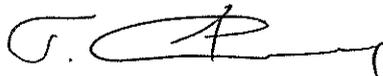


*На правах рукописи*

**СТРОЙКОВ Геннадий Алексеевич**



**ФОРМИРОВАНИЕ РЫНОЧНОГО МЕХАНИЗМА  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В  
ГОРНОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

*Специальность 08.00.05 - Экономика и управление  
народным хозяйством  
(экономика  
природопользования)*

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук**

**Санкт-Петербург – 2018**

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»

*Научный руководитель –*  
доктор экономических наук, профессор  
*Череповицын Алексей Евгеньевич*

*Официальные оппоненты –*  
*Котов Дмитрий Валерьевич*, доктор экономических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», кафедра экономики и управления на предприятии нефтяной и газовой промышленности, профессор

*Новикова Ольга Валентиновна*, кандидат экономических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Высшая инженерно-экономическая школа, Высшая школа управления и бизнеса, доцент

*Ведущая организация –* федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Защита состоится 24 сентября 2018 года в 13 ч 15 мин на заседании диссертационного совета Д 212.224.05 при Санкт-Петербургском горном университете по адресу: 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, дом 2, ауд. 1171 а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского горного университета и на сайте [www.spmi.ru](http://www.spmi.ru).

Автореферат разослан 24 июля 2018 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ  
диссертационного совета



ЛЕБЕДЕВА  
Олеся Юрьевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Россия является одним из мировых лидеров по обеспеченности собственными запасами традиционных топливно-энергетических ресурсов, однако, развитие возобновляемых источников энергии является чрезвычайно важным стратегическим направлением будущей энергетики.

Возобновляемые энергетические ресурсы (ВЭР), или возобновляемые источники энергии (ВИЭ), в России являются крайне недооцененными. Россия обладает огромными запасами возобновляемых источников энергии, причем, благодаря своему географическому положению, разнообразию климатических условий и особенностей местности, их виды значительно варьируются. Многие технологии использования ВЭР достигли уровня конкурентоспособности и уже сейчас могут стать источником инновационного развития энергетики страны.

Россия подписала Парижское соглашение, предполагающее, что конкретные меры по борьбе с изменением климата должны быть нацелены на сокращение выбросов парниковых газов, при этом разработка и осуществление данных мер возлагается на национальные правительства. Ратификация данного соглашения в России намечена на 2019–2020 годы, и на данный момент правительство РФ разрабатывает модель государственного регулирования выбросов парниковых газов.

Все большее значение приобретают технологические инновации, которые повышают эффективность производства электроэнергии от возобновляемых энергоресурсов. При этом стоит отметить, что генерация электроэнергии за счет ВИЭ не влечет за собой эмиссию вредных веществ и парниковых газов в атмосферу, в отличие от использования ископаемого топлива традиционных источников энергии. Исследования доказывают, что переход к использованию возобновляемых энергоресурсов способствует значительному снижению антропогенного воздействия на климат. Возобновляемые источники энергии потенциально могут существенно повысить энергетическую безопасность, особенно на региональном уровне, и снизить выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу.

Вовлечение в отработку удаленных месторождений, находящихся вне систем централизованного энергоснабжения,

обеспечение энергетической безопасности и независимости в системе энергообеспечения горных предприятий и регионов страны, быстрый рост технологического развития в сфере возобновляемой энергетики и постоянное снижение себестоимости ее производства и эксплуатации, рост социальной ответственности и экологической безопасности, а также выполнение обязательств перед мировым сообществом по сокращению выбросов CO<sub>2</sub> определяет актуальность выбранной темы научного исследования.

Теоретической и методологической основой исследования послужили научные труды российских ученых в области возобновляемой энергетики – Э.Л. Акима, П.П. Безруких, Н.А. Беккер, В.В. Бушуева, В.И. Велькина, А.А. Соловьева, Т.С. Хачатурова, Ю.А. Цецерица, Ю.М. Беляева, Р.А. Серебрякова, О.С. Попеля, М.П. Федорова, В.В. Елестратова, а также научные разработки таких зарубежных авторов, как С. Азар, Ван ден Брозк, Й. Дикманн, О. Лангнис, Е. Смите, А. Фаидж, М. Рагвитц, М. Бехбергер, В. Дорнбург, Б. Фишер, К. Хеймлинка, М. Хоогвьяк и другие.

Проблемы инновационного развития отечественной энергетики рассматривали в своих работах следующие ученые: Л.Н. Васильева, А.Г. Зубкова, Л.Ю. Богачкова, А.А. Бовин, О.С. Муравьева, М.О. Налбандян, Д.В. Котов, О.В. Новикова, О.С. Краснов, С.А. Михайлов и другие.

Теоретические и методические основы формирования механизма рационального использования природных ресурсов изучены в трудах Н.Я. Лобанова, А.Е. Череповицына, Л. Брауна, М.М. Рединой, Е.Р. Магарил, А.С. Голубева, А.А. Федорченко, М.А. Гурьевой, А.А. Ильинского, А.О. Кокорина, Т.В. Пономаренко, М.А. Невской, О.А. Марининой и других специалистов.

Проблеме сокращения выбросов CO<sub>2</sub> и защиты климата посвящены работы таких авторов, как В.П. Ануфриев, В.И. Данилов-Данильян, Дж. Е. Стиглиц, А.В. Ханьков, И.В. Рукавишникова, М.В. Березюк и другие.

**Цель исследования** заключается в формировании рыночного механизма использования возобновляемых энергетических ресурсов в горнопромышленном комплексе в условиях институциональных изменений, направленных на сокращение эмиссии парниковых газов.

**Основная научная идея:** в современных условиях подписания Россией Парижской конвенции целесообразным представляется

сформировать возможные тренды использования возобновляемой энергетики в промышленном секторе, включая энергоемкие производства горнопромышленного комплекса. Необратимые изменения институциональной среды и государственного регулирования, направленные на уменьшение выбросов углекислого газа и контроля за этим процессом, путем создания углеродного рынка и введения налога на CO<sub>2</sub> позволяют сформировать научно-обоснованные прогнозы возможных изменений в системах энергообеспечения предприятий горнопромышленного комплекса, включая рост доли ВЭР.

Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующие научные **задачи**:

- систематизировать факторы и условия, позволяющие оценить возможность использования возобновляемых энергетических ресурсов в горнопромышленном комплексе;
- исследовать отечественный и зарубежный опыт государственного регулирования в сфере энергоэффективного развития и чистой энергетики;
- исследовать влияние углеродных инициатив на развитие рынка возобновляемых энергетических ресурсов;
- сформировать рыночный механизм углеродного рынка, с разработкой системы налогообложения на выбросы углекислого газа;
- выполнить технико-экономическое обоснование использования систем возобновляемой энергетики на горных предприятиях, расположенных в отдаленных районах.

**Объектом исследования является** технико-экономический и рыночный потенциал использования возобновляемых энергетических ресурсов в горнопромышленных системах.

**Предметом исследования является** система экономических и управленческих отношений, возникающих при формировании рыночных механизмов развития возобновляемой энергетики.

**Методология исследования.** Теоретической и методологической основой диссертационного исследования являются работы отечественных и зарубежных учёных в сфере экономики природопользования, энергоэффективности и ресурсосбережения, устойчивого развития, стратегического управления. Также были использованы методические и нормативно-правовые литературные

источники в сфере государственного регулирования энергоэффективного развития социально-экономических систем. В основе методологии исследования лежат такие научные методы, как: экономико-математическое моделирование, стратегический анализ, методы прогнозирования социально-экономических и промышленных систем, сравнительный анализ, статистические и графические методы.

Для представления графической информации и проектирования моделей процессов были использованы системы Microsoft Visio и ARIS Business Architect, для расчетов использовались инструменты системы Microsoft Excel.

#### **Защищаемые научные положения**

1. Целесообразность использования возобновляемых энергетических ресурсов в горнопромышленном комплексе доказывается систематизацией объективных и субъективных факторов развития современного энергетического сектора, в числе которых: возможности инновационных технологий; глобальные тенденции формирования «зеленой» энергетики и борьба с выбросами парниковых газов; снижение себестоимости производства и эксплуатации возобновляемых энергетических ресурсов; масштабное освоение удаленных месторождений полезных ископаемых и необходимость их автономного энергообеспечения.

2. Формирование экономического механизма использования возобновляемых энергетических ресурсов на предприятиях горнопромышленного комплекса следует осуществлять на основе создания системы углеродного регулирования, которая включает введение налога на CO<sub>2</sub> с использованием рынка «свободных сертификатов», а также обосновывает возможные эффекты участников системы регулирования выбросов CO<sub>2</sub>.

3. Для выбора оптимальной системы энергообеспечения текущих и перспективных проектов в горнопромышленном комплексе, с применением возобновляемых энергетических ресурсов, целесообразно использовать разработанную технико-экономическую модель, учитывающую возможные сценарные прогнозы изменений институциональных условий реализации проектов, а также их технологических и экономических параметров.

**Научная новизна результатов исследования** заключается в следующем:

1. Систематизированы факторы, условия и предпосылки, обосновывающие возможность и экономическую целесообразность применения возобновляемых энергетических ресурсов в регионах России, обладающих высоким потенциалом использования альтернативной энергетики и значительной концентрацией предприятий горнопромышленного комплекса.

2. Предложен рыночный механизм регулирования углеродного рынка, как базовая часть экономического механизма использования возобновляемых энергетических ресурсов, обосновывающий варианты налоговых сборов за выбросы парниковых газов, и разработан алгоритм ускоренного перехода предприятий к низкоуглеродной энергетике, стимулирующий, в том числе, развитие возобновляемой энергетики.

3. Разработана технико-экономическая модель оценки целесообразности использования возобновляемых энергетических ресурсов в горнопромышленном комплексе на основе сценарного подхода, предполагающего введение налога на углекислый газ и изменений прогнозных параметров величины капитальных и эксплуатационных затрат внедрения систем альтернативной энергетики.

4. На основе анализа мирового опыта углеродного регулирования, посредством введения налога на CO<sub>2</sub>, выявлена преимущественно устойчивая тенденция роста доли установленной мощности возобновляемых источников энергии в энергетических балансах анализируемых стран.

5. Предложен комплекс технико-экономических показателей, специфичных для реализации проектов по энергообеспечению удаленных предприятий горнопромышленного комплекса с использованием возобновляемых энергетических ресурсов, и определены их критические значения.

**Соответствие паспорту специальности.** Полученные научные результаты соответствует паспорту специальности 08.00.05 Экономика и управление народным хозяйством (экономика природопользования): п. 7.20 - Разработка экономических методов повышения эффективности использования природных ресурсов (минеральных, водных, лесных, земельных и пр.) в народном хозяйстве. Ресурсосбережение, п. 7.24 - Исследование современного состояния и сценариев развития энергетических рынков. Энергоэффективность, п.

7.27 - Формирование механизмов реализации и экономическая оценка глобальных экологически значимых инициатив (углеродный рынок, лесная конвенция и др.).

**Практическая значимость исследования:**

- предложены практические рекомендации для компаний, реализующих энергоэффективные проекты, и государственных органов управления, занимающихся вопросами устойчивого развития в энергетическом секторе национальной экономики;

- выполнена оценка экономической эффективности проекта замещения дизельной электростанции на системы энергообеспечения, использующие возобновляемые энергетические ресурсы, на примере горнорудного предприятия и с использованием различных прогнозных сценариев.

**Достоверность и обоснованность выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации,** полученных в ходе диссертационного исследования, обеспечивается применением комплекса современных методов сбора и обработки информации, анализом научной и методической литературы, корпоративных документов и отчетов публичных горнодобывающих компаний по исследуемой проблеме, а также применением современных методов экономического анализа. Убедительность выводов подтверждается публикациями в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, а также обсуждением результатов исследования на научных конференциях международного и всероссийского уровня.

**Личный вклад автора** заключается в постановке и реализации цели и задач исследования, обосновании научных положений; систематизации факторов и условий, обосновывающих возможности и экономическую целесообразность применения в горнопромышленном комплексе возобновляемых энергетических ресурсов; в предлагаемом технико-экономическом механизме регулирования углеродного рынка, учитывающем варианты налоговых сборов за выбросы парниковых газов в атмосферу; в разработанной технико-экономической модели оценки целесообразности использования возобновляемых энергетических ресурсов в горнопромышленном комплексе.

**Апробация и реализация результатов исследования.** Основные положения и результаты выполненных в работе исследований были представлены на международных и всероссийских конференциях в период 2015-2018 гг.: Международная конференция молодых ученых и

специалистов на базе Краковской горно-металлургической академии (г. Краков, Польша, 2015 г.), Международная научно-практическая конференция «Научный форум: экономика и менеджмент» Секция: природопользование (г. Москва, 2017 г.), Международный Форум вузов инженерно-технологического профиля (г. Минск, Беларусь, 2017 г.), Международная научно-практическая конференция «Инновационная экономика и менеджмент: теория, методология и концепции модернизации» (г. Москва, 2018 г.). Материалы диссертации также обсуждались со специалистами АО «Полиметалл».

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 7 научных работ, из них 3 научные работы в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, включающего 151 наименование, изложена на 173 страницах машинописного текста и содержит 58 рисунков, 22 таблицы, 3 приложения.

Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю профессору А.Е. Череповицыну за помощь и руководство при написании научной работы, доценту Ромашевой Н.В. и доценту Ильиной А.А., а также всему коллективу кафедры организации и управления за поддержку и помощь в подготовке диссертации.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи диссертационного исследования, определены предмет и объект исследования, сформированы основные элементы научной новизны.

**В первой главе** проведен анализ технологических, экономических и институциональных факторов развития возобновляемой энергетики в мире, а также выполнена оценка потенциала использования возобновляемых энергетических ресурсов на территории РФ.

**Во второй главе** проанализирован мировой опыт поддержки возобновляемой энергетики и методы углеродного регулирования, предложен рыночный механизм регулирования углеродного рынка, обосновывающий варианты налоговых сборов за выбросы парниковых газов в атмосферу, и разработан алгоритм

ускоренного перехода предприятий горнопромышленного комплекса к низкоуглеродной энергетике, стимулирующий, в том числе, внедрение систем энергообеспечения с использованием ВИЭ.

**В третьей главе** разработана технико-экономическая модель оценки целесообразности использования возобновляемых энергетических ресурсов в горнопромышленном комплексе на основе сценарного подхода, предполагающего введение налога на углекислый газ и изменений прогнозных параметров величины капитальных и эксплуатационных затрат при внедрении систем альтернативной энергетики.

**В заключении** отражены основные результаты диссертационного исследования, обобщены выводы и предложения для реализации проектов по энергообеспечению удаленных предприятий горнопромышленного комплекса с использованием возобновляемых источников энергии.

Основные результаты исследований отражены в следующих защищаемых положениях:

**1. Целесообразность использования возобновляемых энергетических ресурсов в горнопромышленном комплексе** доказывается систематизацией объективных и субъективных факторов развития современного энергетического сектора, в числе которых: возможности инновационных технологий; глобальные тенденции формирования «зеленой» энергетики и борьба с выбросами парниковых газов; снижение себестоимости производства и эксплуатации возобновляемых энергетических ресурсов; масштабное освоение удаленных месторождений полезных ископаемых и необходимость их автономного энергообеспечения.

Стратегия устойчивого развития, предполагающая, в том числе, снижение негативного воздействия на окружающую среду от антропогенной деятельности человека, признана во всем мире как необходимая к реализации для обеспечения сбалансированного развития глобальной экономики в будущем. При этом значительная роль будет принадлежать новейшим энергетическим технологиям и источникам энергии, и, в первую очередь, возобновляемым энергетическим ресурсам. Возобновляемая энергетика уже сейчас является серьезным конкурентом развития традиционной и существенно влияет на изменение структуры производства

электроэнергии и энергопотребления во всем мире.

Энергетический потенциал возобновляемых энергетических ресурсов имеет несколько способов оценки, которые зависят от степени учета технико-экономических параметров их использования. Принято выделять валовый, технический и экономический потенциал.

Под валовым потенциалом подразумевается база всех природных ресурсов возобновляемой энергетики, которые в принципе доступны на территории РФ, то есть это такие показатели как: средняя скорость ветра, количество солнечной радиации, поступающей на поверхность, среднесуточная продолжительность световой активности, объем стока рек и другие.

Под техническим потенциалом следует понимать оценку возобновляемых энергоресурсов с учетом технологического развития. Необходимо понимать, что на эффективность работы влияют, помимо достигнутого уровня технологического развития, еще и конкретные условия расположения оборудования, и объекты инфраструктуры.

Экономический потенциал возобновляемых энергоресурсов определяется исходя из оценки выявленного технического потенциала, при этом необходимо учитывать экономическую эффективность использования энергетических систем на определенной территории.

Важнейшими показателями, характеризующими развитие возобновляемой энергетики, являются динамика производства в мире, структура производства возобновляемой энергии по источникам генерации, а также инвестиции в данную отрасль и их рентабельность.

Рекордные показатели инвестиций в возобновляемую энергетику были достигнуты в 2015 г. и составили 328,9 млрд. долларов США, при этом самый значительный объем капитальных вложений, порядка 161 млрд. долларов США, был направлен в развитие систем солнечной энергетики. В 2016 году инвестиции в ВИЭ составили более 240 млрд. долларов США. Снижение объема инвестиций в 2016 году было связано со значительным сокращением стоимости оборудования в возобновляемой энергетике.

Прирост установленной мощности возобновляемых энергоресурсов за 2016 год составил рекордные 161 ГВт. Солнечная энергетика впервые обогнала ветроэнергетику по приросту установленной мощности. Годовой процент роста возобновляемой

энергетики в целом составил 8,7%, что соответствует тренду, отмечаемому с 2009 года (рост на 8-9% в год). При этом 58% новых мощностей возобновляемой энергетики пришлось на страны Азии, где зафиксирован рост использования возобновляемой энергетики выше среднего, порядка 13,1% за год.

Масштабы использования возобновляемых энергетических ресурсов определяются, прежде всего, экономической целесообразностью их применения. Технологии энергообеспечения на основе ВИЭ должны быть конкурентоспособными в сравнении с энергетикой, использующей традиционное ископаемое топливо.

Все большее значение приобретают технологические инновации, которые повышают эффективность производства электроэнергии с использованием возобновляемой энергетики. Наблюдается устойчивый тренд повышения производительности энергосистем и снижения капитальных затрат на их приобретение и установку на промышленных и других объектах.

Анализ последних научных и практических достижений в области производства солнечных панелей и ветроустановок позволяет констатировать, что технологическое развитие систем энергогенерации на основе возобновляемых энергоресурсов ежегодно преодолевает новый этап, как в вопросе повышения КПД данных систем, так и в вопросе снижения стоимости их производства и эксплуатации. За последние 8 лет цены на солнечные электростанции сократились примерно на 80 %, а цены на ветроустановки снизились на 30-40 %.

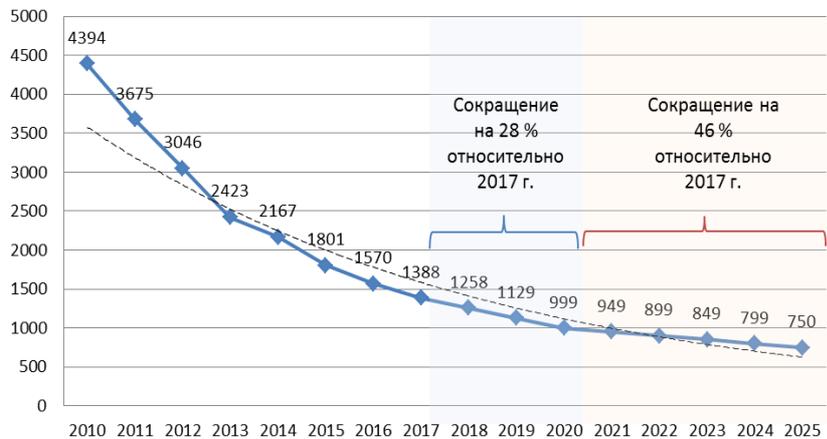
Развитие возобновляемой энергетики интенсифицирует разработку новых технологий аккумулирования, которые должны будут обеспечить дальнейшее раскрытие потенциала «зеленой» энергогенерации в будущем.

Технологическое развитие является ключевой частью реализации потенциала сокращения расходов на внедрение систем электрогенерации с использованием ВИЭ. При этом стоит отметить, что накопленный практический опыт использования возобновляемой энергетики снижает риск реализации проектов энергообеспечения на основе ВИЭ в промышленности.

Сокращение общих затрат на капитальное строительство электростанций приводит к снижению уровня средней расчетной стоимости производства электроэнергии (LCOE) для солнечных и ветроэнергетических технологий. В период между 2010 и 2017 годами произошло снижение LCOE на 73%. LCOE достигло уровня

0,10 долларов США/кВт-ч для солнечных электростанций и 0,14 долларов США/кВт-ч для ветроустановок.

На рисунке 1 представлена динамика изменения капитальных затрат на внедрение систем солнечной энергетики.



Источник: построено автором

Рисунок 1 – Действующие и прогнозные значения средневзвешенных мировых капитальных затрат солнечных электростанций, долларов США/кВт

Средневзвешенные капитальные затраты на солнечные электростанции достигли уровня 1350 долларов США на кВт установленной мощности, то же самое касается материковой ветроэнергетики, где затраты составляют около 1500 долларов США/кВт.

Снижение стоимости внедрения систем энергообеспечения возобновляемой энергетики, а также их доказанная надежность вызывают интерес горнодобывающих компаний во всем мире. Мировой опыт использования систем энергообеспечения на основе ВИЭ на горных предприятиях доказывает технологическую и экономическую целесообразность их использования.

В таблице 1 приведен сравнительный анализ ряда параметров при реализации проектов в сфере возобновляемой энергетики в сравнении с традиционными энергосистемами.

Таблица 1 – Сравнительный анализ систем энергообеспечения на основе возобновляемых и традиционных источников энергии

| № п/п | Параметр оценки                        | Традиционные источники  | Возобновляемые энергоресурсы   |
|-------|--|---|--|
| 1     | По виду источника генерации            | Основаны на применении ископаемого топлива – нефть, уголь, природный газ, запасы которого ограничены  | Базируются на различных природных ресурсах – энергия солнца, ветра, воды и др., что позволяет сохранять запасы традиционных энергетических ресурсов для будущих поколений и других областей использования  |
| 2     | Экологичность использования            | Высокий уровень выбросов загрязняющих веществ, связанный со сжиганием топлива (выбросы в атмосферу таких веществ, как: CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O)<br>Выбросы загрязняющих веществ в почву и водоемы, связанных с уткой при транспортировке топлива<br>Шумовое воздействие  | Высокий уровень экологичности энергоустановок, при их функционировании практически отсутствуют выбросы загрязняющих веществ в атмосферу<br>Отсутствуют затраты природоохранного характера, связанные с производством и переработкой, как в случае с ископаемым топливом  |
| 3     | Капитальные и эксплуатационные затраты | Высокий уровень эксплуатационных затрат, связанный с приобретением и транспортировкой необходимых энергоресурсов<br>Приемлемая стоимость энергоустановок, доступность и относительно короткий срок окупаемости  | Относительно высокая стоимость энергоустановок из-за ряда комплектующих (стоимость систем аккумулирования электроэнергии может достигать до 50% общего объема затрат всей энергоустановки)<br>Практически отсутствуют эксплуатационные затраты<br>Относительно длительный срок окупаемости   |
| 4     | Автономность энергоустановок           | Средний уровень автономности систем (из-за необходимости постоянного контроля достаточного уровня обеспеченности запасами топлива и требованиям по эксплуатации энергоустановок)  | Чрезвычайно высокий уровень автономности, что позволяет обеспечить функционирование систем без человеческого вмешательства и с осуществлением полного дистанционного контроля за всеми элементами энергоустановки  |
| 5     | Энергетическая безопасность            | Сбой поставок энергоресурсов<br>Повышение цен на энергоресурсы, в том числе в связи нестабильностью курса валют<br>Снижение уровня КПД в процессе эксплуатации (как правило, возникает при некачественном топливе или при неполной загрузке системы (ниже 40%), что приводит к повышенному износу узлов и агрегатов и как следствие к финансовым издержкам)<br>Постоянный контроль качества топлива и техническое обслуживание всех узлов и агрегатов установки | Независимость от топливных ресурсов обеспечивает энергетическую безопасность и стабильность цены на электроэнергию<br>Оборудование имеет значительный срок службы (более 20 лет), достаточно высокий уровень надежности и низкий уровень снижения КПД в период эксплуатации<br>Наличие систем аккумулирования электроэнергии позволяет обеспечить покрытие кратковременных пиковых нагрузок<br>Низкий уровень коэффициента установленной мощности (КИУМ), так как существует сильная зависимость от времени суток и климатических условий<br>Быстрый ввод в эксплуатацию |
| 6     | Перспективы и угрозы                   | Повышение требований со стороны государства в сфере эксплуатации энергоустановок с высоким уровнем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, что может привести к дополнительным финансовым издержкам  | Стабильный рост технологического совершенствования оборудования и повышения эффективности их использования (особенно в солнечной и ветровой)<br>Огромный энергетический потенциал для применения ВИЭ (особенно в изолированных районах), существенная часть российских регионов имеет значительный потенциал ветровых и солнечных ресурсов для их эффективного использования<br>Недостаточно проработанная нормативно-правовая база  |

В горнодобывающей промышленности задействовано примерно 11% всей мировой энергии. В среднем расходы на электроэнергию составляют около 15% от общей себестоимости производства. Уже сейчас более чем 20 горнодобывающих компаний используют возобновляемую энергетику при энергообеспечении своих рудников. Согласно исследованиям, текущая установленная мощность ветровых и солнечных энергоустановок для горнодобывающих компаний составляет 943 МВт.

Одним из наиболее перспективных регионов в России для внедрения систем энергообеспечения на основе ВИЭ является территория Дальневосточного федерального округа. На территории Дальнего Востока функционирует 984 компании минерально-сырьевого комплекса. Огромная часть месторождений находится на весьма удаленном расстоянии от энергосетей и объектов энергогенерации, в связи с чем, многие компании, для обеспечения своих предприятий энергией, используют собственные автономные дизельные электроустановки различных мощностей. Результаты проведенного исследования показывают, что потенциал использования ВИЭ по замещению дизельной генерации промышленных потребителей, расположенных на удаленных участках и вне систем энергообеспечения Дальнего Востока, чрезвычайно высок.

Для России развитие возобновляемой энергетики связано с созданием инновационных технологий, ростом локального производства высокотехнологичного генерирующего и вспомогательного оборудования; выполнением международных обязательств по сокращению выбросов парниковых газов; модернизацией оборудования и энергогенерирующих установок топливно-энергетического комплекса; социально-экономическим развитием удаленных и изолированных регионов страны.

Исследованные глобальные тренды мировых энергетических рынков указывают на ярко выраженные предпосылки технологического, экономического и социального характера, способствующие развитию возобновляемой энергетики, как в мире, так и в России.

**2. Формирование экономического механизма использования возобновляемых энергетических ресурсов на предприятиях горнопромышленного комплекса следует осуществлять на основе создания системы углеродного**

**регулирующая, которая включает введение налога на CO<sub>2</sub> с использованием рынка «свободных сертификатов», а также обосновывает возможные эффекты участников системы регулирования выбросов CO<sub>2</sub>.**

Вектор энергоэффективного развития России определяется обязательным участием в международных конвенциях по снижению выбросов углекислого газа, при этом необходимо активно использовать различные углеродные инициативы, включая мероприятия по формированию национального углеродного рынка и созданию системы налогового регулирования выбросов CO<sub>2</sub>.

Углеродный рынок должен быть связан и легко интегрироваться в ресурсную, промышленную и инновационную политику, отвечать стратегическим интересам обеспечения энергетической и экономической безопасности страны.

Энергоэффективное развитие связано, в том числе, и с развитием энергосистем на базе возобновляемых энергоресурсов. Изменение в структуре топливно-энергетического баланса страны за счет увеличения доли использования возобновляемых ресурсов оказывает значительное влияние на повышение энергоэффективности, а также обеспечивает сокращение эмиссии вредных веществ в атмосферу.

Динамика развития определенных энергетических технологий в значительной мере зависит от уровня государственной поддержки, которая должна выражаться в инструментах, способствующих их продвижению. В ходе оценки мирового опыта государственной поддержки ВИЭ и имеющейся законодательной базы в России можно с уверенностью сказать, что государство должно быть готовым к непрерывному мониторингу энергетического рынка и оперативным, но рациональным действиям в сфере энергоэффективного развития. Эффективное развитие возобновляемой энергетики будет сдерживаться в случае неоперативных изменений в законодательстве, не отражающих происходящие процессы в мировом топливно-энергетическом комплексе.

Выбор наиболее эффективного механизма поддержки возобновляемой энергетики является актуальным для России в настоящее время.

Решение о поддержке ВИЭ фиксируется в основном документе развития энергетического сектора - «Энергетическая стратегия России на период до 2035 года». В частности, «Энергетическая стратегия-2035» формирует направления государственной политики в сфере использования и развития возобновляемой энергетики.

В стратегии отмечается, что применение возобновляемых энергетических ресурсов наиболее перспективно на удаленных и обособленных территориях, где отсутствует централизованная система энергообеспечения, а также в качестве резервирования систем электроснабжения особо важных потребителей.

Основными задачами развития возобновляемой энергетики являются:

1. внедрение в эксплуатацию новых генерирующих мощностей, работающих на базе возобновляемых энергоресурсов, при обеспечении экономической эффективности проектов по внедрению систем энергообеспечения на основе ВИЭ;

2. развитие научно-технической базы по разработке прогрессивных технологий в сфере применения ВИЭ, увеличение количества предприятий на территории РФ, занимающихся производством генерирующего и дополнительного оборудования для возобновляемой энергетики.

Для того чтобы решить все поставленные задачи по развитию возобновляемой энергетики, необходимо улучшить механизм стимулирования производства электроэнергии за счет генерирующих объектов на основе ВИЭ, стимулировать внедрение систем энергоснабжения от возобновляемых энергоресурсов в субъектах РФ, а также создать институциональные условия для привлечения инвестиций в этот сектор.

Согласно «Энергетической стратегии-2035» целевые показатели развития возобновляемой энергетики следующие: к 2024 г. установленная мощность возобновляемой энергетики должна составлять 5,8 ГВт, что соответствует около 4,5% от общей доли генерации.

Проанализировав развитие российской законодательной базы в области поддержки возобновляемой энергетики и опыт мировых стран, автором были предложены меры, которые могли бы ускорить процесс формирования и развития, как производства, так и рынка генерации возобновляемой энергетики.

К предлагаемым мерам государственной поддержки следует отнести:

1. Возможные формы льготного финансирования на приобретение оборудования ВИЭ:

- субсидирование кредитных ставок;
- предоставление заемного капитала по ставкам ниже рыночных;
- финансирование проектов через специальный фонд («Фонд развития возобновляемой энергетики»);

- сниженный или нулевой НДС для оборудования ВИЭ.

2. Развитие энергетической стратегии:

- определение и практическое использование целевого индикатора, регламентирующего снижение потребления дизельного топлива, используемого для производства электроэнергии;

- установка квот, определяющих минимальную долю ВИЭ в производстве электричества в наиболее перспективных регионах;

- отмена налога на имущество для оборудования и систем на основе ВИЭ.

Для интенсификации развития возобновляемой энергетики должны быть использованы механизмы по формированию углеродного рынка и, в частности, введение налогов на выбросы углекислого газа (CO<sub>2</sub>).

Основной антропогенной причиной признанного в мире факта глобального потепления являются выбросы парниковых газов, формирующиеся вследствие сжигания ископаемого топлива, в том числе и при генерации электроэнергии. Регулирование выбросов парниковых газов за последнее десятилетие стало важным аспектом не только международной климатической политики, но и внутренней экономической, энергетической и промышленно-технологической политики индустриально развитых стран мира, важным фактором внешнеэкономической политики и конкуренции, эффективным инструментом стимулирования инвестиций в модернизацию и инновации.

В мировой практике углеродное регулирование использует два наиболее значимых инструмента: налог на выбросы CO<sub>2</sub> и систему торговли выбросами (ETS).

По состоянию на конец 2017 года было реализовано или планируется реализация 46 инициатив в области углеродного регулирования в мире. Существует 23 системы торговли выбросами (ETS), и 23 системы налогообложения на выбросы углерода.

На основе анализа мирового опыта углеродного регулирования, посредством введения налога на CO<sub>2</sub>, выявлена преимущественно устойчивая тенденция роста доли установленной мощности возобновляемых источников энергии в энергетических балансах анализируемых стран. Усиление мер со стороны государства по сокращению выбросов парниковых газов (ПГ), стимулирует развитие производства и эксплуатацию электростанций на основе

возобновляемых энергетических ресурсов. Такая динамика наблюдается во многих развитых странах. Изменения, происходящие в мировой и отечественной экономике, существенно влияют на траекторию развития ВИЭ в энергетическом комплексе России.

В ходе анализа методов регулирования выбросов CO<sub>2</sub> в мире сделан вывод о том, что модель углеродного регулирования должна быть взаимосвязана с энергоэффективным, инновационно-ориентированным развитием энергетического сектора, включая необходимость увеличения доли использования ВИЭ в энергетическом балансе России.

После подписания Парижского соглашения, перед Россией стоит цель – снизить выбросы парниковых газов до 70% от базового уровня 1990 года. В ноябре 2016 г. правительство утвердило план реализации комплекса мер по развитию системы государственного регулирования выбросов парниковых газов и подготовки к ратификации Парижского соглашения. Ратификация соглашения намечена на 2019-2020 годы, что предопределяет необходимость формирования механизма углеродного регулирования.

На основании данных Министерства природных ресурсов и экологии РФ были рассчитаны показатели необходимого уровня сокращения выбросов парниковых газов в стране. Концептуальная модель возможных изменений в системе государственного регулирования по выбросам CO<sub>2</sub> в РФ представлена на рисунке 2.



Источник: построено автором

Рисунок 2 – Концептуальная модель изменений в системе государственного регулирования по выбросам CO<sub>2</sub> в РФ

Предлагаемая система ускоренного перехода предприятий к «низкоуглеродной» энергетике предусматривает введение единого налога на выбросы CO<sub>2</sub>, равного 15 долларов США за тонну CO<sub>2</sub> эквивалента для всех предприятий энергетического и промышленного секторов. При этом государство ежегодно должно устанавливать обязательный уровень снижения выбросов CO<sub>2</sub>. Для этого необходимо ввести строгую отчетность по выбросам CO<sub>2</sub> и других парниковых газов для всех предприятий. Установленная норма снижения показателей по выбросам распределяется на все источники эмиссии CO<sub>2</sub>, например, для соблюдения необходимого уровня, нужно сократить выбросы на 10%, следовательно, каждая компания должна в течение следующего отчетного периода принять меры по сокращению своих локальных выбросов на 10%, и если результат будет достигнут, компания освобождается от уплаты общего налога за выбросы CO<sub>2</sub>.

Для скорейшего достижения необходимого уровня снижения выбросов CO<sub>2</sub> государству необходимо дополнительно стимулировать компании, чтобы те, в свою очередь, предпринимали меры по повышению энергоэффективности производства, внедрению высокотехнологичных и экологически чистых технологий. Для этого необходимо создать рынок так называемых «свободных сертификатов». Под «свободными сертификатами» понимается следующее: компания получает от государства сертификаты за разницу от установленного обязательного уровня сокращения выбросов и произведенными компанией мер по сокращению собственных выбросов CO<sub>2</sub>. В дальнейшем компания может выставить на свободный аукцион свои свободные сертификаты, тем самым компенсируя часть своих затрат за счет других компаний, которые не предпринимали мер по сокращению выбросов CO<sub>2</sub>.

Ряд ограничений, связанных с реализацией «свободных сертификатов»:

- цена продажи сертификата не может превышать 75% от ставки налога на выбросы CO<sub>2</sub>;
- объем замещения «свободными сертификатами» обязательств перед государством по сокращению выбросов не должен превышать 75% от общего объема выбросов;
- ежегодная переоценка целевого показателя сокращений выбросов CO<sub>2</sub>;
- сам сертификат имеет не бумажный вид, а электронную

отметку в реестре контролирующего органа, благодаря чему, ведется электронный учет, и есть возможность оперативного изменения показателей, по результатам отчетности компаний.

Алгоритм предлагаемой системы представлен на рисунке 3.

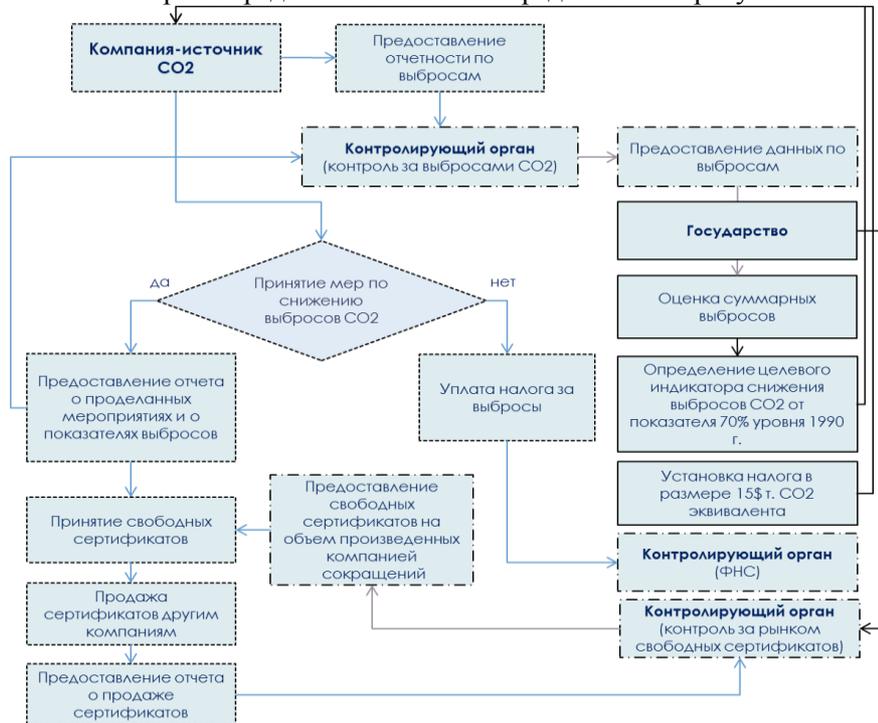


Рисунок 3 – Система государственного регулирования выбросов CO<sub>2</sub> посредством использования углеродных рыночных инициатив

Таким образом, «свободный сертификат» - это новый инструмент регулирования энергетического рынка в России. Его использование возможно для решения целей и задач, направленных на сокращение эмиссии парниковых газов, а также на развитие высокотехнологичных и энергоэффективных производств, включая использование энергосистем на основе возобновляемых источников энергии.

«Свободный сертификат» является инструментом статистического учета объемов сокращений выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу, служит индикатором достижения национальных целей в сфере

сокращений эмиссии парниковых газов, способствует развитию возобновляемой энергетики, а также повышению энергоэффективности промышленных производств и ресурсосбережения.

В таблице 2 представлены возможные эффекты предложенной системы углеродного регулирования для основных стейкхолдеров.

Таблица 2 – Возможные эффекты участников системы регулирования выбросов CO<sub>2</sub>

| Государство   | Компания, сократившая выбросы CO <sub>2</sub>  | Компания, не предпринявшая мер по сокращению  |
|---|--|---|
| 1) Стимулирование компаний в виде поощрения за перевыполнение плана по сокращению выбросов и предоставление «свободных сертификатов»<br>2) Выполнение обязательств перед мировым сообществом по сокращению выбросов и собственного национального плана<br>3) Увеличение дохода государства за счет налога за выбросы от компаний, не предпринявших мер, и направление этих средств на реализацию целевых программ по сокращению выбросов парниковых газов, в том числе поддержку ВИЭ<br>4) Увеличение дохода государства за счет налога на прибыль от продажи «свободных» сертификатов между компаниями | 1) Внедрение инновационных, высокотехнологичных и экологически чистых технологий<br>2) Выполнение обязательств по сокращению выбросов<br>3) Продажа свободных сертификатов другой компании или передача своей дочерней<br>4) Частичный возврат собственных затрат на проведение мер по сокращению выбросов<br>5) Статус «зеленой» компании, повышение социально-корпоративного имиджа компании | 1) Покупка свободных сертификатов, частичное закрытие (до 75%) обязательств перед государством по сокращению выбросов<br>2) Экономия издержек, связанных с углеродным налогом<br>3) Экономия на налоге на прибыль за счет приобретения «свободных» сертификатов<br>4) Вклад в развитие целевых программ по сокращению парниковых газов, за счет уплаты налога |

**3. Для выбора оптимальной системы энергообеспечения текущих и перспективных проектов в горнопромышленном комплексе, с применением возобновляемых энергетических ресурсов, целесообразно использовать разработанную технико-экономическую модель, учитывающую возможные сценарные прогнозы изменений институциональных условий реализации проектов, а также их технологических и экономических параметров.**

Актуальность создания автономных энергоисточников на базе ВИЭ обусловлена необходимостью оптимизации затрат при энергообеспечении объектов горнопромышленного комплекса, расположенных вне систем централизованного энергообеспечения, требованиями законодательства в части энергосбережения и повышения эффективности использования природных ресурсов и возможных налоговых ограничений на выбросы CO<sub>2</sub>.

При формировании технико-экономической модели оценки целесообразности использования ВЭР в горнопромышленном комплексе, учитывающей возможные технологические и институциональные изменения, были определены и описаны географические, технологические и экономические факторы, а также критерии и параметры оценки их влияния.

На первом этапе – «Возможность применения технологий энергообеспечения на основе ВИЭ в определенных географических условиях» – рассматривается географический фактор (Ф.1), описываемый двумя критериями: климатический (К.1.1) и территориальный (К.1.2). Каждый из критериев описывается рядом параметров (П.1.1.1-П.1.2.3), таких как: количество солнечной радиации, поступающей на поверхность; среднесуточная продолжительность световой активности; показатели ветровой активности; различные погодные и метеорологические условия; удаленность от других систем энергообеспечения; степень доступной площади; степень развитости инфраструктуры. Результирующим параметром этого фактора является показатель выходной мощности в конкретной точке расположения объекта. В рамках предлагаемой модели оценка параметров выходной мощности осуществляется на основе программного интернет-ресурса Renewables.ninja., который позволяет выполнить моделирование уровня выходной мощности от ветряных и солнечных электростанций, расположенных в любой точке мира. Достоверность обеспечивается благодаря данным из глобальной модели реанализа и спутниковых наблюдений (NASA MERRA reanalysis, CM-SAF's SARAH dataset).

На втором этапе (Целесообразность) рассматриваются технологический (Ф.2) и экономический (Ф.3) факторы. Технологический фактор описывается критерием «Необходимые условия по проекту» (К. 2.1.), включающим в себя 4 параметра (П. 2.1.1-П. 2.1.3), но при этом существуют еще 2 критерия влияния на принятие решения (прогнозные изменения) – К. 2.2-К 2.3, описанные рядом параметров. При рассмотрении экономического фактора

критериями принятия решения являются CAPEX и OPEX (К 3.1-К 3.2), то есть, производится расчет показателей по капитальным и эксплуатационным затратам. Критерий К.3.3 описывается показателями экономической эффективности инвестиций (ЧДД, ИД, срок окупаемости). На основе этих показателей будет выполняться сравнительный анализ экономической эффективности энергообеспечения на основе ВИЭ и традиционных источников.

Для расчета ЧДД по базовому проекту внедрения оборудования на основе ВИЭ использована следующая формула (1):

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \frac{(\text{Э}_{\text{эз}} - \text{З}_{\text{э}} + \text{Н}_{\text{и}}) - \text{Н}_{\text{пр}} + \text{А} - \text{К} + \text{Л}}{(1+r)^t} \quad (1)$$

где  $\text{Э}_{\text{эз}}$  – экономия затрат на эксплуатацию старого оборудования,  $\text{З}_{\text{э}}$  – эксплуатационные затраты нового оборудования,  $\text{Н}_{\text{и}}$  – налоговая экономия по налогу на имущество ( $t=1-3$ ),  $\text{Н}_{\text{пр}}$  – увеличение налога на прибыль,  $\text{А}$  – амортизационные отчисления,  $\text{К}$  – капитальные затраты,  $\text{Л}$  – ликвидационная стоимость продаваемого оборудования,  $r$  – ставка дисконтирования,  $t$  – год реализации проекта.

Следующим этапом модели является рассмотрение блоков условий 1 и 2, в которых учитываются прогнозные изменения в институциональной среде, т.е. возможные варианты государственных ограничений, связанных с выбросами  $\text{CO}_2$ , а также технико-экономических показателей оборудования для генерации энергии на основе ВИЭ, предполагающих снижение стоимости оборудования и, как следствие, инвестиционных затрат на единицу установленной мощности.

В модели была использована предложенная система ускоренного перехода предприятий к «низкоуглеродной» энергетике, с применением ставки налога в 15 долларов США/ т  $\text{CO}_2$  эквивалента, формированием целевого показателя сокращения выбросов на 10% и предоставлением «свободных сертификатов». Расчет показателя ЧДД осуществляется следующим образом (2):

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \frac{(\text{Э}_{\text{эз}} - \text{З}_{\text{э}} + \text{Н}_{\text{и}} + \text{Н}_{\text{CO}_2} + \text{С}_{\text{зс}}) - \text{Н}_{\text{пр}} + \text{А} - \text{К} + \text{Л}}{(1+r)^t} \quad (2)$$

где  $\text{Н}_{\text{CO}_2}$  – экономия от налога на  $\text{CO}_2$ ;  $\text{С}_{\text{зс}}$  – стоимость зеленых сертификатов.

При оценке с учетом Блока 2 – изменения технико-экономических показателей оборудования – происходят изменения

значений капитальных затрат, и здесь используется показатель  $K_{np} t$  – стоимость капитальных затрат с учетом прогноза изменения стоимости в будущем.

На третьем этапе осуществляется переоценка экономической эффективности проекта с учетом изменений прогнозных факторов и выполняется сравнительный анализ результатов, по итогам которого происходит выбор итогового варианта и принятие решения о целесообразности использования систем энергообеспечения на базе возобновляемых энергоресурсов.

В работе представлены 4 варианта сценариев, на основании которых выполнялись расчеты:

1. базовый вариант: предполагает внедрение новой солнечной установки в текущем году;

2. базовый вариант + налог на CO<sub>2</sub> (Блок условий 1): предполагает внедрение новой солнечной установки в текущем году и введение системы углеродного регулирования в с 2020 года;

3. базовый вариант + прогноз на 2022 г. (Блок условий 2): предполагает внедрение новой солнечной установки в 2022 году;

4. прогноз на 2022 г. + налог на CO<sub>2</sub> (Блок условий 1 и 2): предполагает внедрение новой солнечной установки в 2022 году и введение системы углеродного регулирования в с 2020 года.

Апробация модели осуществлялась на базе проекта золоторудного месторождения «Светлое» АО «Полиметалл», расположенного в Охотском районе Хабаровского края в 240 км к юго-западу от районного центра поселок Охотск.

Установленная мощность основных дизельных электростанций на месторождении составляет 4700 кВт (резервные 700 кВт). По плану на 2018 год выработка электроэнергии составит около 11900 тыс. кВт-ч. Общие затраты составляют 226572 тыс. рублей, удельные 19.0 руб./кВт-ч. При этом затраты на дизельное топливо составляют 71 % от суммарных затрат на выработку электроэнергии.

Блок-схема технико-экономической модели представлена на рисунке 4.

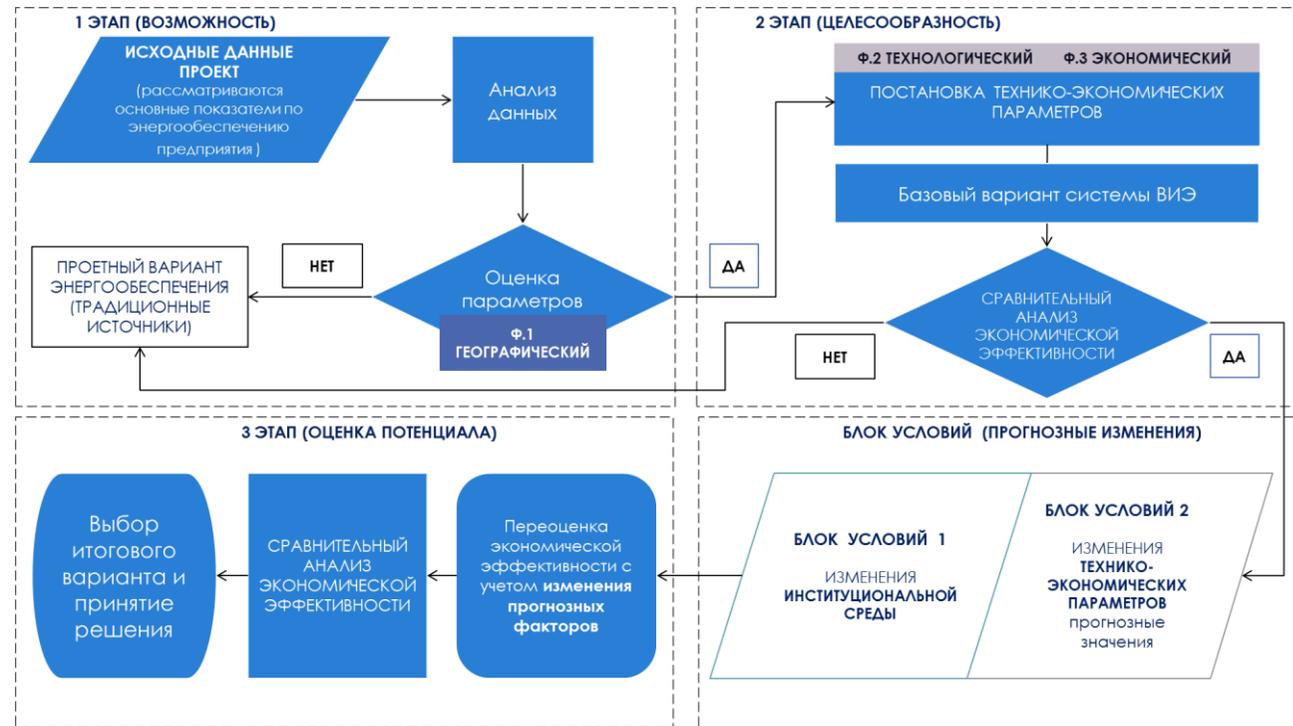


Рисунок 4 – Схема технико-экономической модели оценки целесообразности использования ВЭР в горнопромышленном комплексе на основе сценарного подхода

В работе оценивался проект по замещению дизельных электростанций (ДЭС) на систему солнечной электростанции установленной мощностью 1000 кВт. Основные показатели представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные показатели проекта замещения ДЭС и установки солнечной электростанции установленной мощностью 1000 кВт, с учетом применения разработанной модели

| Показатель  | Базовый сценарий | Блок условий 2 |                              |  |
|---|------------------|----------------|------------------------------|--|
|   |                  | Блок условий 1 | Базовый + прогноз на 2022 г. | Прогноз на 2022 г. + Налог CO <sub>2</sub> |
| Мощность установки, кВт                           | 1000             | 1000           | 1000                         | 1000                                       |
| КИУМ, %   | 15,40%           | 15,40%         | 15,40%                       | 15,40%                                     |
| Выработка в год, тыс. кВт-ч                       | 1330,56          | 1330,56        | 1330,56                      | 1330,56                                    |
| Замещение ДЭС, %                                  | 11,16%           | 11,16%         | 11,16%                       | 11,16%                                     |
| Снижение потребления дизельного топлива, т        | 471,32           | 471,32         | 471,32                       | 471,32                                     |
| Сокращение выбросов CO <sub>2</sub> , т           | 1023,70          | 1023,70        | 1023,70                      | 1023,70                                    |
| Экономия затрат на дизельном топливе, тыс. руб.   | 18852,7          | 18852,7        | 18852,7                      | 18852,7                                    |
| Сокращение удельных затрат, %                     | -9,45%           | -13,18%        | -9,45%                       | -13,18%                                    |
| Ставка налога на CO <sub>2</sub> , \$/т           | -                | 15             | -                            | 15   |
| Обязательное сокращение CO <sub>2</sub>           | -                | 10%            | -                            | 10%  |
| Экономия от налога на CO <sub>2</sub> , тыс. руб. | -                | 7876,3         | -                            | 7876,3                                     |
| Выполнение требования по сокращениям, %           | -                | 111,63         | -                            | 111,63                                     |
| Сумма капитальных затрат, тыс. руб.               | 198318,10        | 198318,10      | 141739,11                    | 141739,11                                  |
| Сумма эксплуатационных затрат, тыс. руб.          | 17370,83         | 17370,83       | 11580,56                     | 11580,56                                   |
| ЧДД, тыс. руб.                                    | 3484,07          | 49193,81       | 25229,03                     | 59287,62                                   |
| ИД  | 1,02             | 1,25           | 1,36                         | 1,84                                       |
| Срок окупаемости дисконтированный, лет            | 11,34            | 7,53           | 5,65                         | 4,15                                       |
| ВНД, %  | 12,08%           | 18,88%         | 26,71%                       | 36,35%                                     |
| Ставка дисконтирования, %                         | 11,5%            | 11,5%          | 11,5%                        | 11,5%                                      |

Для расчета устойчивости показателей эффективности проекта выполнен анализ чувствительности, по результатам которого определены основные параметры и их критические значения, определяющие технико-экономическую целесообразность

использования ВИЭ для безопасного и энергоэффективного обеспечения электроэнергией удаленных промышленных объектов.

При создании эффективной системы экологического мониторинга и единой информационной базы по объемам выбросов CO<sub>2</sub> по каждому источнику загрязнения можно оценивать потенциал замещения традиционной генерации электроэнергии на генерацию с помощью ВИЭ. При этом оценивается показатель необходимых инвестиционных затрат, объем сокращения выбросов ПГ, экономия энергоресурсов, тем самым можно спрогнозировать тренды долгосрочного развития региона, с определением экономических, экологических, налоговых и социальных изменений.

Предлагаемая модель позволяет производить региональную оценку потенциала замещения дизельных электростанций. При широкомасштабном внедрении ВИЭ на территории Дальнего Востока можно обеспечить сбалансированное энергообеспечение с использованием как традиционных энергоресурсов, так и возобновляемых. При этом если обеспечить 15-20 % возобновляемой энергетике в общем объеме энергопотребления, можно достичь заметных результатов по сокращению выбросов парниковых газов, а предприятия горнопромышленного комплекса значительно уменьшат затраты на электроэнергию.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе исследования были получены следующие научные и практические результаты:

1. Проведен анализ технологических, экономических и институциональных факторов развития возобновляемой энергетики в мире, а также выполнена оценка потенциала использования возобновляемых энергетических ресурсов на территории РФ.

2. Систематизированы факторы, условия и предпосылки, обосновывающие возможность и экономическую целесообразность применения возобновляемых энергетических ресурсов в регионах России, обладающих высоким потенциалом внедрения и развития альтернативной энергетики и большим количеством предприятий горнопромышленного комплекса.

3. Предложен рыночный механизм регулирования углеродного рынка, обосновывающий варианты налоговых сборов за выбросы парниковых газов в атмосферу, и разработан алгоритм ускоренного

перехода предприятий горнопромышленного комплекса к низкоуглеродной энергетике, стимулирующий, в том числе, внедрение систем энергообеспечения с использованием возобновляемых энергетических ресурсов

4. Разработана технико-экономическая модель оценки целесообразности использования возобновляемых энергетических ресурсов в горнопромышленном комплексе на основе сценарного подхода, предполагающего введение налога на углекислый газ, и изменений прогнозных параметров величины капитальных и эксплуатационных затрат при внедрении систем альтернативной энергетики.

5. Проанализирован мировой опыт углеродного регулирования, включая аспекты формирования углеродных рынков посредством введения налога на CO<sub>2</sub>. По результатам проведенного анализа выявлена устойчивая тенденция роста доли установленной мощности возобновляемых источников энергии в энергетических балансах анализируемых стран.

6. Предложен комплекс технико-экономических показателей и их критические значения, специфичных для реализации проектов по энергообеспечению удаленных предприятий горнопромышленного комплекса с использованием возобновляемых источников энергии.

#### **ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Стройков Г.А. Использование возобновляемых источников энергии на горных предприятиях // Экономика и предпринимательство. № 11-2 (76-2). – 2016. – с. 1046-1048.

2. Стройков Г.А. Экономический потенциал развития возобновляемой энергетики и ее роль в горной промышленности // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. № (104) 10. – 2017. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uecs.ru/uecs-104-1042017/item/4563-2017-10-04-08-07-21>.

3. Стройков Г.А. Методика оценки целесообразности применения ВИЭ с учетом прогноза развития углеродных налогов в России // Российский экономический интернет-журнал. № 05. – 2018. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://http://www.e-rej.ru/Articles/2018/Stroykov.pdf>.

4. Стройков Г.А. Регулирование выбросов CO<sub>2</sub> и направления развития российской промышленности // Научный

форум: Экономика и менеджмент: сб. ст. по материалам VII междунар. науч.-практ. конф. — № 5(7). — М., Изд. «МЦНО», 2017. — с. 71- 77.

5. Стройков Г.А. О растущей роли возобновляемых источников энергии в общемировом энергетическом балансе и перспективы развития их использования для предприятий горной промышленности на Дальнем Востоке РФ / Г.А. Стройков // Глобальная энергетика: партнерство и устойчивое развитие стран и технологий: сборник научно-практической конференции в рамках Форума проектов программ Союзного государства – VI Форума вузов инженерно-технологического профиля, 24–28 октября 2017 г. – Минск: БНТУ, 2018. – с. 52-56.

6. Стройков Г.А. О возможных вариантах государственного регулирования выбросов парниковых газов в РФ // Сборник материалов Международной научно-практической конференции: «Инновационная экономика и менеджмент: теория, методология и концепции модернизации». 31 мая 2018 г. – Москва: Центр научного развития «Большая книга», 2018. – с.198-203.

7. Стройков Г.А. Возобновляемые источники энергии в горной промышленности («Renewable Energy in the Mining Industry») // Сборник материалов 56-ой научной конференции студентов и молодых ученых. 10 декабря 2015 г. – г. Краков: Краковская горно-металлургическая академия (AGH), 2015. – с. 42.