематизировано в алгоритм расчета экономической эффективности проектов в сегменте возобновляемой энергетики.

Унифицированные методы финансового анализа и расчета инвестиционных затрат на стадии согласования проекта в рамках конкурсного отбора профильного государственного ведомства позволяют сконцентрироваться на специфических отраслевых показателях и возможностях использования средств финансовых институтов, в том числе Нового банка развития БРИКС. Цель данного финансового учреждения совпадает с экономической повесткой в призме энергетической безопасности и состоит в мобилизации финансовых ресурсов для стратегических инфраструктурных проектов и устойчивого развития (возобновляемая генерация, энергоэффективность, минимизация антропогенного воздействия).

Продвижение странами БРИКС в условиях трансформаций энергетического фундамента мировой экономики и геополитической нестабильности деидеологизированного подхода к процессам обеспечения энергетической безопасности и устойчивого развития формирует каркас глобальной системы

энергетических поставок. Параллельно в рамках долгосрочного перехода на расчеты в национальных валютах и усиления влияния финансовых институтов объединения происходит трансформация системы реализации энергетических проектов, в том числе в сегменте возобновляемой энергетики. Устройство Нового банка развития БРИКС в контексте масштабного стимулирования деятельности профильных энергетических компаний и инвесторов позволяет рассматривать эффективность проектов на базе ВИЭ вне доктринального воздействия развитых стран – импортеров энергоресурсов.

Интеграция инновационного потенциала и производственных решений в совокупности с передовыми компетенциями в инфраструктуре электроэнергетических рынков в глобальной системе однозначно предполагает однозначное включение всех интересантов и обусловливает поиск точек соприкосновения во фрагментированном пространстве подходов к обеспечению энергетической безопасности. Однако сопряжение тренда повышения доли ВИЭ в топливно-энергетическом балансе со стабильностью и положительной динамикой мировой экономики (с учетом показателя возрастания государственного долга при рассмотрении динамики изменения ВВП) требует отмены протекционистских подходов развитых стран.

Разработка *Модели оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при конкурсном отборе проектов возобновляемой генерации* сконцентрирована на специфике стран БРИКС и отражает необходимость поступательного и устойчивого преобразования энергетического баланса исходя из принципов надежности в функционировании энергосистемы и экономической доступности. В структуре выработки на основе ВИЭ рассматриваются солнечные установки и ветропарки. Это вызвано обширным и повсеместным использованием крупных ГЭС в Бразилии, России, Индии и Китае, а также отсутствием возможностей полномасштабного развития сегмента гидрогенерации в ЮАР. Следует отметить значимость биоэнергетики в перспективной экологически нейтральной постиндустриальной системе, но противоречия ее активного использования объясняются необходимостью

обеспечения продовольственной безопасности и уязвимостью аграрного комплекса к условиям изменения окружающей среды.

Анализ макроэкономической ситуации и факторов влияния на основе предложенной системы индикаторов предоставляет возможность пошаговой оценки готовности стран БРИКС к интеграции новых возобновляемых агрегатов. Помимо разработанных индикаторов оценки уровня энергетической безопасности при реализации проекта ВИЭ, состоящего из категорий *Состоятельность ресурсной базы и структура производства, Обеспечение надежности поставок и экологический аспект,* в методику включены индикаторы потенциала социально-экономического развития.

Выбранный метод основан на определении для каждого конкретного случая перспективы вхождения в проект на основе визуализации и анализа отдельных индикаторов. Это позволяет опираться не только на общие тенденции глобальной повестки и следуемых из нее критериев оценки национальной составляющей, а на корректные условия функционирования отрасли со свойственными проблемами развивающихся региональных экономических лидеров.

Внешнеэкономическая политика стран ОЭСР направлена на опосредованное усиление торговой конкуренции и тиражирование повсеместной практики стран – импортеров энергоресурсов на энергопрофицитные государства с целью перераспределения их экономической ренты.

Анализ потенциала интеграции ВИЭ на основе разработанной в главе 3.1 методики с учетом выявленной специфики стран БРИКС и их отличительных особенностей от государств – участников ОЭСР продемонстрировал ряд симметричных параметров энергетической трансформации.

Китай остается крупнейшим производителем промышленного оборудования. Расширенное производство на основе ВИЭ является показательным в части повышения надежности и эффективности работы системы с совокупной мощностью более 2 200 ГВт и ежегодным уровнем возрастания доли ВИЭ в выработке, достигающим 1,3%.

Высокая адаптивность социальной системы к повышению доли ВИЭ в ТЭБ базируется на командно-административной иерархической системе. Выполнение социально-экономического приоритета – электрификации населения – полностью совпадает с долгосрочными целями энергетического развития. Рекордный рост численности населения при абсолютном уровне электрификации и высоких расходах на НИОКР обусловливает первостепенное место китайской индустрии в глобальной структуре формирования добавленной стоимости, в том числе в сегменте ВИЭ.

Индия – крупнейший производитель электричества (3-я в мире по показателям установленной мощности и ежегодной выработки). Доля возобновляемой энергетики (по выработке) составляет 23%. Национальная энергосистема с номинальной установленной мощностью в 393 ГВт обладает существенными резервами при недостаточности сетевой инфраструктуры. Основа энергетики Индии – угольная генерация. Индикатор *Удельный показатель энергоэффективности* демонстрирует несвойственные для развивающейся страны тенденции. Однако его верификация через *Уровень энергоэффективности* (в основе заложен объем ВВП) позволяет определить причины этого расхождения: высокая численность населения при низком качестве жизни (индекс ИЧР) и недостаточное удельное потребление ресурсов. Эти расхождения лежат в основе программ по электрификации и являются ключевым приоритетом стратегического развития национальной энергетической системы.

Энергетический комплекс России с уровнем выработки в 1,1 тыс. ТВт·ч представляется эталонным в части структуры генерирующих мощностей. Приоритет использования крупных гидроэнергетических и гидроаккумулирующих станций в энергоемком производстве позволяет существенно повысить экономическую эффективность металлургических заводов. В то же время имеется сегмент атомных станций с беспрецедентным инновационным уровнем на международном рынке.

Однако существует рекордно низкая энергоэффективность производства с его концентрацией в сфере тяжелой промышленности. *Уровень*

энергоэффективности в России в 2,2 раза ниже, чем в Китае. Этот тренд в совокупности с наличием избыточных мощностей, в том числе ГЭС, и беспрецедентным *Уровнем самодостаточности энергетического баланса* ограничивает эффективность масштабного тиражирования технологий возобновляемой генерации. В среднесрочной перспективе, исходя из современных темпов снижения капитальных затрат на строительство объектов возобновляемой генерации (солнечных и ветряных станций) и при реализации совокупности программ в области энергоэффективности, доля новых ВИЭ будет расти. На текущем этапе эффективно их применение в удаленных от централизованной системы районах, где стоимость возведения топливных станций с учетом логистических издержек превышает капитальные затраты на строительство ВИЭ.

Энергетический комплекс Бразилии с ежегодной выработкой в объеме 0,6 тыс. ТВт·ч и установленной мощностью в 175 ГВт отличается от других стран БРИКС доминантой ВИЭ в производственной структуре (87%) и опережающими темпами ввода новых агрегатов (солнечных и ветряных станций). Уровень энергоэффективности производства с точки зрения двух предложенных индикаторов представляется оптимальным и коррелирует с показателями стран ОЭСР. Это обусловливает и идентичный показатель *Величина выбросов CO_2 к ВВП.*

Свойственная развивающимся странам многоукладность экономической системы с высоким расхождением в доходах различных слоев населения и наличием нескольких производственных укладов (декомпозиция на инновационные постиндустриальные элементы и аграрно-промышленные производные с низким уровнем производительности труда) является основным отличительным маркером Бразилии от стран – участниц ОЭСР. Низкий *Индекс человеческого развития* в совокупности с несущественными расходами на НИОКР снижает эффективность интеграции ВИЭ в части перераспределения дохода от реализации проектов населению задействованных районов.

Южно-Африканская Республика обладает энергопрофицитной системой с избытком угольных ресурсов и высокотехнологичных компетенций в области их

переработки. Энергетическая стратегия ЮАР с ориентацией на укрепление трансграничных электроэнергетических связей[118] и позиции на зарубежных угольных рынках предполагает сохранение текущей доли углеводорода в топливно-энергетическом балансе. Низкий уровень электрификации населения, расходов на НИОКР, ИЧР при свойственных региону показателях ресурсоэффективности и эмиссии парниковых газов обусловливает сугубо социально-экономический контекст при реализации проектов ВИЭ.

Детальный анализ и систематизация инвестиционной составляющей реализации проектов ВИЭ на локальном уровне представлены в Таблице 3.4. Это позволяет установить предельные значения и выбрать критические для реализации проекта параметры. В главе 2.1 детально представлена необходимость разработки прикладных инвестиционных критериев и целесообразность выбора следующих показателей: чистая приведенная стоимость, внутренняя норма доходности, индекс доходности, срок окупаемости.

Сложносоставная *Модель оптимизации уровня энергетической безопасности и экономической эффективности при конкурсном отборе проектов возобновляемой генерации* является синтезом разработанного теоретического подхода к определению уровня энергетической безопасности в контексте стран БРИКС и опирается на пошаговый процесс отбора эффективных по техническим и экономическим параметрам проектов.

[118] Мощность энергосистемы ЮАР составляет 58 ГВт и позволяет в рамках Южноафриканского электроэнергетического рынка осуществлять трансграничные поставки излишков электроэнергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Официальные документы

1. Об электроэнергетике : Федер. закон от 26 марта 2003 г. : [с изм. и доп. на 11.06.2022]. – Текст : электронный // Президент России : [сайт]. – URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/19336/page/1 (дата обращения: 19.09.2022).

2. Об утверждении правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и оказания этих услуг, правил недискриминационного доступа к услугам администратора торговой системы оптового рынка и оказания этих услуг и правил технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям : Постановление Правительства Рос. Федерации от 27 дек. 2004 г. № 861. – Текст : электронный // Правительство России : [сайт]. – URL: http://government.ru/docs/all/50967 (дата обращения: 19.09.2020).

3. О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии : Постановление Правительства Рос. Федерации от 04 мая 2012 г. № 442 : [с изменениями]. – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102156905 (дата обращения: 16.09.2020).

4. Об утверждении стандартов раскрытия информации субъектами оптового и розничных рынков электрической энергии : Постановление Правительства Рос. Федерации от 21.01.2004 № 24 : [с изменениями]. – Текст : электронный // Правительство России : [сайт]. – URL: http://government.ru/docs/all/47783 (дата обращения: 17.05.2020).

5. Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года : утв. распоряжением Правительства Рос. Федерации от 8 янв. 2009 г. № 1-р. – Текст : электронный // Правительство России : [сайт]. – URL: http://static.government.ru/media/files/nthMKeFTloAfD4MAI2bR4pNQ1lsdce0M.pdf (дата обращения: 17.05.2020).

6. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики : Постановление Правительства Рос. Федерации от 15 апр. 2014 г. № 321 : [с изменениями]. – Текст : электронный // Правительство России : [сайт]. – URL: http://government.ru/docs/all/91334 (дата обращения: 19.09.2020).

7. Об утверждении Положения о Правительственной комиссии по вопросам топливно-энергетического комплекса, воспроизводства минерально-сырьевой базы и повышения энергетической эффективности экономики и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации : Постановление Правительства Рос. Федерации от 11 февр. 2013 г. № 109. – Текст : электронный // Правительство России : [сайт]. – URL: http://government.ru/docs/333 (дата обращения: 19.08.2020).

8. О государственной информационной системе топливно-энергетического комплекса : Федер. закон от 3 дек. 2011 г. : (в ред. Федер. закона от 05.07.2018 № 194-ФЗ). – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=9&nd=102152618 (дата обращения: 16.06.2020).

Монографии и исследования на русском языке

9. Глобальное управление: возможности и риски / [В. Г. Барановский, Н. А. Косолапов, С. А. Афонцев и др.] ; отв. ред.: В. Г. Барановский, Н. И. Иванова ;

Отд-ние глоб. проблем и междунар. отношений Рос. акад. наук, Ин-т миров. экономики и междунар. отношений Рос. акад. наук. – Москва : ИМЭМО РАН, 2015. – 315 с.

10. Конкурентная стратегия : методика анализа отраслей и конкурентов / М. Портер ; переводчик И. Минервин. – 7-е изд. – Москва : Альпина Паблишер, 2019. – 453 с.

11. Международное измерение энергетической безопасности: Россия и мир (1991–2021 гг.) / [Ю. В. Боровский.]; М.: Издательство «Аспект Пресс», 2022. – 323 с.

12. Перспективы экономической глобализации : монография / [Булатов А. С., Вардомский Л. Б., Габарта А. А. и др.] ; под ред. А. С. Булатова ; МГИМО ун-т. – Москва : Кнорус, 2019. – 664 с.

13. Проблема энергетической безопасности в отношениях России и международного сообщества: сотрудничество и соперничество / [Ю.В. Боровский]; – М: МГИМО-Университет, 2018. — 438 с.

Монографии и исследования на иностранных языках

14. Balassa, B. The Theory of Economic Integration. – Allen and Unwin, 1973. – 304 p.

15. Banerjee, A.V. Poor Economics: A Radical Rethinking of the Way to Fight Global Poverty; Public affairs: New York, NY, USA, 2019.

16. BRICS and global governance / ed. by J. Kirton, M. Larionova. – New York : Routledge, 2018. – 288 p.

17. Brazil-China dialogue: renewable energy : 15º Encorto de Energia, 19–22 May 2014 / CELA : Clean Energy Latin America. – URL: https://www.thedialogue.org/wp-content/uploads/2015/05/Brazil_ChinaDialogue_Renewable_Energy_CELA.pdf (date of access: 19.09.2020). – Text : electronic.

18. Cooper, R. The Economics of Interdependence. McGraw-Hill, 1968. – 288 p.

19. Renewable energy in Brazil. – Rio de Janeiro : PwC, 2013. – 29 p. – URL: https://www.brazilianchamber.org.uk/sites/brazilianchamber.org.uk/files/Castello%20Branco.pdf (date of access: 19.09.2020). – Text : electronic.

20. Renewable energy policy brief : Brazil / International Renewable Energy Agency. – Abu Dhabi : IRENA, 2015. – 11 p. – URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA_RE_Latin_America_Policies/IRENA_RE_Latin_America_Policies_2015_Country_Brazil.pdf (date of access: 19.09.2020). – Text : electronic.

21. Schutte G. R. Energy and sustainable development in Brazil : recent developments and outlook / G. R. Shutte. – Friedrich-Ebert-Stiftung, 2014. – 24 p. – URL: https://library.fes.de/pdf-files/bueros/brasilien/11032.pdf (date of access: 19.08.2020). – Text : electronic.

22. Energy [r]evolution: for a Brazil with 100% clean and renewable energy : Brazilian Scenario. – [S. l.] : Greenpeace, 2016. – 15 p. – URL: https://elib.dlr.de/107961/2/Energy%20Revolution%20–%20Brazil%202016%20.pdf (date of access: 18.07.2020). – Text : electronic.

23. Viana A. Reverse auctions to scale renewable energy: brazilian approach / A. Viana. – Manila : CCEE, 2017. – 29 p. URL: https://asiacleanenergyforum.adb.org/wp-content/uploads/2017/06/4_Auctions_Renewables_Brazilian_Approach.pdf (date of access: 18.07.2020). – Text : electronic.

24. Wiesebron M. Brazilian Energy Security. Brazil's strategies in the regional context // Boletin Brazil. – Leiden : University of Leiden, 2006

25. Fuel and energy complex and economy of Russia: yesterday, today, tomorrow (1990-2010-2030) / [V. V. Bushuev et al.] ; (under the ed. of Shafranik Yu. K.). – Moscow : Institute for Energetic Strategy, 2012. – 461 p.

26. Santos, M. A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção; Editora da Universidade de São Paulo: São Paulo, Brazil, 2018.

27. Korin A., Gupta E. Energy Security and Climate Change: A Tenuous Look. Abingdon and New York: Routledge, 2011.

Исследования в периодических изданиях на русском языке

28. Абдуллаев Д. А. ВИЭ как потенциальный тренд развития ТЭК РФ // Colloquium-journal. – 2019. – № 21-6. – С. 68–70.

29. Азербаев С. Г. Развитие ВИЭ в странах Северной Африки после ЭКСПО–2017 // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. – 2020. – № 6. – С. 6–11.

30. Алехин В. Н. Потенциал развития ВИЭ на территориях России с децентрализованным энергоснабжением / В. Н. Алехин, Е. П. Шароварова // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2020. – № 5. – С. 54–55.

31. Амадзиева Н. А. Технико-экономическое обоснование использования систем энергоснабжения на базе ВИЭ / Амадзиева Н. А., Дибирова М. М., Дибиров М. Г. // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2020. – № 9. – С. 7–13.

32. Амирагян А. С. ВИЭ в Средней Азии как фактор роста и диверсификации // Академия энергетики. – 2013. – № 1. – С. 68–69.

33. Антошкин Р. В. Развитие возобновляемой энергетики во взаимодействии стран БРИКС // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 28. – С. 1403–1409.

34. Бабичева Л. К. Развитие микрогенерации на основе ВИЭ как фактор декарбонизации и экономического роста в России / Бабичева Л. К., Непринцева Е. В., Шубин С. А. // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2021. – Т. 12, № 3. – С. 236–241.

35. Баймиров М. Е. Негативное воздействие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на окружающую среду и методы его устранения / Баймиров М. Е., Анисимов Б. Ф. // Гидрометеорология и экология. – 2004. – № 4. – С. 106–113.

36. Баринова В. А. Сопоставление нормированной стоимости электроэнергии в России: ВИЭ против дизельных электростанций / Баринова В. А., Ланьшина Т. А. // Новая наука: Проблемы и перспективы. – 2016. – № 3-1. – С. 52–55.

37. Бахтизина Н. В. Инвестиции в энергопереход и инструменты финансирования / Бахтизина Н. В., Бахтизин А. Р. // Федерализм. – 2021. – Т. 26, № 1. – С. 100–114.

38. Безруких П. П. Использованию ВИЭ – государственную поддержку // Энергия: экономика, техника, экология. – 2005. – № 8. – С. 12–20.

39. Белобородов С. С. Конкурентоспособность экономики при переходе на водородную энергетику. Водород в энергетике Европейского союза / Белобородов С. С., Ненашев А. В., Гашо Е. Г. // Промышленная энергетика. – 2021. – № 1. – С. 44–55.

40. Развитие ВИЭ в России: потенциал и практические шаги / Бердин В. Х., Поташников В. Ю., Кокорин А. О., Юлкин Г. М. // Экономическая политика. – 2020. – Т. 15, № 2. – С. 106–135.

41. Богатырев А. В. Направления и перспективы развития стандартизации / Богатырев А. В., Городничая А. Н. // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 81-1. – С. 39–40.

42. Богачкова Л. Ю. Развитие ВИЭ-генерации на территории бывшего СССР: сравнительный анализ опыта Казахстана, России и Украины / Богачкова Л. Ю., Усачева Н. Ю., Усачева И. В. // Экономика и управление: теория и практика. – 2020. – Т. 6, № 2. – С. 5–19.

43. Бурлюк П. П. Влияние экологических проблем на развитие глобальной экономики // Научный Лидер. – 2022. – № 3. – С. 239–240.

44. Бутузов В. Российская электро- и теплогенерация на основе ВИЭ // Энергетическая политика. – 2022. – № 3. – С. 62–75.

45. Варич Э. С. Современное состояние ВИЭ на территории России: причины, тенденции и перспективы развития / Э. С. Варич, Н. С. Рисположенская. – Текст : электронный // Научные труды КубГТУ. – 2020. – № 8. – С. 430–438. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_45768927_80082833.pdf (дата обращения: 20.09.2020).

46. Волынчиков А. Н. Оптимизация проектных решений при строительстве малых ГЭС для уменьшения капвложения, отвечающих требованиям ДПМ ВИЭ // Гидротехническое строительство. – 2021. – № 1. – С. 12–19.

47. Ворона А. А. Инновационные циклы в современной экономике / Ворона А. А., Горохов А. Д. // Бюллетень инновационных технологий. – 2022. – Т. 6, № 1. – С. 59–62.

48. Воронкова О. Н. Противоречия развития современной мировой экономики // The Scientific Heritage. – 2022. – № 82-4. – С. 33–36.

49. Голубев С. В. Технические и экономические аспекты выбора энергоустановок на базе ВИЭ // Интеллектуальная электротехника. –2018. – № 3. – С. 102–113.

50. Горлов А. А. Научная и экспериментальная инфраструктура развития морских ВИЭ // Энергия: экономика, техника, экология. – 2017. – № 4. – С. 21–31.

51. Горлов А. А. Океанские автономные гибридные ВИЭ // Энергия: экономика, техника, экология. – 2020. – № 7. – С. 36–49.

52. Дениз Д.С. Возобновляемые источники энергии как элемент энергетической безопасности Бразилии: проблемы электрификации / Салыгин В. И., Дениз Д. С. // Вопросы инновационной экономики. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 2041–2050.

53. Дениз Д. С. Институциональные производные и механизмы поддержки возобновляемой энергетики: страны группы БРИКС // Экономические отношения. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 249–264.

54. Дениз Д.С. Кластеризация водородной энергетики в ЮАР: институциональные предпосылки и сотрудничество с Россией / Салыгин В. И., Дениз Д. С. // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2022. – Т. 18, № 4. – С. 727–744.

55. Дениз Д.С. Потенциал возобновляемой энергетики и трансформация глобального топливно-энергетического баланса: теоретические аспекты / Салыгин В. И., Дениз Д. С. // Вопросы инновационной экономики. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 1893–1904.

56. Дениз Д.С. Разработка инструментария оценки эффективности интеграции Возобновляемых источников энергии: страны БРИКС / Салыгин В. И., Дениз Д. С. // Региональная экономика. – 2022. – Т. 20, вып. 8. – С. 1531–1548.

57. Дениз Д.С. Ретроспектива формирования концепций в сфере энергетической безопасности и синтез современных подходов: страны

БРИКС / Салыгин В. И., Дениз Д. С. // Экономические отношения. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 759–774.

58. Дениз Д.С. Анализ инвестиционных параметров и вызовов интеграции солнечной и ветровой генерации: страны группы БРИКС / Салыгин В.И., Дениз Д.С. // Финансы и кредит. – 2022 – Т. 28, вып. 9. – С. 2–11.

59. Доленина О. Е. Перспективы развития бразильского рынка электроэнергии в современной инновационной экономике / Доленина О. Е., Бабич С. В., Капшуков Е. В. – Текст : электронный // Региональная экономика и управление. – 2021. – № 4. – URL: https://eee-region.ru/article/6811 (дата обращения: 18.09.2022).

60. Дудников В. В. Решение проблемы негативного влияния выбросов CO2 путем развития ВИЭ в топливно-энергетическом комплексе // Научно-исследовательские публикации. – 2016. – № 2. – С. 127–130.

61. Жданеев О. В. Развитие ВИЭ и формирование новой энергополитики России / Жданеев О. В., Зуев С. С. // Энергетическая политика. – 2020. – № 2. – С. 84–95.

62. Жданеев О. В. Векторы технологической кооперации БРИКС в топливно-энергетическом комплексе : (часть 2) / Жданеев О. В., Серегина А. А. // Международный технико-экономический журнал. – 2021. – № 2. – С. 7–22.

63. Иосифов В. В. Вопросы согласования стратегий развития инновационных транспортных средств и ВИЭ в контексте новой климатической политики России / Иосифов В. В., Ратнер П. Д. // Друкеровский вестник. – 2020. – № 2. – С. 176–186.

64. Капитонов И. А. Экологизация энергетики как сопутствующий аспект внедрения ВИЭ в России // Энергия: экономика, техника, экология. –2016. – № 10. – С. 36–41.

65. Карпов В. Е. Оценка экономической эффективности различных вариантов реализации проектов генерации на основе ВИЭ в зонах ИТТ / Карпов В. Е., Ильковский К. К. // Микроэкономика. – 2020. – № 6. – С. 47–55.

66. Касаева О. Н. Перспективы развития ВИЭ в России // Актуальные вопросы экономических наук. – 2012. – № 28. – С. 78–81.

67. Копылов А. Е. Новый подход к поддержке ВИЭ в России на основе оплаты мощности генерации // Энергетическое право. 2011. – № 1. – С. 35–43.

68. Кузовкин А. И. Углеродонейтральность и проблемы развития ВИЭ в Европе // Микроэкономика. – 2021. – № 5. – С. 80–86.

69. Лейзерович А. Ш. Последний немецкий «Угольщик»? // Электрические станции. – 2021. – № 1. – С. 2–8

70. Лукутин Б. В. Критерии вовлечения ВИЭ в повышение энергетической безопасности изолированных труднодоступных территорий Севера и Арктической зоны РФ / Лукутин Б. В., Киушкина В. Р., Иванов И. С. // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2021. – Т. 14, № 5. – С. 507–519.

71. Макаров С. В. Развитие ВИЭ на базе солнечных электростанций, на территории современной России. – Текст : электронный // Меридиан. –2020. – № 15. – С. 195–197. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_43868144_94060-189.pdf (дата обращения: 17.09.2022).

72. Малик Л. К. ВИЭ для устойчивого развития // Энергия: экономика, техника, экология. – 2008. – № 2. – С. 42–46.

73. Манцерова Т. Ф. Структура и организация регионального кластера возобновляемых источников энергии во Вьетнаме / Манцерова Т. Ф., Тует Н. А. // Наука и техника. – 2022. – Т. 21, № 1. – С. 82–88.

74. Мастепанов А. Энергетическая политика Бразилии / Мастепанов А., Сумин А. // Энергетическая политика. – 2021. – № 3. – С. 58–79.

75. Мастепанов А. М. Энергетическая безопасность в период геополитической и экономической неопределенности // Бурение и нефть. – 2022. – № 1. – С. 6–9.

76. Медведева М. Б. Экономика Бразилии в контексте глобальных процессов / Медведева М. Б., Стародубцева Е. Б. // Банковские услуги. – 2022. – № 1. – С. 32–39.

77. Митенкова Е. Н. Экономическое обоснование эффективности использования ВИЭ в удаленных регионах России // Комплексные проблемы развития науки, образования и экономики региона. – 2014. – № 1. – С. 71–77.

78. Муслимов Р. Х. Перспективы использования первичных углеводородных ресурсов в условиях политики декарбонизации // Нефтяное хозяйство. – 2022. – № 2. – С. 10–15.

79. Экономико-экологические аспекты ресурсосбережения / Негреева В. В., Кочегарова Т. С., Филимонова А. В., Цимбалист-Колесникова И. А. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2021. – № 1. – С. 94–102.

80. Немтинова Ю. В. Управление квотами на выбросы парниковых газов на пути к декарбонизации экономики / Немтинова Ю. В., Немтинов В. А. // Экология и промышленность России. – 2022. – Т. 26, № 1. – С. 19–23.

81. Нефедова Л. В. Метод регионального анализа ресурсов ВИЭ на основании расчета показателя суммарного удельного нормированного потенциала // Теплоэнергетика. – 2008. – № 12. – С. 2–5.

82. Нефедова Л. В. Финансовые методы управления рисками при использовании ВИЭ / Нефедова Л. В., Соловьев А. А. // Энергетическая политика. – 2020. – № 5. – С. 62–75.

83. Николаева Д. С. Устойчивые модели производства деятельности ТНК в рамках мировой «зеленой» экономики // Интернаука. – 2022. – № 1-3. – С. 41–44.

84. Осадчий Г. Б. Эффективное использование систем и установок ВИЭ // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2014. – № 4. – С. 66–70.

85. Палёная А. А. Перспективы и риски инвестиций в возобновляемую энергетику (ВИЭ) // Аллея науки. – 2019. – Т. 2, № 12. – С. 313–323.

86. Перминов Э. М. О проблемах развития мировой энергетики и ВИЭ // Энергетика за рубежом. – 2020. – № 4. – С. 2–7.

87. Петров Ю. С. Энергетические соотношения в автономной системе с энергоснабжением от ВИЭ / Петров Ю. С., Музаев А. К. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 10-1. – С. 29–33.

88. Плачинда М. Д. Нормативно-правовое регулирования возобновляемых источников энергии (ВИЭ): опыт России и зарубежных стран // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 25. – С. 123–133.

89. Подоба З. С. «Зеленая энергетика» в странах БРИКС / Подоба З. С., Крышнёва Д. А. // Мировая экономика и международные отношения. – 2018. – Т. 62, № 2. – С. 17–27.

90. Пястолова И. А. Перспективы развития энергогенерирующих мощностей на основе ВИЭ и их влияние на экологию в России / Пястолова И. А., Оськин С. В. // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. – 2014. – № 2. – С. 144–148.

91. Рыбкина Я. А. Правовая природа отбора проектов ВИЭ и применение норм антимонопольного законодательства к процедуре отбора проектов ВИЭ // Правовой энергетический форум. – 2018. – № 4. – С. 38–45.

92. Сазонов Д. Ю. Возобновляемые источники энергии как фактор риска развития российских энергетических компаний / Сазонов Д. Ю., Уланов В. Л. // Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2018. – № 4. – С. 3–13.

93. Сазонов Д. Ю. Инвестиционная привлекательность ВИЭ // Энергия: экономика, техника, экология. – 2017. – № 7. – С. 48–51.

94. Сайгаткина С. Ведь, если трубы строят, значит это кому-нибудь нужно? // Энергетическая политика. – 2021. – № 2. – С. 58–71.

95. Свентицкий И. И. Энергосбережение в АПК и ЖКХ при эффективном использовании ВИЭ на основе эксэргетического анализа // Энергия: экономика, техника, экология. – 2016. – № 4. – С. 23–29.

96. Свентицкий И. И. Эксергия теплоты среды – главный ВИЭ энергетики будущего / Свентицкий И. И., Свентицкий А. Г. // Энергия: экономика, техника, экология. – 2019. – № 5. – С. 55–62.

97. Сериков П. Ю. Экономические аспекты использования возобновляемых источников энергии / Сериков П. Ю., Бучнев А. О. // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2016. – № 3. – С. 90–95.

98. Резервирование энергии, получаемой от ВИЭ / Сидоренко А. Д., Квитко А. В., Калачев П. В., Скрипин А. П. // Colloquium-journal. – 2020. – № 22-1. – С. 31–33.

99. Государственно-частное партнерство и стратегия экономического роста / Сильвестров С. Н., Крупнов Ю. А., Золотарев Е. В., Лапенкова Н. В. //

Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2022. – Т. 18, № 2. – С. 341–363.

100. Симонова М. Д. Статистический анализ тенденций развития мировой возобновляемой энергетики / Симонова М. Д., Захаров В. Е // Вестник МГИМО–Университета. – 2016. – № 3. – С. 214–220.

101. Скородумов А. В. Причины мирового экономического кризиса в современном мире // Студенческий. – 2022. – № 1-6. – С. 50–51.

102. Сопилко Н. Ю. Последствия энергетического перехода для энергетической интеграции государств Евразийского экономического союза / Сопилко Н. Ю., Еремина И. Ю., Зенкина Е. В. // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2022. – № 2. – С. 38–45.

103. Стребков Д. С. Инновационные технологии в области ВИЭ, разработанные в ВИЭСХ / Стребков Д. С., Харченко В. В. // Проблемы региональной энергетики. – 2012. – № 3. – С. 64–75.

104. Верификация численных расчетов электромеханических переходных процессов при оценке устойчивости электроэнергетических систем с генерирующими объектами, использующими ВИЭ / Суворов А. А., Аскаров А. Б., Рудник В. Е. [и др.] // Электрические станции. – 2022. – № 1. – С. 25–37.

105. Темеров А. В. Энергосберегающие решения и эффективное использование ВИЭ // Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – № 1. – С. 201–206.

106. Метод выбора оптимальных мест строительства электростанций на основе возобновляемых источников энергии в Республике Союз Мьянма / Ту Р. М., Шестопалова Т. А., Тягунов М. Г., Хе Х. // Вестник Московского энергетического института. – 2022. – № 1. – С. 58–65.

107. Туаева Д. А. Современное состояние и перспективы развития ветроэнергетики в Российской Федерации // Modern Science. – 2021. – № 1–2. – С. 128–132.

108. Хайретдинов И. Р. Исследование эффективности зарубежных и отечественных прикладных программ для расчета комплексных энергетических

систем на основе ВИЭ / Хайретдинов И. Р., Денисов К. С., Велькин В. И // Окружающая среда и энерговедение. – 2021. – № 1. – С. 60–66.

109. Черная Н. В. Новые генерирующие мощности, модернизация ТЭС, строительство объектов ВИЭ и рост цен на электроэнергию // Экономика и управление. – 2018. – № 10. – С. 61–67. Эдер Л. В. Долгосрочные тенденции использования и производства ВИЭ в мировой энергетике / Эдер Л. В., Филимонова И. В., Проворная И. В. // Энергия: экономика, техника, экология. – 2015. – № 2. – С. 46–55.

Исследования в периодических изданиях на иностранных языках

110. Ahmed M. K. Multiobjective optimization of power flow distribution in EPS with RES under minimum number of transformer’s on-load tap changing / Ahmed M. K., Osman M. H., Korovkin N. V // Elektrichestvo. –2022. – № 5. – P. 10–20.

111. Appelbaum J. The role of view factors in solar photovoltaic fields // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – Vol. 81, p. 1. – P. 161–171.

112. Azevedo V. G. CO 2 emissions: a quantitative analysis among the BRICS nations / Azevedo V. G., Sartori, S., Campos L. M. S. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – Vol. 81, p. 1. – P. 107–115.

113. Bahgat, G. Energy Security. An Interdisciplinary Approach. Singapore: John Wiley & Sons Ltd., 2011.

114. Boute, A. and Willems, P. RUSTEC: Greening Europe's energy supply by developing Russia's renewable energy potential // Energy Policy. – 2012. – 51. – P. 618–629.

115. Boute, A. Renewable Energy Federalism in Russia: Regions as New Actors for the Promotion of Clean Energy // Journal of Environmental Law. – 2013. – 25(2). – P. 261–291.

116. Cavasin, E. and Guilhoto, J. Renewable Energy. Global and Brazilian Trends. – San Paulo: PwC. – 2013. – P. 1–51.

117. Cherp A., Jewell J. The concept of energy security: Beyond the four As// Energy Policy. – 2014. – № 75. – 415–421 pp.

118. Da Silva, N.F.; Rosa, L.P. Irregular Access to the Power Distribution Network in Brazil's Residential Sector: A Delinquent Payment Problem, or the Quest for a Right beyond the Law? Electr. J. 2018, 21, 80–90.

119. Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil / Ferreira A., Kunh S., Fagnani K. [et al.] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – Vol. 81, p. 1. – P.181–191.

120. García-Gusano D. Prospective analysis of energy security: a practical life-cycle approach focused on renewable power generation and oriented towards policy-makers / García-Gusano D., Iribarren D., Garraín D. // Applied Energy. – 2017. – Vol. 190. – P. 891–901.

121. Energy security: the Brazilian example and implications for US policy. – Washington : The Aspen Institute, 2012. – 40 p. – URL: https://assets.aspeninstitute.org/content/uploads/files/content/upload/2012_Energy_Security_CR-Sao_Paulo.pdf (date of access: 19.09.2020). – Text : electronic.

122. Fermann, G. What Is Strategic About Energy? De-Simplifying Energy Security / The Political Economy of Renewable Energy and Energy Security. Common Challenges in Japan, China and Northern Europe / E. Moe and P. Midford, Ed. – New York: Palgrave Macmillan, 2014. – P. 21–46.

123. Gusev A. Russian energy policies revisited : assessing the impact of the crisis in Ukraine on Russian energy policies and specifying the implications for German and EU energy policies / A. Gusev, K. Westphal. – Berlin : German Institute for International and Security Affairs, 2015. – 55 p. – (SWP Research Paper). – URL: https://www.researchgate.net/publication/286001974_Russian_Energy_Policies_Revisited_Assessinf_the_Impact_of_the_Crisis_in_Ukraine_on_Russian_Energy_Policies_and_Specifying_the_Implications_for_German_and_EU_Energy_Policies (date of access: 19.09.2022). – Text : electronic.

124. Houshialsadat S. M. The role of the Persian Gulf's natural gas reserves for the European Union's security : a doctoral thesis submitted in fulfilment of the requirement

for award of Doctor of Philosophy at Durham University / S. M. Houshialsadat. – Durham : Durham University, 2013. – 414 p. – URL: http://etheses.dur.ac.uk/7751/1/Final_Thesis.pdf?DDD35+ (date of access: 19.09.2022). – Text : electronic.

125. Hox, J. and Boeije, H. Data Collection, Primary VS Secondary // Encyclopedia of Social Management. – 2005. – 1. – P. 593–599.

126. World Energy Outlook, 2021 / International Energy Agency. – Paris : IEA. – 386 p. – URL: https://iea.blob.core.windows.net/assets/4ed140c1-c3f3-4fd9-acae-789a4e14a23c/WorldEnergyOutlook2021.pdf (date of access: 18.09.2022). – Text : electronic.

127. Irwin S. Qualitative secondary data analysis: ethics, epistemology and context // Progress in Development Studies. – 2013. – Vol. 13, iss. 4. – P. 295–306.

128. Johnston M. P. Secondary data analysis: a method of which the time has come // Qualitative and Quantitative Methods in Libraries. – 2014. – Vol. 3, no. 3. – P. 619–626.

129. Kılkış Ş. Sustainability-oriented innovation system analyses of Brazil, Russia, India, China, South Africa, Turkey and Singapore // Journal of Cleaner Production. – 2016. – Vol. 130. – P. 235–247.

130. Kiseleva S. Estimating renewable energy resources of Russia: goals and perspectives / Kiseleva S., Rafikova J., Shakun V. // EPJ Web of Conferences. – 2012. – Vol. 33. – Article number 01003. – URL: https://www.epj-conferences.org/articles/epjconf/pdf/2012/15/epjconf_e2c2012_01003.pdf (date of access: 19.09.2022). – Text : electronic.

131. Kitasei S. Powering the low-carbon economy: the once and future roles of renewable energy and natural gas / S. Kitasei. – Washigton : WorldWatch Institute, 2010 – 48 p.

132. Kozlova M. Modeling the effects of the new Russian capacity mechanism on renewable energy investments / Kozlova, M., Collan, M. // Energy Policy. – 2016. – Vol. 95, iss. 1 – P. 350-360.

133. Indicators for energy security / Kruyt B., van Vuuren D. P., de Vries H. J. M., Groenenberg H. // Energy Policy. – 2009. – Vol. 37, iss. 6. – P. 2166-2181.

134. Dynamics of energy governance in Europe and Russia / ed. by C. Kuzemko, A. V. Belyi, A. Goldthau, M. F. Keating. – [S. l.] : Palgrave Macmillan, 2012. – 18 p.

135. Isolated power system in Russia: a chance for renewable energies? / Lombardi P., Sokolnikova T., Suslov K. [et al.] // Renewable Energy. – 2016. – Vol. 90. – P. 532-541.

136. Le Coq, C. and Paltseva, E. Measuring the Security of External Energy Supply in The European Union // Energy Policy. – 2009. – 37(11). – P. 4474–4481.

137. Long-Sutehall T. Secondary analysis of qualitative data: a valuable method for exploring sensitive issues with an elusive population? / Long-Sutehall T., Sque M., Addington-Hall J. // Journal of Research in Nursing. – 2010. – Vol. 16, iss. 4. – P. 335–344.

138. Climate policy scenarios in Brazil: a multi-model comparison for energy / Lucena A. F. P., Clarke L., Schaeffer R. [et al.] // Energy Economics. – 2016. – Vol. 56. – P. 564–574.

139. Luft G. Energy security and climate change: a tenuous look / G. Luft, A. Korin, E. Gupta // The Routledge Handbook of Energy Security / ed. by B. J. Sovacool. – London ; New York : Routledge, 2011. – P. 43–55.

140. Luomi M. Sustainable energy in Brazil: reversing past achievements or realizing future potential / M. Luomi ; The Oxford Institute for Energy Studies. – Oxford : OIES, 2014. – 55 p.

141. Medium-term renewable energy market report / The International Energy Agency. – Paris : IEA, 2013. – 242 p.

142. New challenges in energy security : the UK in a multipolar world / ed. by C. Mitchell, J. Watson, J. Whiting, J. – London : Palgrave Macmillan, 2013.– 306 p.

143. The political economy of renewable energy and energy security : common challenges and national responses in Japan, China and Northern Europe / ed. by E. Moe, P. Midford. – New York : Palgrave Macmillan, 2014. – 354 p.

144. Moe E. Energy, industry and politics: energy, vested interests, and long-term economic growth and development // Energy, – 2010. – Vol. 35, iss. 4. – P. 1730–1740.

145. Mohaptra N. K. Energy security and Russia’s foreign policy / N. K. Mohaptra N. K. ; Centre for Rising Powers, Department of Politics and International Studies. –

Cambridge : University of Cambridge, 2013. – 40 p. – (CRP working paper series ; working paper no. 11).

146. Perspectives for energy transition : investment needs for a low-carbon energy system / The International Energy Agency, The International Renewable Energy Agency. – Paris : IEA : IRENA. – 2017. – 204 p.

147. Pereira, E. and Lima, J. Solar and Wind Energy Assessment in Brazil. – Sao Jose Dos Campos: National Institute for Space Research (INPE), 2008. – P. 1–57; 67–80.

148. Porfiriev, B. and Roginko, S. Energy On Renewable Sources: Prospects For The World And For Russia // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2016. – 86(6). – P. 433-440.

149. Rabitz F. The Brazilian renewable energy policy framework: instrument design and coherence // Climate Policy, 2020, Volume 20, Issue 5, P. 652–660.

150. Tarasova, E. Russian Energy and Security up to 2030 // Europe-Asia Studies. – 2015. – Vol. 67, iss. 6. – P. 995–996.

151. Shafranik, Y. Fuel And Energy Complex And Economy Of Russia: Yesterday, Today, Tomorrow (1990-2010-2030). – Moscow: Institute for Energetic Strategy, 2012.

152. China’s path to a green economy : decoding China’s green economy concepts and policies / X. Weng, Z. Dong, Q. Wu, Y. Qin ; International Institute for Environment and Development. – London : IIED, 2015. – 40 p.

153. Vercueil, J. Les Pays Émergents. Brésil – Russie – Inde – Chine. Mutations Économiques Et Nouveaux Défis. – 3rd ed. – Charenton: Bréal Editions, 2012. – p. 230–250.

154. Winzer, C. Conceptualizing Energy Security. / Working papers // Economics. – Cambridge: University of Cambridge, 2011. – P. 1–36.

155. Zhiznin, S. Z. Energy security: Theoretical interpretations and quantitative evaluation / S. Z. Zhiznin, V. M. Timohov, V. Dineva // International Journal of Energy Economics and Policy. – 2020. – Vol. 10. – No 2. – P. 390–400.

156. Zhiznin, S. Z. Economics of Secondary Renewable Energy Sources (SRES) / S. Z. Zhiznin, S. Vassilev // Alternative energy and ecology. – 2018. – No 31–36 (279–284). – P. 52–61.

157. Quantitative Assessment of Energy Security Working Group (2011), ‘Developing an Energy Security Index’ in Koyama, K. (ed.), *Study on the Development of an Energy Security Index and an Assessment of Energy Security for East Asian Countries*, ERIA Research Project Report 2011–13, Jakarta: ERIA, pp. 7–47.

Диссертации

158. Гусарова С.А. Торгово-инвестиционное сотрудничество стран БРИКС как фактор развития их экономик : дис. … доктора экономических наук : специальность 08.00.14 / Гусарова Светлана Анатольевна ; [Рос. эконом. ун-т им. Г. В. Плеханова]. – Москва, 2018.

159. Пелевина К.А. Тенденции развития торгово-экономического сотрудничества стран БРИКС: Бразилия, Индия, Китай, ЮАР : дис. … канд. экон. наук : специальность 08.00.14 / Пелевина Ксения Александровна ; [Ин-т экономики РАН]. – Москва, 2018.

160. Чернова В.А. Интенсификация инновационного развития экономики как фактор совершенствования международного сотрудничества Федеративной Республики Бразилия в формате БРИКС: дис. … канд. экон. наук. : специальность 08.00.14 / Чернова Виктория Александровна ; [С.-Петерб. гос. экон. ун-т] . Санкт-Петербург, 2016.

Интернет-источники

161. What is renewable energy?. – Text : electronic // U.S. Energy Information Administration : [site]. – URL: https://www.eia.gov/energyexplained/?page=renewable_home (date of access: 16.09.2022).

162. Most fossil fuel dependent countries as of 2015. – Text : electronic // Statista : The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies. – 2015. – URL: https://www.statista.com/statistics/509100/most-fossil-fuel-dependent-nations (date of access: 16.09.2022).

163. Low-carbon innovation in China: prospects, politics and practices / D. Tayfield, A. Ely, F. Urban [et al.] ; STEPS Centre. – Brington : STEPS Centre, 2014. –

43 p. – (STEPS Working Paper ; 69). – URL: http://steps-centre.org/wp-content/uploads/WP-69-Innovation.pdf (date of access: 16.09.2022). – Text : electronic.

164. The 13th five-year plan for economic and social development of the People's Republic of China, 2016–2020. – Text : electronic // National Development and Reform Commission (NDRC) People's Republic of China : [site]. – 2016. – URL: https://en.ndrc.gov.cn/policies/202105/P020210527785800103339.pdf (date of access: 16.09.2022).

165. The global energy architecture performance index report 2014 // World Economic Forum : [site]. – 2013. – URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_EN-_NEA_Report_2014.pdf (date of access: 16.09.2022). – Text : electronic.

166. Wind Energy Installations, 2016 . – Text : electronic // World Wind Energy Association : [site]. – 2016. – URL: http://www.wwindea.org/wp-content/uploads/filebase/market_reports/Wind_Energy_Installations_2016.pdf (date of access: 15.06.2020).

167. World Energy Outlook, 2016 : executive summary / The International Energy Agency. – Text : electronic // Convention on Biological Diversity : [site]. – URL: https://www.cbd.int/financial/doc/WorldEnergyOutlook2016ExecutiveSummaryEnglish.pdf (date of access: 25.06.2020).

168. Yeo S. COP22: key outcomes agreed at the UN climate talks in Marrakech. – Text : electronic // CarbonBrief : Clear on Climate : [site]. – 2016. – URL: https://www.carbonbrief.org/cop22-key-outcomes-agreed-at-un-climate-talks-in-marrakech (date of access: 27.06.2020).

169. Shea, J. Energy Security: NATO's Potential Role. – Text : electronic // NATO Review. – URL: http://www.nato.int/docu/review/2006/NATO-Transformation/energy_security_poten-tial_ro-le/EN/-index.htm.

170. Yergin, D. Ensuring Energy Security. – Text : electronic // Foreign Affairs : [site]. – 2006. – March/April. – URL: https://www.foreignaffairs.com/articles/2006-03-01/ensuring-energy-security (date of access: 25.06.2020).

171. Zhang J. China's energy security: prospects, challenges and opportunities. – Text : electronic // The Brookings Institution : [site]. – 2011. – (Working papers by CEAP

Visiting Fellows). – URL: https://www.brookings.edu/research/chinas-energy-security-prospects-challenges-and-opportunities (date of access: 25.06.2020).

172. After BRICs, look to CIVETS for growth - HSBC CEO. – Text : electronic // Reuters : [site]. – 2010. – URL: https://www.reuters.com/article/hsbc-emergingmarkets/after-brics-look-to-civets-for-growth-hsbc-ceo-idUSLDE63Q26Q20100427 (date of access: 10.05.2020).

173. Bassi, S. and Hicks, N. Onshore Wind Energy: What Are The Pros And Cons? – Text : electronic // The Guardian/LSE/Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. – URL: https://www.theguardian.com/environment/2012/sep/25/climate-change-windpower (date of access: 11.05.2021).

174. Can Temer Boost Brazil's Struggling Energy Sector?. – Text : electronic // Latin America Energy Advisor. – 2016. – 16 September. – URL: http://www.thedialogue.org/wp-content/uploads/2016/09/LEA160916.pdf (date of access: 02.09.2020).

175. Carr, G. Sunny uplands. – Text : electronic // The Economist : [site]. – 2012. – URL: https://www.economist.com/news/21566414-alternative-energy-will-no-longer-be-alternative-sunny-uplands (date of access: 02.05.2020).

176. Couder, J. (2015). Energy System and Security. Literature Review on Energy Efficiency and Energy Security, Including Power Reliability and Avoided Capacity Costs. Calculating And Operationalizing the Multiple Benefits of Energy Efficiency in Europe. – Text : electronic // University of Antwerp. – URL: http://combi-project.eu/wp-content/uploads/2015/09/D7.1.pdf.

177. Dezem V. World's best breezes lead to cheapest wind power in Brazil. – Text : electronic // Bloomberg.com : [site]. – 2018. – 10 January. – URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-01-10/world-s-best-breezes-lead-to-cheapest-wind-power-in-brazil (data of access: 19.09.2022).

178. Oliveira A. de. Energy security in South America : the role of Brazil. – Text : electronic // International Institute for Sustainable Development : [site]. – 2010. – (Series on Trade and Energy Security). – URL:: https://www.iisd.org/sites/default/files/pub-

lications/energy_security_south_america.pdf (date of access: 02.05.2020).

179. Oliveira A. de. Energy security: a Brazilian Chinese strategic alliance. – Text : electronic // Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada : [site]. – 2016. – URL: http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/rtm/160331_rtm_vol2_n1_energy_security.pdf (date of access: 02.05.2020).

180. Defining emerging markets. – Text : electronic // The Economist : [site]. – 2017. – URL: https://www.economist.com/news/special-report/21729866-self-fulfilling-prophecy-defining-emerging-markets (date of access: 02.05.2020).

181. Dezem V. World's best breezes lead to cheapest wind power in Brazil . – Text : electronic // Bloomberg : [site]. – 2018. – 10 January. – URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-01-10/world-s-best-breezes-lead-to-cheapest-wind-power-in-brazil (date of access: 10.05.2020).

182. Margolis M. Brazil's energy future is no longer dammed. – Text : electronic // Bloomberg : [site]. – 2018. – 6 February. – URL: https://www.bloomberg.com/view/articles/2018-02-06/brazil-s-energy-future-is-no-longer-dammed (date of access: 02.05.2020).

183. New Energy Outlook, 2021. – Text : electronic // BloombergNEF: [site]. – URL: https://about.bnef.com/new-energy-outlook/#toc-download (date of access: 02.06.2021).

184. Kaiman, J. China Strengthens Environmental Laws. – Text : electronic // The Guardian. [Online]. URL: https://www.theguardian.com/environment/apr/25/china-strengthens-environmental-laws-polluting-factories (date of access 15.07.2020).

185. Labandeira, X. and Manzano, B. Some Economic Aspects of Energy Security. – Text : electronic // European Research Studies Journal. – URL: https://ideas.repec.org/a/ers/journl/vx-vy2012i4p47-64.html (date of access: 02.06.2021).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

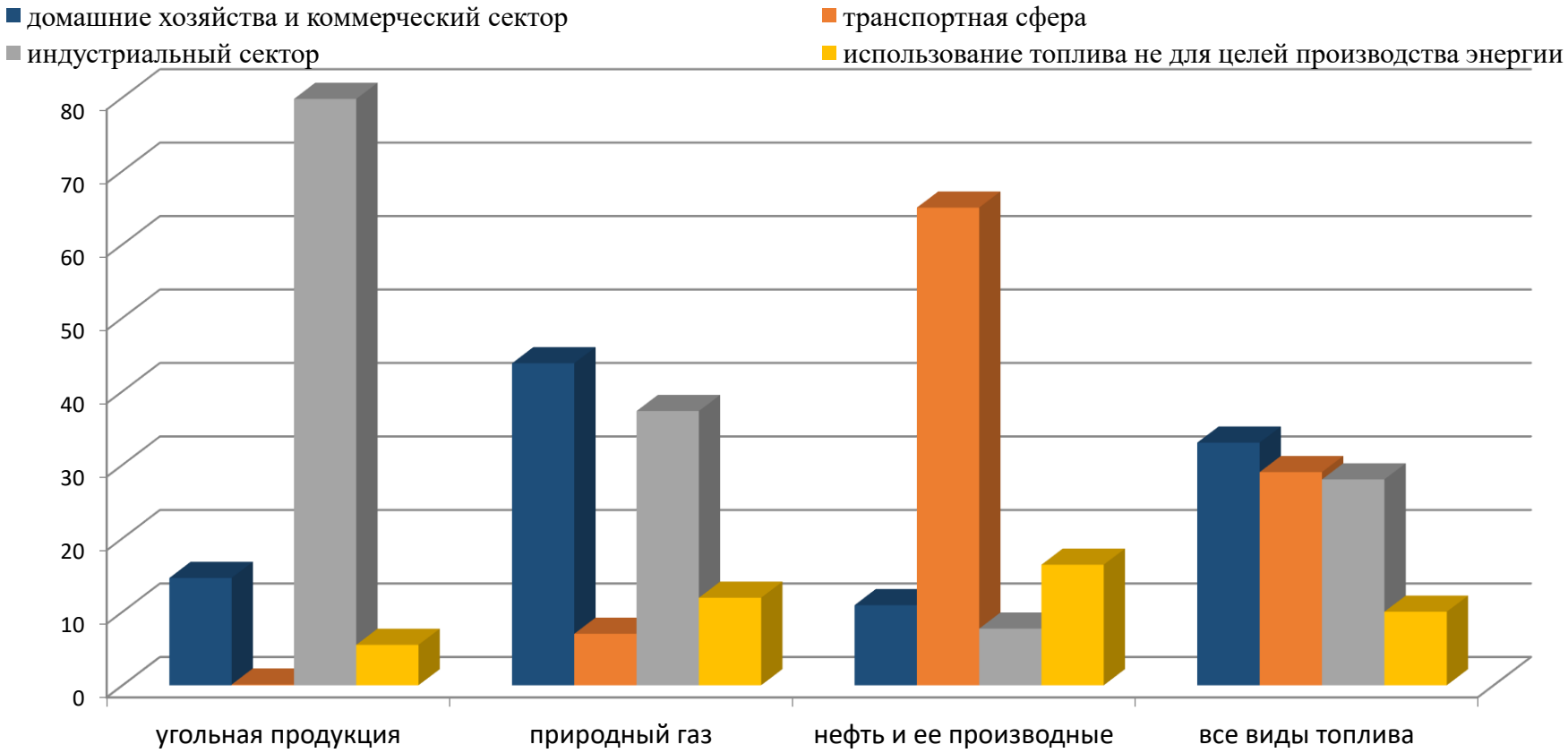
Ключевые характеристики социально-экономического развития стран БРИКС, 2020 г.

Индикатор	Наименование государства					Суммарный показатель
	Китай	Индия	Россия	Бразилия	ЮАР	
ВВП по ППС, трлн долл.	24,28	8,97	4,36	3,15	0,79	**41,55**
Доля в мировом ВВП (по ППС),%	0,18	0,07	0,03	0,02	0,01	**0,31**
Численность населения, млрд чел	1,41	1,38	0,15	0,21	0,06	**3,21**
Доля от мировой численности населения, %	0,18	0,18	0,02	0,03	0,01	**0,41**
ВВП по ППС в 2050 г., трлн долл.	58,50	44,13	7,13	7,54	2,56	**119,86**
Доля в мировом ВВП (по ППС) в 2050 г., млрд долл.	0,21	0,16	0,03	0,03	0,01	**0,44**
Численность населения в 2050 г., млрд чел	1,36	1,64	0,14	0,26	0,70	**4,10**
Доля от мировой численности населения 2050 г., %	0,14	0,17	0,01	0,03	0,07	**0,42**

Источник: составлено автором на основе статистической базы данных Всемирного банка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://data.worldbank.org/indicator/, свободный.

Приложение 2

Глобальная структура потребления энергии по потребителям, %



Источник: составлено автором на основе статистической базы данных Международного энергетического агентства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.iea.org/fuels-and-technologies, свободный.

Приложение 3

Барьеры и инвестиционные риски реализации проектов ВИЭ



Источник: систематизировано автором на основе материалов главы 2.4.

Приложение 4

Алгоритм расчета экономической эффективности проектов в сегменте возобновляемой энергетики



Источник: разработано автором на основе Abdygapparova S. Model of economic evaluation of energy efficient technologies based on RES // Journal of Economy and Business. № 7. 2016.