

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Дальневосточного отделения Российской академии наук

На правах рукописи

ПАНКРАТЬЕВА СВЕТЛАНА ГЕННАДЬЕВНА

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВИТИЯ
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ (НА
ПРИМЕРЕ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ)**

научный доклад об основных результатах
научно-квалификационной работы
(диссертации)

НАПРАВЛЕНИЕ 38.06.01 «Экономика»
Профиль 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством
(региональная экономика)

Научный руководитель:
кандидат экономических наук
Дёмина О.В.

ХАБАРОВСК 2021

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Для Дальнего Востока, в частности Хабаровского края, да и для всей России в целом возобновляемая энергетика – это совсем молодая сфера, поэтому для нас очень важен зарубежный опыт. Широкое развитие возобновляемая энергетика получила в зарубежных странах: Норвегия, Швеция, Китай, Япония и т.д. Перечисленные страны обладают ограниченной ресурсной базой, чья энергетическая безопасность напрямую зависит от поставок сырья из других стран, в том числе из России. Однако, несмотря на это по данным статистики доля возобновляемых источников энергии (далее ВИЭ) в энергосистеме некоторых стран составляет более 50% (например, Норвегия – 97,6%, Бразилия – 82,3%, Канада – 64,9% и т.д.¹).

Россия в отличие от других стран обладает достаточным запасом ресурсов, чтобы обеспечить свои энергетические потребности, что блокирует потенциал развития ВИЭ и они не получили столь широкого распространения. Для России применение ВИЭ приходится в основном на изолированные территории, где они более выгодны, чем использование дорогого жидкого топлива. Однако в современных условиях бурного развития новых тенденций энергетики России роль экологически чистых источников энергии возросла. Развитие технической и законодательной базы ВИЭ и устойчивые тенденции роста стоимости топливно-энергетических ресурсов уже сегодня определяют технико-экономические преимущества электростанций, использующих ВИЭ. Очевидно, что в перспективе эти преимущества будут увеличиваться, расширяя области применения ВИЭ.

Конкурентоспособность ВИЭ во многом зависит от сегмента рынка электрической энергии, так ценовые зоны оптового рынка характеризуются максимальным объемом государственной поддержки развития ВИЭ, в отсутствие которой ВИЭ сильно уступают прочим электростанциям по цене. На розничных рынках электроэнергии объем государственной поддержки ВИЭ скромнее, а в технологически изолированных территориальных энергосистемах и зоне децентрализованного энергоснабжения практически отсутствует. Однако высокий уровень текущих тарифов в изолированных энергосистемах и особенно в зоне децентрализованного энергоснабжения способствует в отдельных случаях конкурентоспособности ВИЭ по цене в условиях отсутствия государственной поддержки.

Хабаровский край в силу обширности и разнообразия как природно-климатических условий, так и освоенности и распределения экономической деятельности характеризуется наличием как централизованной, так и децентрализованной зоны энергоснабжения. В децентрализованной зоне тарифы на электроэнергию и теплоэнергию очень высоки, если их продавать по экономически обоснованным ценам (в 10 раз превышают средний тариф по краю), поэтому государство поддерживает данные районы значительными субсидиями.

¹ Статистический Ежегодник мировой энергетики 2020. URL: <https://yearbook.enerdata.ru/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html> (дата обращения: 10.06.2021).

Развитие ВИЭ в таких районах может способствовать решению проблем высокой стоимости электроэнергии и больших потоков субсидий. Кроме того, край обладает большим потенциалом для развития ВИЭ, который по отдельным показателям значительно превышает показатели других регионов. В крае существуют возможности использования ветряных и солнечных электростанций, предпосылки для строительства малых ГЭС. Однако в настоящее время свыше 70% энергобаланса приходится на менее экологически чистые энергоресурсы: уголь, мазут и дрова. В отдаленные и труднодоступные населенные пункты края доставка топлива для электростанций и котельных осуществляется в рамках Северного завоза, характеризующегося трудоемкостью, сложностью маршрутов доставки и высокими транспортными издержками. Все это обуславливает выбор Хабаровского края как модельного объекта для изучения перспектив развития ВИЭ.

Таким образом, **целью** данного исследования является анализ проблем и перспектив внедрения ВИЭ в региональную энергосистему, оценка эффективности развития ВИЭ в экономике Хабаровского края.

Задачи:

- рассмотреть отечественный и зарубежный опыт развития и поддержки ВИЭ;
- проанализировать условия функционирования рынка электроэнергии для развития ВИЭ;
- обобщить подходы к оценке экономической эффективности электростанций;
- выявить проблемы и перспективы развития ВИЭ в Хабаровском крае;
- провести оценку эффективности развития ВИЭ в Хабаровском крае.

Объектом исследования является электроэнергетика как подсистема экономики Хабаровского края.

Предметом исследования являются показатели и методы оценки эффективности развития ВИЭ.

Степень разработанности проблемы.

Исследователи, занимающиеся проблемами экономики Дальнего Востока, в частности Хабаровского края, это А.С. Шейнгауз, П.А. Минакир, О.М. Прокапало, Л.И. Кулакова, А.Н. Демьяненко, О. В. Демина, С.Н. Леонов, П. Я. Бакланов, В. Д. Калашников, Е. И. Деваева, Н.В. Ломакина, Н.В. Гальцева, Е.Л. Мотрич и другие.

Вопросами по электроэнергетике Дальнего Востока и проблемам ее развития занимались такие ученые как М.К. Целищев, Л.Г. Давыдова, М.А. Виленский, Р.С. Беляков, О. В. Демина, Р.В. Гулидов, В.А. Джангиров, В.Д. Калашников, А.Г. Коржубаев, М.И. Краева, А.Ю. Огнев, Б.Г. Санеев и другие специалисты.

Проблемами экономического развития ВИЭ занимались такие зарубежные исследователи как Ергин Д. Х., Твайдел Дж., Уэйр Р. Хейнберг, Робертсон С., Захер Э., Тугси С., Шнайдер А., Якобсон М., Чарман Х., Рейхе Д., Шванхольд и другие.

Отечественные исследователи проблем эффективности ВИЭ это Подолинский С.А., Капица С. П., Семенов Н. Н., Алферов Ж. И., Бушуев В. В. и другие.

Общие методические основы определения энергетической и экономической эффективности заложены и развиты в работах Д. Де Рензо, Марченко О. В., Осипова В. А., Фатеева Е. М., Безруких П. П., Зубарева В. В., Шефтера Я. И., Генова А.Г., Васильева Г. В., Кудреватого Т. М., Колодина М. В., Секторова В. Р., Ильина А. К., Гриневича Г. А., Зубова В. Н., Купель-Краевского С. А. и других.

Методологическая и информационная основа исследования. Решение поставленных задач в работе основывается на теории региональной экономики, размещения производства и экономического районирования, методологии системных исследований в энергетике, а также классических общенаучных методах (анализа и синтеза, абстракции, обобщения, сравнительного анализа).

Информационную базу исследования составляют труды российских и зарубежных ученых, данные государственной статистики, нормативно-правовые и аналитические документы органов федеральной и региональной исполнительной власти РФ, научные разработки и публикации профильных академических и проектных институтов (Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения РАН, Института экономических исследований ДВО РАН), отчетные и аналитические материалы энергетических компаний, а также российских и международных организаций (ОАО «РАО Энергетические системы Востока», ОАО «Дальневосточная генерирующая компания», ОАО «СО ЕЭС», ассоциация «НП Совет рынка», комитет по ценам и тарифам Правительства Хабаровского края, АРВЭ, консалтинговая фирма Lazard, международное агентство возобновляемой энергетики IRENA).

Наиболее существенные результаты, полученные автором:

1. Выполнен анализ механизмов государственной поддержки ВИЭ в разрезе сегментов рынка электроэнергии. Анализ показал их сильную дифференцированность по зонам. Основные меры поддержки осуществляются в зоне оптового рынка, в то время как зоны розничного рынка получают меньшую поддержку.

2. Рассмотрены методические подходы сравнения разных типов энергетических объектов. Апробирован подход монетизации внешних эффектов, в основе которого лежит оценка по технико-экономическим критериям, отражающим экологическую, социальную, стратегическую и другие виды эффективности. Полученные количественные оценки объектов традиционной и нетрадиционной энергетики (СЭС, ДЭС и угольной ТЭЦ) Хабаровского края демонстрируют целесообразность внедрения ВИЭ в децентрализованных районах, а при учете в расчетах экологической составляющей (налога на выбросы оксида углерода) ВИЭ становятся еще более экономически выгодными и в перспективе смогут конкурировать с традиционной энергетикой в централизованных районах.

Научная новизна полученных результатов заключается в следующем:

– выполнен анализ возможностей внедрения возобновляемых источников энергии в Хабаровском крае;

– получены количественные оценки для сравнения вариантов организации энергоснабжения края.

Теоретическая и практическая значимость.

Данное исследование расширяет научные представления в части функционирования рынков электроэнергии в России: институциональных особенностей функционирования различных сегментов рынка, эффективности мер государственной поддержки ВИЭ в разрезе сегментов. На примере Хабаровского края проведен анализ перспектив развития ВИЭ в зависимости от выделенных сегментов рынка, получены количественные оценки для сравнения экономической эффективности разных типов энергообъектов. Результаты исследования могут быть использованы региональными органами исполнительной власти при разработке схем и программ развития электроэнергетики края, программы повышения энергетической эффективности за счет внедрения возобновляемых источников энергии, формировании региональной социально-экономической и энергетической политики.

Структура и объем работы. Выпускная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы. Основной текст работы изложен на 92 страницах, включает 13 рисунков, 8 таблиц. Список литературы содержит 100 наименований.

Содержание выпускной квалификационной работы.

ВВЕДЕНИЕ

ГЛАВА 1. ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ РОССИИ

1.1. Современное состояние и роль электроэнергетики в экономике

1.2. Возобновляемые источники энергии и их роль в обеспечении потребителей энергией

1.3. Достоинства и недостатки возобновляемых источников энергии

1.4. Механизмы поддержки возобновляемых источников энергии

ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

2.1. Исследование методов определения экономической эффективности электростанций

2.2. Особенности определения экономической эффективности возобновляемых источников энергии

ГЛАВА 3. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВИТИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ

3.1. Характеристика энергосистемы Хабаровского края

3.2. Потенциал внедрения возобновляемых источников энергии в Хабаровском крае

3.3. Оценка экономической эффективности систем энергоснабжения потребителей на примере Хабаровского края

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы выпускной квалификационной работы, сформулированы цели и задачи, предмет и объект исследования, отмечены теоретические, методологические и информационные основания работы, перечислены результаты работы, отмечена их научная новизна и уровень апробации.

В первой главе рассмотрена роль электроэнергетики в экономике России и приведены ее характеристики, в зависимости от климатических и экономических условий выделены зоны электроснабжения страны. Рассмотрен опыт и потенциал страны по развитию ВИЭ в сравнении с мировым. Выделены достоинства и недостатки ВИЭ, а также меры государственной поддержки их развития в рамках выделенных сегментов рынка.

Электроэнергетика – основная системообразующая отрасль любой экономики. От ее состояния и развития зависят уровень и темпы социально-экономического развития страны. В процессе своего функционирования и развития электроэнергетика имеет тесные связи в рамках производственных процессов прежде всего с отраслями топливно-энергетического комплекса, являясь крупным потребителем первичных энергоресурсов. В тоже время в структуре конечного потребления существует межтопливная конкуренция, прежде всего, электроэнергии, тепловой энергии и природного газа. Огромная роль принадлежит электроэнергетике в обеспечении нормальной деятельности всех отраслей хозяйства, в улучшении функционирования социальных структур и условий жизни населения.

Эффективность электроэнергетики, в целом, может быть оценена, с одной стороны, по ее вкладу в повышение эффективности экономики, улучшению социальных условий, улучшению (или неухудшению) экологической обстановки. С другой – по затратам, которые несет общество на функционирование электроэнергетики (численность персонала, занятого в электроэнергетике, или число новых рабочих мест, необходимость в которых возникла в определенных

условиях; стоимость электроэнергии, отпускаемой разными группами потребителей).

Электроэнергетика является прежде всего инфраструктурной отраслью, обслуживающей потребности экономики в электрической и тепловой энергии. В отрасли занято свыше 2 млн. человек, а вклад ВВП составляет около 3%.

В силу своего географического разнообразия и специфики расселения на территории России можно выделить несколько зон по степени централизации электроснабжения. Электроснабжение в стране осуществляется в рамках централизованной и децентрализованной зоны. Первая зона включает экономически более развитые регионы, входящие в сферу действия объединенных энергосистем. Вторая зона включает небольшие изолированные энергоузлы, главным образом сельские населенные пункты, не охваченные централизованным электроснабжением, удаленные от топливных баз, имеющие сложнейшую схему доставки топлива. Потребители такого типа рассредоточены практически по всем районам Севера, Сибири и Дальнего Востока (рисунок 1²).



Рисунок 1 - Зоны энергоснабжения России

Условия функционирования систем энергетики в выделенных зонах зависят от таких факторов как:

- наличием и запасами ископаемых топливно-энергетических ресурсов (далее ТЭР). На территории РФ есть районы, которые полностью себя обеспечивают ресурсами, в основном это районы, относящиеся к централизованному электроснабжению, а другие лишь частично или полностью зависят от привозного топлива;

- если в центральных районах страны развитая транспортная система позволяет в большинстве случаев обеспечить взаимозаменяемость и выбор

² Тарасенко А.Б. Накопители электрической энергии для систем на основе ВИЭ: современное состояние и перспективы развития // Материалы восьмой всероссийской научной молодежной школы с международным участием. М.: Университетская книга. 2012. С. 148-185.

наиболее эффективных видов энергоресурсов, то на Севере это зачастую невозможно;

– особенностью России, в первую очередь характерной для регионов Сибири и Дальнего Востока, является весьма низкая плотность населения на громадных, слабо освоенных в производственном отношении территориях. Поэтому, даже в районах с развитой энергетической системой, имеется значительное количество мелких удаленных и малонаселенных поселений. К таким потребителям относятся отдельные населенные пункты или их группы, изолированные от централизованного электроснабжения и имеющие слабые транспортные связи с промышленно-развитыми районами;

– слабое развитие транспортной инфраструктуры в значительной мере осложняет проблему топливоснабжения. Большие расстояния перевозок, многозвенность и сезонность завоза топлива приводят к высоким потерям и многократному его удорожанию. У наиболее удаленных потребителей транспортная составляющая стоимости привозного топлива достигает 70%³.

Централизованное энергоснабжение осуществляется в рамках энергосистемы Российской Федерации, состоящей из ЕЭС России (семь объединенных энергосистем (ОЭС) – ОЭС Центра, Средней Волги, Урала, Северо-Запада, Юга, Сибири и Востока), и территориально изолированных энергосистем (Чукотский автономный округ, Камчатский край, Сахалинская и Магаданская область, Норильско-Таймырский и Николаевский энергорайоны, энергосистемы северной части Республики Саха (Якутия)).

Основу энергетической мощи страны составляют тепловые электростанции (ТЭЦ), суммарной установленной мощностью 163,1 ГВт. На их долю приходится две трети выработки электрической энергии в стране (620,6 млрд. кВт·ч, что на 8,7 % меньше, чем в 2019 году)⁴.

Второе место среди отраслей электроэнергетики занимает гидроэнергетика. На её долю приходится одна пятая часть энергетической мощи страны, что составляет 49,9 ГВт. Общее количество произведённой гидростанциями электроэнергии в 2020 году составило 207,4 млрд. кВт·ч, что превышает соответствующий показатель 2019 года на 9 %.

Экономически целесообразный к использованию гидроэнергетический потенциал рек нашей страны составляет более 800 млрд. кВт·ч. Его размещение по территории государства крайне неравномерно: 80% приходится на территорию Сибири и Дальнего Востока и 20% расположено в европейской части страны.

³ Иванова И.Ю., Тугузова Т.Ф., Попов С.П. Развитие малой энергетики на северо-востоке России: проблемы, эффективность, приоритеты / материалы научно-практической конференции «Малая-энергетика-2006». 2006. №2. С. 50

⁴ Там же.

Третьей по установленной мощности, составляющей на начало 2020 года около 29,3 ГВт, отраслью, обеспечивающей государство электрической энергией, является атомная энергетика. За 2020 год АЭС сгенерировали 215,68 млрд кВт·ч, что на 3,3% больше чем в 2019 г.

На территории России к 2020 году располагается 11 атомных электростанций с 38 энергоблоками.

Одно из наиболее перспективных направлений энергетики, являющееся альтернативой традиционным видам генерации является возобновляемая энергетика.

Закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» так раскрывает данное понятие: «возобновляемые источники энергии – это энергия солнца, энергия ветра, энергия вод (в том числе энергия сточных вод), за исключением случаев использования такой энергии на гидроаккумулирующих электроэнергетических станциях, энергия приливов, энергия волн водных объектов, в том числе водоемов, рек, морей, океанов, геотермальная энергия с использованием природных подземных теплоносителей, низкопотенциальная тепловая энергия земли, воздуха, воды с использованием специальных теплоносителей, биомасса, включающая в себя специально выращенные для получения энергии растения, в том числе деревья, а также отходы производства и потребления, за исключением отходов, полученных в процессе использования углеводородного сырья и топлива, биогаз, газ, выделяемый отходами производства и потребления на свалках таких отходов, газ, образующийся на угольных разработках»⁵. Характерной особенностью ВИЭ является их неистощаемость, либо способность восстанавливать свой потенциал за короткое время – в пределах срока жизни одного поколения людей.

Суммарная выработка электроэнергии в 2020 году всеми электростанциями, использующими возобновляемые источники, составила всего лишь 3,5 млрд. кВт·ч. Это менее 0,2% от общей выработки по стране.

Это говорит о том, что возобновляемые источники энергии используются в нашей стране недостаточно. Хотя потенциал их эксплуатации достаточно высок.

Структура ВИЭ в России представлена на рисунке 2⁶.

⁵ Об электроэнергетики: Федеральный закон № 35-ФЗ от 26.03.2003 (ред. от 13.0.8.2019), ст 3. – Доступ из справ.-правовой системы Гарант. – Текст: электронный.

⁶ Российская электроэнергетика / Ассоциация «НП Совет рынка»/ Рынок электроэнергии и мощности. URL: <https://www.np-sr.ru/ru/market/cominfo/rus/index.htm> (дата обращения: 11.06.2021).



Рисунок 2 - Распределение потенциала ВИЭ в России

В настоящее время наибольшее распространение получили солнечные и ветровые электростанции.

К началу 2020 года в России общая мощность электростанций, основанных на использовании солнечной энергии, составляла 1,8 ГВт. Количество выработанной ими электроэнергии за 2020 год составило 1,9 млрд. кВт·ч, что на 54,3 % превышает показатель 2019 года.

По данным системного оператора энергетического комплекса России суммарная мощность ветряных электростанций единой энергосистемы составляла на 1 февраля 2020 года 1,1 ГВт.

Общая выработка электрической энергии ВЭС ЕЭС России в 2020 году равнялась 1,4 млрд. кВт·ч. Что, несмотря на малую величину, демонстрирует увеличение по сравнению с 2019 годом на 331,4 %.

Экономически эффективный потенциал ветроэнергетики России оценивается в 6218 ТВтч/год. Для его реализации более всего подходят: морские побережья, южные степи, возвышенности и плоскогорья, отдельные ветровые зоны.

Использование подземного тепла – одно будущих направлений отечественной энергетики. К 2020 году три геотермальные электростанции (ГеоЭС) Камчатки общей мощностью 74 МВт сумели выработать более 500 млн. кВт·ч электрической энергии.

Геотермальный потенциал России многократно превосходит запасы углеводородов. Суточный поток в 14 млн. кубических метров горячей воды уже сегодня могут обеспечить её разведанные подземные запасы. Причём теплоноситель можно использовать для обогрева и технических нужд. Доступность данного вида энергоресурсов наблюдается в Калининградской области, на Северном Кавказе, в Западной Сибири, на Камчатке и Курильских островах.

Имея существенный потенциал развития ВИЭ который оценивается в 273,7 млн т у.т., фактически он не используется. В настоящее время доля ВИЭ в структуре генерирующих мощностей составляет порядка 0,4% и 0,2% в структуре выработки электроэнергии в централизованной зоне.

Развитие электроэнергетики во многом определяется институциональными условиями, различающихся в разрезе сегментов рынка. На территории Российской Федерации в централизованной зоне действует двухуровневый рынок электрической энергии и мощности, в децентрализованной зоне только розничные рынки электроэнергии. Крупные производители электрической энергии и крупные покупатели участвуют в отношениях по купле-продаже электрической энергии и мощности на оптовом рынке электрической энергии и мощности Российской Федерации (далее ОРЭМ). На оптовом рынке обращаются два отдельных товара – электрическая энергия и мощность. Производители и покупатели электрической энергии, не участвующие в торговле на оптовом рынке, являются субъектами розничных рынков электрической энергии. На розничном рынке обращается один товар – электрическая энергия.

Территория Российской Федерации с точки зрения особенностей функционирования оптового рынка электроэнергии и мощности разделена на ценовые зоны, неценовые зоны и технологически изолированные территориальные электроэнергетические системы (рисунок 3⁷).



Рисунок 3 - Распределение территории РФ по зонам в зависимости от особенностей функционирования оптового рынка электроэнергии и мощности

В ценовых зонах оптового рынка электрическая энергия и мощность реализуются с использованием существующих рыночных механизмов. В них

⁷ Российская электроэнергетика / Ассоциация «НП Совет рынка»/ Рынок электроэнергии и мощности. URL: <https://www.np-sr.ru/ru/market/cominfo/rus/index.htm> (дата обращения: 11.06.2021).

законодательно установлен запрет на совмещение естественно-монопольных видов деятельности с конкурентными.

В неценовых зонах оптового рынка (Архангельская и Калининградская области, Республика Коми, регионы Дальнего Востока), где по технологическим причинам организация рыночных отношений в электроэнергетике пока невозможна, реализация электроэнергии и мощности осуществляется по особым правилам и по регулируемым ценам (тарифам).

В технологически изолированных территориальных электроэнергетических системах и на территориях, технологически не связанных с Единой энергетической системой России и технологически изолированными территориальными электроэнергетическими системами, ввиду отсутствия или ограничения конкуренции, реализация электроэнергии и мощности осуществляется только по регулируемым ценам (тарифам). Требование об обеспечении разделения по видам деятельности на них не распространяются.

В децентрализованной зоне функционируют только розничные рынки электроэнергии, генерацию осуществляет один или реже два энергоисточника, как правило дизельные электростанции, поставки электроэнергии осуществляются по регулируемым тарифам всем группам потребителей, тариф устанавливается на основе затратного принципа.

Электроэнергетика в России является отраслью инфраструктуры, прежде всего выполняя функцию по обеспечению спроса экономики и населения в электрической и тепловой энергии. В силу обширности территории и разнообразия климатических, экономических условий сформировалось две зоны энергоснабжения: централизованная и децентрализованная. В основе генерации крупные источники на ископаемом топливе: в централизованной зоне - тепловые электростанции на природном газе, в децентрализованной зоне - дизельные электростанции. Развитие ВИЭ не получило широкого распространения, не смотря на существенный потенциал. В рамках централизованной зоны функционирует Единая энергосистема страны, и технологически изолированные территориальные энергосистемы. В рамках централизованной зоны можно выделить несколько сегментов рынка: оптовый рынок электрической энергии и мощности (две ценовые зоны и неценовая зона), розничный рынок электрической энергии (технологически изолированные территориальные энергосистемы). В рамках ценовых зон оптового рынка действуют условия конкуренции, ценообразование по рыночным условиям. В рамках неценовой зоны специальные условия трансляции цен оптового рынка на розничный. На розничных рынках технологически изолированных территориальных энергосистем и децентрализованной зоны – государственное регулирование цен.

Расширение использования возобновляемых источников электрической энергии стало возможным благодаря техническому прогрессу в этой области, позволившему, прежде всего, значительно снизить себестоимость производства электроэнергии ветровыми и солнечными электростанциями различных типов. Стоимость новых СЭС в мире с 2010 г. снизилась на 60%, ВЭС – на 40%⁸.

В результате снижения стоимости технологий и усиления экологической повестки с 2010 года развитие ВИЭ ускорилось, достигнув рекордных уровней и опередив ежегодные вводы традиционных мощностей во многих регионах. С 2012 г. более половины прироста генерирующих мощностей в мире приходится на объекты ВИЭ-энергетика. В 2020 г. их доля в приросте мощностей мировой электроэнергетики достигла 65%⁹. Это значит, что на каждый дополнительный мегаватт генерирующей мощности на ископаемом топливе ВИЭ-энергетика отвечала двумя.

В начале 2020 г. установленная мощность генерирующих станций на основе ВИЭ в мире составила 1347 ГВт (без учета ГЭС). Мощность возобновляемой генерации увеличилась на 176 ГВт (+ 7,4%) в 2020 году. Солнечная энергетика продолжала развиваться, увеличившись на 98 ГВт (+ 20%), за которой последовала ветроэнергетика с 59 ГВт (+ 10%). Мощность гидроэнергетики увеличилась на 12 ГВт (+ 1%), а биоэнергетика – на 6 ГВт (+ 5%). Геотермальная энергетика увеличилась чуть менее 700 МВт. Солнечная и ветровая энергия продолжали доминировать в расширении возобновляемых мощностей, на которые в 2020 году приходилось 90% всех вводов¹⁰.

В соответствии с прогнозом международного энергетического агентства WEO-2019 и Дорожной картой глобальной трансформации энергетики до 2050 г. (Roadmap to 2050), удовлетворение растущих мировых потребностей в энергии в корне будет отличаться от последних двадцати пяти лет: на лидирующие позиции выходят природный газ, стремительно развивающаяся возобновляемая энергетика, а также энергоэффективность.

К 2050 году доля возобновляемой энергии в генерации будет 85%, по сравнению с примерно 25% в 2017 году. Солнечная и ветровая мощности будут лидировать, увеличившись с 800 ГВт сегодня до 13 000 ГВт к 2050 году. Кроме того, выработка геотермальной энергии, биоэнергии и гидроэнергетики увеличится на 800 ГВт за период. Ежегодное увеличение установленной

8 Газета «Ведомости» / Зеленая энергетика в России вскоре может стать дешевле традиционной. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2020/05/26/831097-zelenaya-energiya-v-rossii-vskore-mozhet-stat-deshevle-traditsionnoi> (дата обращения: 11.06.2021).

9 GLOBAL STATUS REPORT / RENEWABLES 2019. URL: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf

¹⁰ Renewables Energy Sources / IRENA. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Mar/IRENA_RE_Capacity_Highlights_2020.pdf?la=en&hash=B6BDF8C3306D271327729B9F9C9AF5F1274FE30B (дата обращения: 11.06.2021).

мощности возобновляемой энергии удваивается и составляет около 400 ГВт в год, 80% из которых будут представлять собой технологии переменного генерирования, такие как солнечная и ветровая энергия. Децентрализованное производство возобновляемой энергии вырастет с 2% от общего объема производства сегодня до 21% к 2050 году, то есть увеличится в 10 раз.

На фоне амбициозных международных показателей российские выглядят скромно. В России к 2035 г., согласно действующей Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики на период до 2035 года, будет построено в общей сложности 11,6 ГВт электростанций на ВИЭ, что эквивалентно менее 5% всей установленной мощности электростанций в стране и 1,5-2% генерации, исходя из реальных текущих российских значений коэффициентов использования установленной мощности (далее КИУМ)¹¹. В то время как уже сейчас доля возобновляемых источников в энергетике многих стран мира является существенной в их общем энергетическом балансе (рисунок 4)¹².

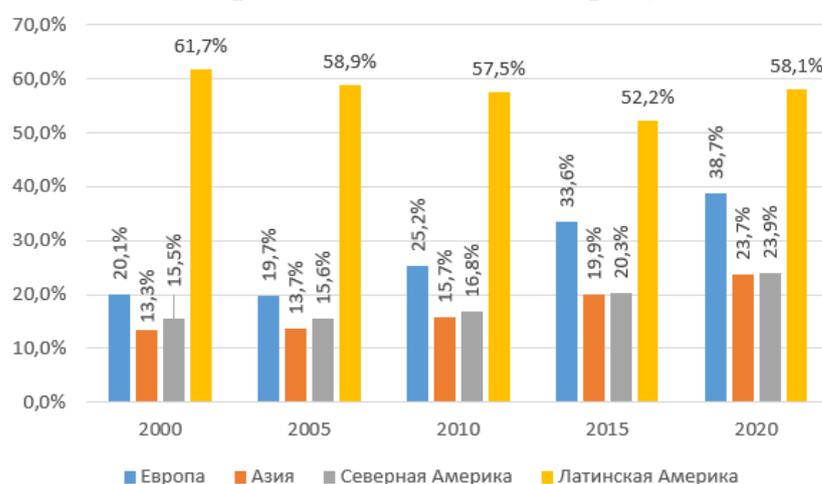


Рисунок 4 - Доля возобновляемых источников энергии в производстве электричества в мире за 2000-2020 гг

На рисунке 5¹³ представлена динамика объема выработки электроэнергии на квалифицированных объектах ВИЭ на розничных и оптовых рынках России за 2014-2020 гг.

¹¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 9 июня 2017 г. № 1209-р об утверждении Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до 2035 года. URL: <http://static.government.ru/media/files/zzvuuhfq2f3OJK8A zKVsXrGibW8ENGp.pdf> (дата обращения: 10.06.2021).

¹² Статистический Ежегодник мировой энергетики 2020. URL: <https://yearbook.enerdata.ru/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html> (дата обращения: 10.06.2021).

¹³ Российская электроэнергетика / Ассоциация «НП Совет рынка»/ Рынок электроэнергии и мощности. URL: <https://www.np-sr.ru/ru/market/cominfo/rus/index.htm> (дата обращения: 11.06.2021).

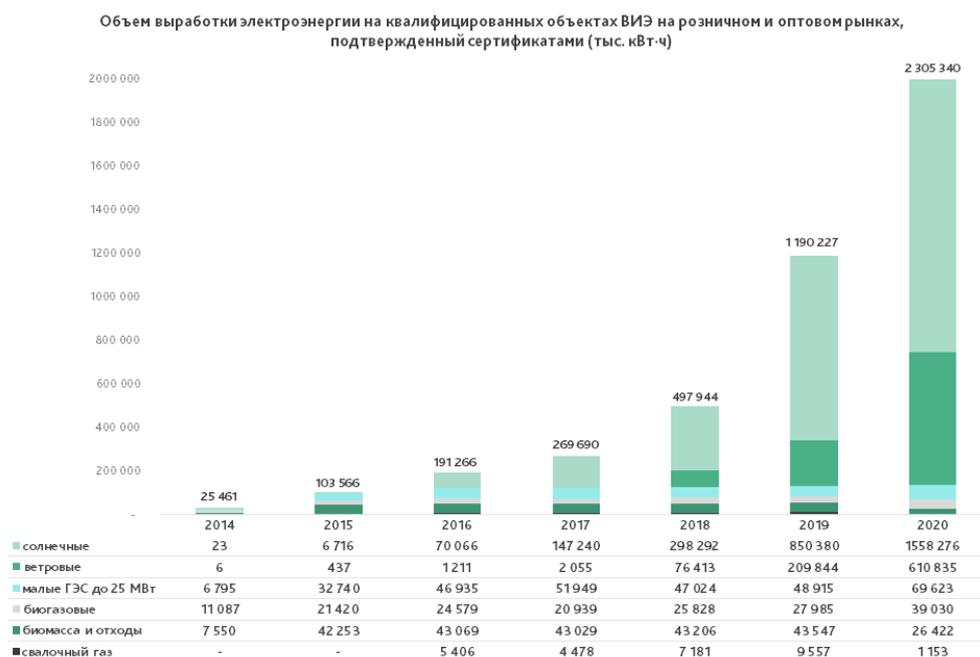


Рисунок 5 - Объем выработки электроэнергии на квалифицированных объектах ВИЭ на розничных и оптовых рынках России за 2014-2020 гг

По данным рисунка 5 видно, что с каждым годом объем выработки электроэнергии с помощью ВИЭ растет, тем не менее на настоящий момент в общем энергетическом балансе страны эта цифра намного ниже, чем в других странах мира.

Поскольку Россия традиционно богата углеводородами, и ввиду этого производство электроэнергии за счет газа и угля на ее территории является развитым и дешевым, важнейшую роль в определении перспектив развития ВИЭ в стране будет играть фактор стоимости электроэнергии от возобновляемых источников.

Данных о стоимости электроэнергии от разных источников в России достаточно мало. В табл. 1 собраны все имеющиеся российские оценки LCOE, как для традиционной генерации, так и для генерации за счет ВИЭ, и осуществлено сравнение их с глобальными оценками.

Таблица 1 - Сравнительный анализ приведенной стоимости электроэнергии от традиционных и возобновляемых источников в России и зарубежных странах

Вид энергии	Территория	LCOE, руб. / кВт*ч
Газ – ГТУ	РФ	4,25
Газ – ПГУ	РФ	3,27
Газ	РФ	2,4
Уголь	РФ	2,4 – 4,59
Солнце	РФ	24,5
Ветер	РФ	10,5 – 11,5
Солнце (2)	Зарубежные страны	2,3 – 2,8

Ветер	Зарубежные страны	1,8 – 3,5
Газ (пиковые электростанции)	Зарубежные страны	9,7-12,9
Уголь	Зарубежные страны	4,3-9,8
Газ – ПГУ	Зарубежные страны	2,8-4,4

Источник: составлено автором по: Отчет о прогрессе в области энергетики (2021). Отчет Irena. URL: <https://irena.org/publications/2021/Jun/Tracking-SDG-7-2021> (дата обращения: 15.06.2021)., Российская электроэнергетика / Ассоциация «НП Совет рынка»/ Рынок электроэнергии и мощности. URL: <https://www.npsr.ru/ru/market/cominfo/rus/index.htm> (дата обращения: 11.06.2021); Выравниваемая стоимость энергии и выравниваемая стоимость хранения – 2020 / Lazard’s Levelized Cost of Energy Analysis. URL: <https://www.lazard.com/perspective/levelized-cost-of-energy-and-levelized-cost-of-storage-2020/> (дата обращения 15.06.2021).

Таким образом, на сегодняшний день очевиден существенный разрыв в стоимости 1 кВт*ч электроэнергии, произведенной за счет ветра и солнца, между Россией и зарубежными странами.

Страна всё ещё отстаёт от мировых лидеров по использованию ВИЭ. Большое влияние здесь имели следующие недостатки системы ВИЭ.

Во-первых, сравнительная дороговизна производства. В то время как добыча традиционных ископаемых уже давно себя окупила, сооружение нового оборудования под стандарты альтернативной энергетики требует огромных инвестиций. Пока что инвесторы не заинтересованы совершать крупные вложения, отдача от которых будет минимальной. Предпринимателям выгоднее открывать новые месторождения нефти и газа, а не тратить деньги «на ветер».

Во-вторых, слабая законодательная база в Российской Федерации. Мировые учёные уверены, что направление развитию альтернативной энергетики задаёт государство. Правительственные органы формируют надлежашую базу и этим оказывают поддержку. Например, во многих странах Европы введены налоги на выброс CO₂ в атмосферу. В этих странах общий процент использования ВИЭ достигает от 20 до 40%.

В-третьих, потребительский фактор. Тарифы на энергию, произведённую ВИЭ, выше традиционных в 3-3,5 раз. Ни крупные бизнесмены, ни простые обыватели не хотят переплачивать за альтернативную энергию, пусть даже от этого зависит будущее планеты.

В-четвертых, непостоянство системы. Природа переменчива. Эффективность разных видов ВИЭ зависит от сезонных и погодных условий.

Тем не менее есть ряд факторов для перехода к альтернативной энергетике: ограниченность полезных ископаемых; добыча ископаемых модифицирует все системы планеты (меняется рельеф, в земной коре образуются пустоты, карьеры); работа электростанций меняет свойства атмосферы (меняется состав воздуха, увеличивается выброс парникового газа CO₂, образуются озоновые дыры т.д.); ГЭС вредят рекам (разрушаются поймы рек, затопляются близлежащие территории и т.д.).

Во всем мире главным трендом энергополитики является переход с неэкологичных видов топлива (нефти и угля) на более чистые – возобновляемые источники энергии. Ожидается, что к 2030 году ВИЭ станут лидерами генерации электроэнергии в мире. Зеленая энергетика становится более доступной, так как с каждым годом наблюдается падение стоимости оборудования для ВИЭ. За счет этого факта происходит рост эффективности затрат на ее производство и падение стоимости электроэнергии, выработанной ВИЭ.

По данным британской исследовательской компании Ember во всем мире за первое полугодие 2020 выработка электроэнергии на основе ветра и солнца выросла на 14% по сравнению с аналогичным периодом 2019 года. Солнечные и ветровые станции суммарно выработали почти десятую часть (9,8%) мировой электроэнергии, практически догнав АЭС, доля которых составила 10,5%¹⁴.

Анализируя такие показатели, игнорировать мировой переход на «зеленую» энергетику уже не получается, хотя в России доля ВИЭ в общем энергетическом балансе пока составляет 0,2%, несмотря на огромный потенциал их развития. Тем не менее, в России за последние 5 лет объекты, функционирующие на основе использования ВИЭ стали строить в девять раз чаще. На их долю впервые пришлось почти треть новых запущенных в эксплуатацию проектов в стране. Большая часть построенных в минувшем году объектов ВИЭ пришлось на солнечные (57%) и ветровые электростанции (5%)¹⁵. Развитие генерации на основе ВИЭ было обусловлено усовершенствованием институциональных условий для функционирования ВИЭ в стране, общемировыми тенденциями снижения стоимости технологий и наличием государственной поддержки.

Однако несмотря на наращивание темпов ввода ВИЭ темпы их значительно уступают мировым. Развитию альтернативной энергетике в России препятствуют несколько факторов: ограниченные меры государственной поддержки (скромные целевые показатели и соответствующие им незначительные масштабы поддержки), относительно более высокая стоимость технологий оборудования для ВИЭ (в основном из-за требований по уровню локализации), сниженный потребительский спрос на энергию от ВИЭ в виду высокой цены.

В силу географических и экономических характеристик нашей страны, внедрение опыта, аналогичного Западнему, невозможен. Поэтому России необходимо постепенно внедрять наиболее успешные технологии в свою

¹⁴ Global Energy Review 2019 / The latest trends in energy and emissions in 2019. URL: https://iea.blob.core.windows.net/assets/dc48c054-9c96-4783-9ef7-462368d24397/Global_Energy_Review_2019.pdf (дата обращения: 20.07.2021).

¹⁵ Исследование популярности солнечной энергетике среди российского бизнеса с 2014 по 2019 гг / отчет компании Neosun Energy. 2020. URL: <https://neosun.com/wp-content/uploads/2020/02/Russian-corporate-solar-market-research-2020.pdf> (дата обращения: 20.07.2021).

энергетическую сферу и коснутся это должно прежде всего тех регионов, где использование ВИЭ наиболее эффективно.

Важнейшими преимуществами возобновляемой энергетики являются: неисчерпаемость энергоресурсов, экологическая чистота, отсутствие топливной составляющей в стоимости производимой энергии. Однако такие проблемы использования энергии природных возобновляемых источников как изменчивость в пространстве и во времени и низкая энергетическая плотность, отсутствие механизмов государственной поддержки усложняют и удорожают технологию их практического применения для энергообеспечения потребителей.

Россия, в отличие от большинства зарубежных стран, очень долгое время не могла предпринять меры для поддержки ВИЭ, закрепить их законодательно. Только лишь в Федеральном законе «Об электроэнергетике» №35-ФЗ от 26.03.2003 г. была закреплена система надбавок, что являлось первой попыткой поддержки использования ВИЭ¹⁶. Далее в этот закон в 2011 г. были внесены поправки, которые вводили механизм поддержки через рынок мощностей. На тот момент в большинстве зарубежных стран все основные элементы системы поддержки использования ВИЭ были закреплены в специальном законе, а российское законодательство закрепило законом только один элемент поддержки.

Программы поддержки ВИЭ на оптовом и розничном рынках обобщены в таблице 2¹⁷.

Таблица 2 - Механизмы поддержки ВИЭ на оптовом и розничном рынках.

Механизмы поддержки ВИЭ	
Оптовый рынок	Розничный рынок
<ul style="list-style-type: none"> – продление программы поддержки Правительством РФ зеленой генерации после 2024 г. (поддержка созданного кластера ВИЭ, включающего создание сектора зеленой генерации, промышленное производство генерирующего оборудования для ВИЭ, подготовки кадров, научных исследований и разработок); – формирование консорциумов инвесторов, генерирующих компаний и производителей оборудования; – увеличение инвестиций в программы поддержки ДПМ ВИЭ (400 млрд. руб до 2035 г.); – повышение уровня локализации оборудования; – введение требований к минимальному объему экспорта. 	<p>проведение конкурсного отбора для включения в схемы и программы развития электроэнергетики субъекта Федерации любого генерирующего объекта ВИЭ, претендующего на особый тариф</p>

Источник: составлено автором на основе информационного бюллетеня АРВЭ «Рынок возобновляемой энергетики России: текущий статус и перспективы развития»

¹⁶ Об электроэнергетики: Федеральный закон № 35-ФЗ от 26.03.2003 (ред. от 13.08.2019), ст 2. – Доступ из справ.-правовой системы Гарант. – Текст: электронный.

¹⁷ Рынок возобновляемой энергетики России: текущий статус и перспективы развития / информационный бюллетень АРВЭ май 2020 г. URL: <https://reda.ru/information-bulletin-2020> (дата обращения: 15.06.2021).

Анализ мер государственной поддержки ВИЭ показал их сильную дифференцированность по зонам. Основные меры поддержки осуществляются в зоне оптового рынка, в то время как зоны розничного рынка получают меньшую поддержку. В начале активной фазы инвестирования в проекты ВИЭ на ОРЭМ участники рынка мало интересовались розничным сегментом ВИЭ. Причина – недостатки работы механизма поддержки для этого сегмента. Большинство недостатков связано с высоким уровнем рисков для таких проектов в части установления тарифа, сроков прохождения квалификации, заключения договора с территориальными сетевыми организациями. Высокие риски делают невозможным привлечение заёмного финансирования в такие проекты. Кроме того, большая нагрузка ложится на региональные исполнительные органы власти в части разработки и утверждения пакета нормативной документации, регламентирующей условия и порядок проведения конкурсных отборов, что зачастую становится препятствием для развития розничного сегмента ВИЭ. Но по мере исчерпания целевых объёмов на оптовом рынке (ДПМ ВИЭ) розничный сегмент вызывает всё больший интерес у инвесторов. В настоящее время в неценовых зонах в основном осуществляются коммерческие проекты, которые работают на удовлетворение своих потребностей и не попадают под общее описание.

Проводимая политика России в области стимулирования ВИЭ оставляет ощущение незаинтересованности государства в развитии «зеленой энергетики». Необходимо изменить отношение к ВИЭ, попытаться сформировать комплексный подход, инструменты поддержки возобновляемой энергетики на федеральном уровне, в частности законодательном. Может быть даже принят единый закон, который будет содержать комплексную методику, инструменты поддержки возобновляемой энергетики, который станет толчком к развитию ВИЭ на всей территории страны.

Во второй главе исследованы методы и описана методика определения экономической эффективности электростанций.

В научном сообществе есть три основных подхода для сравнения энергетических альтернатив.

Один из подходов основан на сравнении технических показателей (КПД, площадь станции, количество занятых и т.п.). Преимуществом метода является акцент на агрегирование разных технических показателей. К недостаткам этого подхода можно отнести учет при анализе только количественных показателей, во внимание не принимается, например, фактор времени.

Другой подход основывается на расчете нормированной (приведенной) стоимости электроэнергии (Levelized Cost of Energy – LCOE), которая показывает капитальные и операционные издержки производства киловатт-часа в постоянных

(реальных) ценах за весь срок службы электростанции. Это является преимуществом данного подхода, а также учет все возможных инвестиций, затрат и доходов. Однако этот подход не учитывает такие показатели как вред здоровью и окружающей среде, климату, который наносится при сжигании углеводорода. Также многие исследователи считают, что данный подход недооценивает стабильность угольных и газовых электростанций по сравнению с прерывистой ВИЭ-генерацией.

И еще один подход базируется на монетизации эколого-климатических последствий от энергетических объектов. В настоящее время данный подход наиболее актуален. Как правило многообразие экологических последствий в виду сложности их оценки сводят к анализу выбросов парниковых газов. По данным большинства исследовательских групп порядка 50% стоимостного эффекта электроэнергетики составляют выбросы парниковых газов. Одним из недостатков монетизации эколого-климатических последствий от энергетических объектов является его трудоемкость, кроме того наличие субъективности в оценках эколого-климатических последствий.

Оценка экономической эффективности ВИЭ должна основываться на сравнении технико-экономических характеристик этих источников и других возможных источников электроэнергии и тепла. При этом уместно сравнить общие затраты на возобновляемые источники и тепловые электростанции, включая как капитальные вложения, так и годовые затраты, с учетом экологической составляющей, а также рентабельность вложенного капитала. Экологическая составляющая включает как разовые вложения, так и размер экономического ущерба, нанесенного окружающей среде в процессе эксплуатации электростанции.

Для ВИЭ необходимо оценить социально-экономическую эффективность мер, предлагаемых для отдельных энергосистем. Автор предлагает проводить оценку по технико-экономическим критериям, отражающим экологическую, социальную, стратегическую и другие виды эффективности. За основу взята методика предложенная для второй ценовой зоны оптового рынка в работе Горбачевой Н.В.¹⁸, скорректированная на условия институциональные функционирования рынка электроэнергии, характерные для неценовой зоны оптового рынка. Разница обусловлена, прежде всего, используемыми подходами к ценообразованию на электрическую энергию различающимися на данных сегментах рынка. Экологическая эффективность в данном исследовании оценивается в предпосылке о введении налога на выбросы оксида углерода и соответствует сумме выплат по нему. Сформулируем порядок расчета

¹⁸ Горбачева, Н. В. Действительная стоимость электроэнергии в Сибири: анализ выгод и издержек. Экономический журнал ВШЭ. 2020. № 24(3). С. 345.

показателей:

1. Для сравнения энергетических объектов будут рассчитываться чистые выгоды по формуле:

$$NPV = \sum_T B'_t - C'_t \quad (1)$$

$$B'_t = \frac{B}{(1+r)^t}, \quad C'_t = \frac{C}{(1+r)^t}, \quad t = 1, \dots, N \quad (2)$$

где B_t – выгоды (приток денежных средств) по энергообъекту; C_t – затраты (отток денежных средств) по энергообъекту; r – ставка дисконтирования; B'_t – дисконтированные выгоды; C'_t – дисконтированные затраты; T – конечное число моментов времени (шагов расчета) реализации энергообъекта¹⁹.

2. Для сопоставимости разновременных проектов будет использована техника эквивалентных выплат с помощью формулы аннуитета:

$$EANB = \frac{NPV}{a_r^T} \quad (3)$$

$$a_r^T = \frac{1-(1+r)^{-T}}{r} \quad (4)$$

где EANB – ежегодные равные чистые выгоды; a_r^T – фактор аннуитета²⁰

Экономический смысл показателя EANB состоит в том, что он отражает такую сумму ежегодных чистых выгод, получение которой равными долями в течение срока эксплуатации электростанции обеспечивает такие же совокупные выгоды, что и NPV энергетического проекта.

3. В соответствии с данными генерирующей компании будет определена ставка дисконтирования

4. Ежегодные равные чистые выгоды каждого выделенного энергообъекта будут соотнесены с ГДж произведенной энергии.

В третьей главе рассмотрена энергосистема Хабаровского края, дана ее характеристика, а также изучена территориальная структура края в соответствии с выделенными зонами и сегментами рынка для страны. Проанализирован потенциал развития ВИЭ по выделенным зонам и проведена количественная оценка экономической эффективности энергетических объектов.

Особенности размещения населения и экономической деятельности определили наличие двух зон энергоснабжения в крае: централизованной и децентрализованной.

В рамках централизованной зоны функционирует энергосистема Хабаровского края входит в состав Объединенной энергосистемы (ОЭС) Востока (изолированно от ОЭС Востока функционирует Николаевский энергоузел) и

¹⁹ Горбачева, Н. В. Действительная стоимость электроэнергии в Сибири: анализ выгод и издержек. Экономический журнал ВШЭ. 2020. № 24(3). С. 346.

²⁰ Там же, с. 360.

является крупнейшим производителем энергии на Дальнем Востоке, на ее долю приходится более 20% вырабатываемой электрической и около 30% тепловой энергии²¹.

Структуру энергетики края составляют генерирующие мощности, электросетевое и теплосетевое хозяйство, а также организации по оперативно-диспетчерскому управлению энергетическими объектами и сбыту энергии.

Около 80 % территории края относится к децентрализованным районам, где проживает около 40 % населения. В отдалённых зонах находится более 80 населенных пунктов²². К децентрализованным зонам относятся территории Хабаровского края за исключением Хабаровска, Комсомольска-на-Амуре, Николаевска-на-Амуре, не считая других населенных пунктов Николаевского района, Советской Гавани, части Хабаровского района.

Анализ текущего состояния энергосистемы Хабаровского края позволил выделить следующие существующие проблемы:

1. старение действующих генерирующих мощностей, распределительных электрических и тепловых сетей, ограниченные технические возможности действующих централизованных систем теплоснабжения в городах края.

2. существующие ограничения на технологическое присоединение нагрузок новых потребителей электрической энергии к шинам ряда подстанций энергосистемы края.

3. отсутствие централизованного электроснабжения от энергосистемы края в ряде населенных пунктов края, обеспечивающихся электроэнергией от локальных, низкоэффективных источников.

4. резкое сокращение бюджетного финансирования строительства энергетических объектов, недостаточность собственных инвестиционных ресурсов региональных энергетических компаний и сложность привлечения средств из внешних источников.

С точки зрения институциональных условий функционирования рынка электроэнергии можно выделить два сегмента. Территория, обслуживаемая энергосистемой края, относится к неценовой зоне оптового рынка. Децентрализованная зона представляет собой розничный рынок электроэнергии.

Электроэнергетика в децентрализованной зоне характеризуется ростом производственных издержек и себестоимости производимой электроэнергии, что вызвано прежде всего моральным и физическим устареванием используемого оборудования и технологий, а также увеличением цен на привозное топливо для

²¹ Об утверждении государственной программы Хабаровского края «Энергоэффективность и развитие энергетики в Хабаровском крае»: Постановление Правительства Хабаровского края № 119-пр от 17.04.2012. – Доступ из справ.-правовой системы Гарант: – Текст: электронный.

²² Паспорт Хабаровского края. URL: file:///C:/Users/zevs-/Downloads/Pasport_Habarovskogo_kraya.pdf (дата обращения: 15.06.2021).

электростанций, так как в этих зонах электроэнергия вырабатывается как правило на основе ДЭС.

На начало 2019 г. в децентрализованной зоне края функционировало 64 ДЭС мощностью 83,3 МВт, обеспечивая электроэнергией 3 % населения края (92 населенных пункта). Выработка электроэнергии осуществлялась исключительно на основе дизельного топлива и составила 136,5 млн. Квт*ч за предыдущий год. В структуре расходов на выработку электроэнергии преобладают расходы на топливо, порядка 78,5 %, в связи с более высокими, чем в среднем по ДФО, ценами на дизельное топливо. В зависимости от генерирующего объекта цена на топливо в децентрализованных районах выше на 23-36 % цен по ДФО и составила в 2021 г. 66877,48 руб./тонну (рост на 18% за год). При этом для всех ДЭС характерно наличие сезонности поставок топлива²³.

Стоимость электроэнергии сильно варьируется в зависимости от зон. Так в централизованной зоне края цены на электроэнергию в среднем составляют 4,14 руб/Квтч, а в децентрализованной зоне цены находятся в пределах от 8,21 руб/Квтч до 97,17 руб/Квтч. Рост тарифов по децентрализованной зоне с 01.07.2021 г. в среднем составляет 103,5% и обусловлен ростом цен на топливо и его доставку, а также индексацией расходов на оплату труда²⁴.

Низкая плотность населения, удаленность от источников производства электроэнергии, обилие изолированных энергосистем и потребителей, большие расстояния между населенными пунктами все это приводит к острой необходимости развития распределенной системы электроснабжения по сравнению с традиционной централизованной. Большая часть территории края относится к децентрализованной зоне, где функционирует розничный рынок. В данной зоне существуют такие проблемы как высокий износ оборудования, сокращение бюджетного финансирования строительства энергетических объектов, стоимость электроэнергии в некоторых районах может превышать более чем в 10 раз ее стоимости в централизованной зоне, за счет дороговизны привозного топлива и его доставки. Ключевым элементов в решении выделенных проблем должны стать возобновляемые источники энергии.

Рассмотрим потенциал ВИЭ Хабаровского края (таблица 3).

Таблица 3 - Оценка ресурсов возобновляемой и малой энергетики и местных видов топлива в Хабаровском крае

	Хабаровский край
--	-------------------------

²³ Объекты генерации в изолированных и труднодоступных территориях в России / Аналитический доклад март 2020 г./ Аналитический центр при Правительстве РФ. URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/analitika/%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D0%B2_%D0%98%D0%A2%D0%A2.pdf (дата обращения: 01.07.2021)

²⁴ Отчет о работе комитета по ценам и тарифам Правительства Хабаровского края за 2020 год. URL: <https://cit.khabkrai.ru/Deyatelnost/Dokumenty/651> (дата обращения: 01.07.2021).

Наименование ресурса	тыс. т.у.т.	тыс. Гкал	млрд кВтч
Потенциалы солнечной энергетики			
Технический производства тепла	542700	2713500	-
Экономический производства тепла	29300	146500	-
Технический производства электроэнергии	48000	-	141,18
Экономический производства электроэнергии	1300	-	3,824
Технический	6290	-	18,5
Экономический	3470	-	10,2
Потенциалы ветровой энергии			
Технический	120660	-	354,87
Экономический	600	-	1,77
Потенциалы лесной биомассы			
Валовый лесной биомассы	25600	142222,22	-
Технический отходов лесозаготовки	3060	17000	-
Экономический отходов лесозаготовки	350	1944,44	-
Экономический отходов деревопереработки	257,5	1430,56	-
Потенциалы использования тепла сточных вод			
Технический ресурс	230	1277,78	-
Экономический ресурс	70	388,89	-
Потенциалы использования тепла грунта и тепла водоемов			
Технический ресурс	200	1111,11	-
Экономический ресурс	100	555,56	-
Ресурсы использования низкопотенциального тепла систем охлаждения конденсаторов тепловых и атомных электростанций			
Технический ресурс	425,68	2364,89	-
Экономический ресурс	73,38	407,67	-

Источник: Использование возобновляемых источников для покрытия спроса на электрическую и тепловую энергии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.tigrup.ru/media/daydjest/> (дата обращения 10.09.2019).

Экономический потенциал ВИЭ на территории Хабаровского края оценивается более чем в 12 млн. т.у.т.²⁵. Наиболее перспективными направлениями в крае в возобновляемой энергетике являются ветровая и солнечная энергетика. В настоящее время большинство источников нетрадиционной энергетике в крае используется для индивидуального потребления на локальных объектах с незначительным объемом электропотребления. Однако, практический опыт внедрения свидетельствует, что собственная генерация на основе ВИЭ для крупных промышленных предприятий в децентрализованной зоне также становится привлекательной. Ярким примером служит СЭС и ВЭС в месторождении Светлое. За счет развития технологий уменьшается стоимость оборудования для солнечных и ветровых электростанций, что в свою очередь способствует удешевлению стоимости электроэнергии.

Для обоснования экономической эффективности внедрения ВИЭ в Хабаровском крае рассмотрим стоимостную оценку трех альтернатив выработки

²⁵ Новая энергетическая политика России / Под общ. ред. Ю.К. Шафраника. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – С. 215.

электроэнергии в Хабаровском крае. Эмпирическая база исследования сформирована на основе следующих данных: схема и программа развития электроэнергетики Хабаровского края 2020-2024 г, официальный сайт Правительства Хабаровского края, официальный сайт министерства энергетики.

Базовые технико-экономические параметры работы трех типов электростанций представлены в таблице 4. Финансовые модели построены в текущих ценах и с использованием стандартной техники проектного анализа трех действующих в Хабаровском крае электростанций: угольной ТЭС (на примере Совгаванской п. Советская Гавань), ДЭС (на примере ДЭС с. Оремиф) и СЭС (на примере СЭС месторождение Светлое, Охотский район).

Таблица 4 - Технико-экономические характеристики трех электростанций в Хабаровском крае

Показатель	Угольная ТЭС	ДЭС	СЭС
Установленная мощность, электрическая МВт	126	0,56	1
тепловая Гкал/ч	200		
Капзатраты, млн.	33800	25,9	134,4

Продолжение таблицы 4

Себестоимость электроэнергии, руб./кВтч	3,5	37,3	9,5
тепла, руб/Гкал*ч	1442,47 ²⁶		
Тариф на электроэнергию, руб/кВт*ч	3,49	3,86	3,86
на тепло, руб/Гкал*ч	1488,71		
Инвестиционный период, годы строительства	6	2	1
Эксплуатационный период, годы	36	15	25
Продукт	Электроэнергия и тепло	Электроэнергия	Электроэнергия
Удельные капитальные затраты, тыс. руб/кВт*ч	94,3	46,25	134,4
Производство электроэнергии, млн. кВт*ч	630	0,9391	1,25 ²⁸
тепла, тыс. Гкал	442,1 ²⁷		
Удельные расходы топлива, г у.т./кВт*ч	276 ²⁹	463,2	-
Объем потребляемого топлива,	480 ³⁰	0,3	-

²⁶ Совгаванская ТЭЦ введена в эксплуатацию в сентябре 2020 года, поэтому актуальных данных по данной станции нет. Из отчета комитета по ценам и тарифам Хабаровского края взяты средние значения по тарифам на электрическую энергию, поставляемую ПАО «ДЭК» потребителям Хабаровского края. URL: <https://cit.khabkrai.ru/> (дата обращения 25.12.2020).

²⁷ В силу комментария сноски выше, взяты прогнозные значения по количеству вырабатываемой энергии и тепла. URL: <https://rosteplo.ru> (дата обращения 25.12.2020).

²⁸ В силу комментария сноски выше, значения взяты из прогнозов компании «Полиметалл». URL: https://nedradv.ru/nedradv/ru/page_news?obj=3f996b32bed4a8e81bee5f33f84278e5 (дата обращения 25.12.2020).

²⁹ В силу комментария сноски выше, показатель взят по аналогичной Ургальской ТЭЦ из расчетов авторов в: Восточный вектор энергетической стратегии России: современное состояние, взгляд в будущее / Под ред. Н.И. Воропая, Б.Г. Санеева ; Рос. Акад. Наук, Сиб. отд-ние, Ин-т систем энергетики им. Л.А. Мелентьева. – Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2011. – 368 с.

тыс. т/год			
Цена топлива, руб./т	2540,67 ³¹	64521,2	-
Ежегодные издержки (постоянная составляющая), млн. руб/год	14235 ³²	2,1	2,1 ³³
Суммарные выбросы CO ₂ , т.	762300	826,408	35
Налог на выбросы CO ₂ , млн. руб.	834,71	0,9	0,04
Субсидии, млн. руб.	13,8	8,6	8,6

Источник: рассчитано автором на основе данных сайта Министерство энергетики. Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru> (дата обращения 11.12.2020).

По представленным данным технических характеристик рассматриваемых электростанций уже можно сделать вывод об эффективности использования ВИЭ, особенно в децентрализованных районах. Несмотря на то, что СЭС самая дорогая по удельным капитальным затратам на 1 кВт выработанной энергии, по ежегодным издержкам она уже конкурентоспособна с угольной ТЭЦ, а себестоимость электроэнергии, выработанной СЭС, почти в 4 раза ниже по сравнению с ДЭС.

Для выделенных объектов рассчитаем чистые выгоды по формуле 1 пункта 2.2:

Ставка дисконтирования взята в размере 12,5 % по данным сайта Дальневосточной генерирующей компании³⁴.

Для расчета налога на выбросы CO₂ были использованы показатели по объему выбросов, указанные в работе Горбачевой Н. В.³⁵: угольные электростанции образуют 1210 г CO₂-экв на 1 кВтч (из них 50 г связаны с добычей угля); дизельные – 880 г. (100); ВИЭ – 28 г., из-за применения энергоемкого оборудования.

Что касается ставки налога на 1 т выбросов CO₂, то здесь нет однозначности. По данным ОЭСР³⁶ цены варьируются по всему миру от 1-55 евро за тонну. Здесь будем производить расчёт исходя из предварительных оценок экспертов России о

³⁰ В силу комментария сноски выше, показатель взят из прогнозных значений экспертов. URL: <https://iarex.ru/articles/59811.html> (дата обращения 25.12.2020).

³¹ В силу комментария сноски выше, показатель взят из отчета ДГК, как среднее значение по аналогичным объектам. URL: <https://tenmon.ru/1/31705915789.html> (дата обращения 25.12.2020).

³² В силу комментария сноски выше, показатель взят по аналогичной Ургальской ТЭЦ из расчетов авторов в: Восточный вектор энергетической стратегии России: современное состояние, взгляд в будущее / Под ред. Н.И. Воропая, Б.Г. Санеева ; Рос. Акад. Наук, Сиб. отд-ние, Ин-т систем энергетики им. Л.А. Мелентьева. – Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2011. – 368 с.

³³ Данная электростанция введена в эксплуатацию в 2018 г., актуальных данных в свободном доступе нет. Так как месторождение Светлое – это СЭС функционирующая совместно с ДЭС, поэтому этот показатель взят по аналогии с рассматриваемой ДЭС с. Оремиф.

³⁴ Акционерное общество «Дальневосточная генерирующая компания». URL: <https://dvvgk.ru> (дата обращения 25.12.2020).

³⁵ Горбачева, Н. В. Действительная стоимость электроэнергии в Сибири: анализ выгод и издержек. Экономический журнал ВШЭ, 2020, 24(3). С. 350.

³⁶ Экономическая политика. Платы за выбросы парниковых газов по странам мира. URL: <https://icss.ru/ekonomicheskaya-politika/ekologiya/plata-za-vyibrosyi-parnikovyyix-gazov-po-stranam-mira> (дата обращения 25.12.2020).

том, что налогообложение углерода на начальном этапе может составить 15 долларов за 1 тонну CO_2 ³⁷.

Ежегодные равные чистые выгоды каждой станции соотнесены с ГДж произведенной энергии. Разделение всех издержек между двумя продуктами (электроэнергией и теплом) представляется весьма условным, поэтому для корректности вычислений полезный отпуск электростанций представлен в ГДж произведенной энергии (рисунок 6).

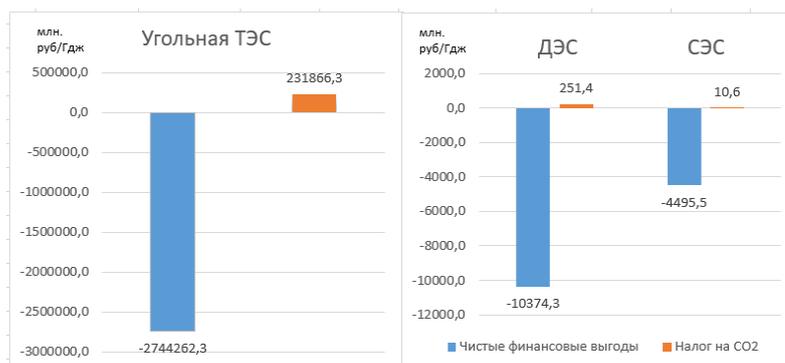


Рисунок 6 – Экономические выгоды и издержки производства электроэнергии на угольной, дизельной и солнечной электростанциях Хабаровского края

Видно, что в наблюдаемых рыночных условиях и при всех предполагаемых значениях для угольной и солнечной электростанций, все три электростанции не рентабельны, при этом самые высокие удельные финансовые выгоды оказались у СЭС: -4495,5 млн. руб. на 1 ГДж выработанной электроэнергии. Самой экономически не выгодной оказалась угольная электростанция. А если учитывать еще и налог на выбросы CO_2 , то по-прежнему наиболее экономически привлекательной остается СЭС, ее значение наиболее близко к зоне безубыточности. Если для СЭС удастся снизить капитальные затраты, то при низких операционных затратах СЭС станут еще более экономически выгодными. Таким образом, если учитывать в стоимости электроэнергии экологический фактор, то ВИЭ становятся не только конкурентоспособными с традиционными источниками в децентрализованных районах, но и более рентабельными.

В настоящее время экономическая ситуация страны сложилась таким образом, что ВИЭ не могут конкурировать с традиционными источниками энергии, особенно в регионах с централизованным энергоснабжением. Однако экологические проблемы, ограниченность природных ископаемых, высокая стоимость электроэнергии, особенно для децентрализованных районов, высокий износ оборудования, ограниченность финансирования диктуют необходимость поиска альтернативных источников энергии.

³⁷ Углеродный налог: нововведение может привести к росту тарифов ЖКХ. URL: <https://www.kp.ru/putevoditel/nauka/uglerodnyj-nalog/> (дата обращения 25.12.2020).

Неограниченный запас ресурсов, экологически чистые источники энергии, небольшой срок окупаемости, меньшие расходы на эксплуатации оборудования, отсутствие расходов на привозное топливо – все это является неоспоримыми преимуществами возобновляемых источников энергии.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что ВИЭ наиболее рентабельны в существующих на данный момент рыночных условиях в децентрализованных районах. Однако, если государство введет налог на экологически «грязные» традиционные источники энергии, то ВИЭ становятся еще более экономически выгодными и сможет конкурировать с ними даже в централизованных районах.

Полученные результаты в работе согласуются с выводами других авторов научного сообщества: Санеев Б.Г., Иванова И.Ю., Тугузова Т.Ф., Ижбулдин А.К.³⁸, Башмаков И.А.³⁹. Авторами для исследования использовалась система имитационных моделей, в основу которых положен общепринятый метод технико-экономического сравнения альтернативных вариантов энергоснабжения по суммарным дисконтированным затратам на их реализацию при условии обеспечения равного энергетического эффекта. Полученные ими результаты говорят о том, что эффективными направлениями в децентрализованной зоне Дальнего Востока в сложившейся стоимостной ситуации являются солнечная и ветровая генерация. Развитие возобновляемой энергетики в дополнение к традиционной схеме для коммунально-бытовых потребителей в зоне децентрализованного электроснабжения позволило бы сократить объемы потребления органического топлива и, тем самым, величину бюджетных дотаций.

В работе Панкрушиной Т., Хоршева А. рассмотрено несколько сценариев развития низко- и неуглеродной генерации (газовых, атомных и ВИЭ электростанций) Дальнего Востока в условиях ужесточения требований к сокращению выбросов оксида углерода. Результаты показали, что развитие ВИЭ будет происходить в условиях установления низкой ставки дисконтирования (порядка 5%), высоких цен на топливо и высоких цен на CO₂, без выполнения этих условий нетрадиционная энергетика не конкурентоспособна в ОЭС Востока⁴⁰.

В заключении приводятся основные выводы, полученные в исследовании.

³⁸ Санеев Б.Г., Иванова И.Ю., Тугузова Т.Ф., Ижбулдин А.К. Автономные энергоисточники на севере Дальнего Востока: характеристика и направления диверсификации // *Пространственная экономика*. 2018. №1. С. 112.

³⁹ Низкоуглеродные решения для изолированных регионов России с высокими затратами на энергию / Центр по эффективному использованию энергии. 2017. URL: http://www.cenef.ru/file/Low-Carbon_rus.pdf (дата обращения: 20.07.2021).

⁴⁰ Pankrushina T., Khorshv A. Potential development scale of low- and non-carbon generation in the Far East of Russia under increasing decarbonization requirements // *E3S Web of Conferences*. 2021. V. 289. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/65/e3sconf_esr2021_04001/e3sconf_esr2021_04001.html (дата обращения: 20.07.2021)

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Статьи в рецензируемых журналах и изданиях по списку ВАК:

1. Панкратьева С.Г. Современное состояние и перспективы развития энергетики Хабаровского края // Власть и управление на Востоке России. 2019. №3. С. 156-163.

2. Панкратьева С.Г. Оценка экономической эффективности возобновляемых источников энергии Хабаровского края // 2020. №1. С. 219-227.

3. Панкратьева С.Г., Резак Е.В. Проблемы развития возобновляемых источников энергии в энергетической системе регионов России (на материалах Хабаровского края) // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2021. №2.

Прочие публикации:

4. Панкратьева С.Г. Анализ эффективности государственной поддержки ВИЭ в Хабаровском крае // Новая азиатская политика и развитие Дальнего Востока России: материалы международной научной конференции 4-5 декабря 2019 г. – Хабаровск: Институт экономических исследований Дальневосточного отделения РАН, 2020. С. 133-138.

5. Панкратьева С.Г. ВИЭ Хабаровского края: эконометрический аспект // Молодые ученые – Хабаровскому краю : материалы XXII краевого конкурса молодых ученых и аспирантов 14-20 января 2020 г. / Правительство Хабаровского края, Министерство образования и науки Хабаровского края. – Хабаровск : Издательство ТОГУ, 2020. С. 11-16.

6. Панкратьева С.Г. Оценка экономической эффективности возобновляемых источников энергии Хабаровского края // Молодые ученые – Хабаровскому краю : материалы XXIII краевого конкурса молодых ученых и аспирантов 12-20 января 2021 г. / Правительство Хабаровского края; Министерство образования и науки Хабаровского края. – Хабаровск : Издательство Тихоокеан. гос. ун-та, 2021. С. 34-36.