

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение
высшего образования
«Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»

На правах рукописи

Мокрышев Иван Сергеевич

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ПРОЕКТАХ
РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

5.2.3. Региональная и отраслевая экономика:
региональная экономика

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель

Федотова Марина Алексеевна,
доктор экономических наук, профессор

Москва – 2025

Диссертация представлена к публичному рассмотрению и защите в порядке, установленном ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» в соответствии с предоставленным правом самостоятельно присуждать ученые степени кандидата наук, ученые степени доктора наук согласно положениям пункта 3.1 статьи 4 Федерального закона от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике».

Публичное рассмотрение и защита диссертации состоится 5 июня 2025 г. в 15:00 часов на заседании диссертационного совета Финансового университета Д 505.001.110 по адресу: Москва, Ленинградский проспект, д. 51, корп. 1, аудитория 1001.

С диссертацией можно ознакомиться в диссертационном зале Библиотечно-информационного комплекса ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» по адресу: 125167, Москва, Ленинградский проспект, д. 49/2, комн. 100 и на официальном сайте Финансового университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу: www.fa.ru.

Персональный состав диссертационного совета:

председатель – Фаттахов Р.В., д.э.н., профессор;
заместитель председателя – Пинская М.Р., д.э.н., доцент;
ученый секретарь – Попадюк Н.К., д.э.н., доцент;

члены диссертационного совета:

Богачев С.В., д.э.н., профессор;
Бурак П.И., д.э.н., профессор;
Костыгова Л.А., д.э.н., доцент;
Липина С.А., д.э.н.;
Макар С.В., д.э.н., доцент;
Рождественская И.А., д.э.н., профессор;
Смыслова О.Ю., д.э.н., доцент.

Автореферат диссертации разослан 7 апреля 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
Финансового университета Д 505.001.110

Н.К. Попадюк

I Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования связана с тем, что в современном мире для генерации электроэнергии используются, в основном, традиционные ископаемые углеводороды, а альтернативой им являются способы генерации, подверженные высоким техногенным и природным рискам. Последствия от реализации таких рисков приводят к значительным потерям, не сопоставимым с экономической пользой. Такими последствиями могут быть техногенные катастрофы, загрязнение почвы и рек, а также другое негативное воздействие на окружающую среду.

Мировая экологическая повестка и мировой энергетический кризис, растущая цена на ограниченные природные ресурсы, развитие общества с соответствующим ростом потребления электроэнергии привели к тому, что человечество вынуждено признавать ценность наиболее экологически чистых видов генерации электроэнергии, и не только за их «чистоту». Все развитые страны приняли необходимые решения и зафиксировали на законодательном уровне глобальный энергопереход на возобновляемые или экологически чистые источники энергии. Так, и в Российской Федерации принята «Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года», которая предусматривает развитие нашей страны в совершенно новом направлении, с учетом экологической повестки. Смена ценностей в парадигме экономического и энергетического развития, со все большим фокусом на устойчивое развитие, требует трансформации на всех этапах жизненного цикла и развития как технологий производства, так и всей промышленности. Не менее важным вопросом за последние годы также стал энергетический суверенитет, как целой страны, так и отдельного региона. Именно техническая независимость электроэнергетических систем стоит как одна из задач развития энергетики нашей страны, согласно «Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года».

На долю энергетики приходится 73% всех выбросов, загрязняющих атмосферу нашей планеты, а на долю непосредственного производства электроэнергии приходится 55%. Приведенная статистика показывает, что говорить об экологической повестке и сокращении загрязняющих атмосферу выбросов без того, чтобы принимать во внимание экологически чистые источники энергии, просто невозможно.

Помимо этого, не менее важным вопросом является растущее потребление энергии во всех направлениях экономики и жизни человека, которая на данный момент, в

основном, обеспечивается исключительно централизованными системами. Такая ситуация ставит не только потребителей, но и целые регионы, в положение зависимости от поставщиков энергии.

На протяженности всей Российской Федерации каждый регион имеет свои уникальные особенности в вопросе климатических и погодных условий, экономического и промышленного развития, работе электроэнергетического рынка и сетевой инфраструктуры, как и других пространственных инфраструктурных систем. Реформирование доставшейся по наследству советской структуры требует определения новых подходов к пространственной организации не только экономики, но и электроэнергетики в особенности.

Степень разработанности темы исследования. Научные аспекты оценки экономической эффективности генерации электроэнергии с использованием возобновляемых источников энергии, а также экономической эффективности проектов распределенной генерации сформулированы в результате анализа и синтеза работ российских и зарубежных ученых.

Теоретические основы распределенной генерации рассматриваются в работах Н.И. Воропай, К.С. Дегтярева, С.С. Жолнерчик, О.В. Климовец, У.И. Плоткиной, О. Селляховой, В.А. Стенникова, А.В. Трачука. Среди зарубежных авторов можно выделить Т. Аккерманна (T. Ackermann), Г. Андерсона (G. Andersson), Ф.Х. Гуана (F.H. Guan), М.М. Хогшвика (M.M. Hoogwijk).

Вопросы оценки возобновляемых источников энергии, их экономической, технологической и экологической особенностей в границах Российской Федерации, рассматриваются в работах И.А. Башмакова, О.В. Кудрявцевой, О.И. Маликовой, С.М. Никонорова, В.А. Зубакина.

Основы теоретического представления о региональной экономике и пространственной организации и их модели приведены в работах М. Фудзиты (M. Fujita), П. Кругмана (P. Krugman), Э. Венейблса (A. Venables), Й.Х. фон Тюнена (Johann Heinrich von Thünen), П.А. Минакира, А.Г. Гранберга, Р.В. Фаттахова, Н.К. Попадюка, И.А. Рождественской, А.Н. Демьяненко, З.А. Атаева, А.И. Татаркина.

Анализ степени разработанности темы, касающийся развития возобновляемых источников энергии и новых альтернативных видов генерации в Российской Федерации, а также оценки пространственной организации направления развития с точки зрения экономической, экологической и географической эффективности такого рода проектов, с учетом особенностей российского рынка, недостаточно исследованы. Основной

причиной сложившейся ситуации является то, что возобновляемая энергетика в Российской Федерации не является приоритетным направлением развития российского энергетического сектора. Большая часть проектов возобновляемой энергетики реализуются лишь с помощью государственных субсидий, а коммерческая возобновляемая электроэнергетика не получила большого развития на данный момент. В свою очередь, международные подходы к оценке экономической, социальной, экологической и технологической применимости проектов возобновляемой энергетики, в связи с уникальностью управляемо-рыночной структуры российской энергетики, не учитывают все возможные преимущества и недостатки такого рода генерации в Российской Федерации.

Цель исследования заключается в разработке комплексного подхода к оценке пространственной организации распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии в регионах Российской Федерации, учитывающем не только капитальные затраты и общую альтернативную стоимость, но и показатели почасового замещения электроэнергии с учетом технико-экономических характеристик использованного энергоресурса, и разработке на его основе методических и практических рекомендаций по оценке экономической эффективности.

Для достижения указанной цели поставлены и решены следующие **задачи**:

- 1) определить особенности и системные принципы пространственной организации возобновляемых источников энергии на основе технико-экономических характеристик рынка российской энергетики;
- 2) разработать классификацию российских регионов по потенциалу использования распределенной генерации на основе возобновляемых источников энергии;
- 3) разработать методический подход к технико-экономической оценке потенциала пространственной организации регионов для использования распределенной генерации на основе возобновляемых источников энергии на примере солнечной энергетики;
- 4) разработать методические рекомендации по комплексной оценке экономической эффективности проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии в соответствии с особенностями работы энергетического рынка Российской Федерации.

Объект исследования — пространственная организация использования возобновляемых источников энергии в регионах Российской Федерации.

Предмет исследования – организационно-экономические отношения, возникающие в процессе использования возобновляемых источников энергии в проектах распределенной генерации в регионах Российской Федерации.

Область исследования диссертации соответствует п. 1.2. «Пространственная организация национальной экономики. Пространственное распределение экономических ресурсов» Паспорта научной специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика: региональная экономика (экономические науки).

Научная новизна исследования состоит в разработанных научно-методических положениях о принципах и классификации пространственной организации распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии, разработанных методических рекомендациях и комплексном подходе по оценке потенциала и экономической эффективности пространственной организации использования распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии.

Теоретическая значимость работы состоит в расширении и углублении научных положений о пространственной организации распределенной генерации, современном состоянии рынка электроэнергетики и особенностях возобновляемой энергетики в рамках российской электроэнергетики. Результаты исследования составляют теоретическую основу для развития оценки потенциала пространственной организации проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии в регионах Российской Федерации и оценки экономической эффективности проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии.

Практическая значимость работы заключается в разработке методических рекомендаций по оценке экономической эффективности проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии для использования в перспективе государственными органами, финансовыми директорами и инвесторами с целью развития осуществляемой ими инвестиционной деятельности.

Самостоятельную практическую значимость имеют:

- методика технико-экономического обоснования потенциала пространственной организации регионов для проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии;
- методические рекомендации оценки экономической эффективности проектов распределенной генерации.

Методология и методы исследования. Методологическими и теоретическими основами диссертации послужили работы отечественных и зарубежных ученых в области региональной экономики, специализирующихся на пространственной организации электроэнергетики.

В работе использованы такие методы исследования, как системный анализ, сравнительный анализ, метод анализа и синтеза, метод группировки и классификации, статистический анализ и математические средства представления информации, а также получены экспертные оценки текущего состояния объекта исследования. Применены методы экономического анализа регионов Российской Федерации, статистического отраслевого анализа рынка электроэнергетики, оценки потенциалов возобновляемой энергетики (технического, экономического и экологического), проводились полевые исследования и экспертные оценки. Проведены эконометрические расчеты с помощью специального программного обеспечения PVSyst, выведен ряд ключевых количественных экономико-технологических показателей регионов страны и энергосистем, проведена классификация и ранжирование субъектов Российской Федерации, входящих в состав Единой Энергетической Системы. В работе применялся метод анализа конкретных ситуаций («case study») для исследования применимости международной методики оценки экономической эффективности и проверки апробации методики оценки экономической эффективности проектов распределенной генерации, с использованием возобновляемых источников энергии, с учетом особенностей ценообразования российского рынка электроэнергетики.

Информационной базой исследования выступили нормативные документы Российской Федерации и международные соглашения, а также отчеты и аналитические материалы Организации экономического сотрудничества и развития, Организации объединенных наций, Международного Энергетического Агентства, Ассоциации развития возобновляемой энергетики, информационного агентства Lazard, информационного агентства Bloomberg, Министерства энергетики Российской Федерации и многие другие отечественные и зарубежные официальные источники статистических данных. Кроме того, использовалась информация СМИ, экспертные оценки и собственные полевые наблюдения и измерения. Также информационную базу исследования составили статистические отчеты Системного оператора Единой Энергетической Системы, Ассоциации «НП Совет рынка» и АО «АТС». Апробация методов оценки потенциала пространственной организации использования возобновляемых источников энергии в проектах распределенной генерации произведена

на примере данных 276 вариантов подключения потребителей в 69 регионах Российской Федерации, входящих в ценовые зоны Единой Энергетической Системы до 1 января 2025 года по показателям установленных тарифов за 2024 год.

Положения, выносимые на защиту:

1) теоретически обоснованы системные принципы пространственной организации проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии (выработка электроэнергии в конкретный час, покрытие графика пиковой нагрузки, замещение сетевой составляющей) на основании экономической целесообразности размещения в конкретном регионе, особенностей работы возобновляемых источников энергии в российской электроэнергетике и энергетического баланса региона, совместно с графиком потребления электроэнергии в нем, для более эффективного достижения целей энергетической стратегии Российской Федерации, в отличие от текущего развития возобновляемой энергетики на основании государственных договоров долгосрочной поставки электроэнергии без учета потребностей и особенностей регионов размещения генерации. Данные принципы позволяют осуществлять пространственную организацию такого рода проектов с учетом экономической эффективности не только для производителей электроэнергии, но и для энергосистемы в целом, а также ее потребителей (С. 86-90);

2) разработана классификация регионов по высокому, среднему и низкому потенциалу использования распределенной генерации с помощью возобновляемых источников энергии на основе технических возможностей такого рода генерации и отношения производимой электроэнергии к замещаемой из сети согласно графику потребления в регионе, в отличие от используемой классификации по техническим характеристикам используемых энергоресурсов. Данная классификация позволяет идентифицировать регионы перспективного развития пространственной организации распределенной генерации с помощью возобновляемых источников энергии (С. 105-108);

3) разработан и апробирован авторский методический подход к технико-экономической оценке потенциала пространственной организации регионов для проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии, основанный на показателях выработки такого рода генерации и замещаемой электроэнергии из сети в каждый час работы, в отличие от существующего подхода с оценкой исключительно по показателю объема вырабатываемой электроэнергии. Такой подход позволит повысить объективность оценки потенциала реализации проекта распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии для

замещения сетевого электроснабжения, а также целесообразность в таком виде генерации для каждого региона (С. 108-122);

4) разработаны методические рекомендации по комплексной оценке экономической эффективности проектов распределенной генерации на основе возобновляемых источников энергии, основанные на конкретном графике выработки электроэнергии при влиянии на все составляющие тарифа на электроэнергию на территории Российской Федерации, такие как плата за мощность, плата за содержание сетей, стоимость услуг по передаче и стоимости электроэнергии на оптовом рынке электроэнергии и мощности в каждый конкретный час потребления и другие. Данные методические рекомендации, в отличие от международного подхода к оценке экономической эффективности проектов генерации, основанного на показателях капитальных затрат и стоимости вырабатываемой электроэнергии, позволяют более комплексно и эффективно определить пути развития пространственной организации проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии и получить точные данные об экономической эффективности реализуемых проектов с учетом всех особенностей работы российской электроэнергетики (С. 151-158).

Степень достоверности, апробация и внедрение результатов исследования.

Достоверность полученных результатов и выдвинутых положений подтверждается корректностью использования существующих нормативно-правовых актов Российской Федерации, теоретических положений пространственной организации электроэнергетики, а также актуальных методов исследования.

Основные результаты исследования опубликованы, апробированы в установленном порядке, обсуждались и получили одобрение на научных конференциях различного уровня: на 7-й Международной научно-практической конференции «Технологическая перспектива: новые рынки и точки экономического роста» (Санкт-Петербург, СПбГУ, 11-12 ноября 2021 г.); на Седьмой ежегодной научной конференции консорциума журналов экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова, 25 октября 2023 г.).

Получено свидетельство Федеральной службы по интеллектуальной собственности № 2024614954 от 29.02.2024 (заявка № 2024610514 от 16.01.2024) на программу для ЭВМ «Программа управления солнечной электростанцией с использованием искусственного интеллекта», правообладатель ООО «Солерджи Шеринг», авторы: Мокрышев И.С. и Бордаковский А.Р.

Материалы диссертации используются в практической деятельности по реализации проектов солнечной генерации ООО «ЭкоЭнерджи», в частности используется разработанная в диссертации методика технико-экономической оценки потенциала пространственной организации регионов для проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии. По материалам исследования внедрены разработанные в диссертации научно-практические рекомендации оценки экономической эффективности проектов распределенной генерации на основе возобновляемых источников энергии, что позволило существенно увеличить экономическую привлекательность реализуемых проектов и увеличить зоны присутствия компании. Используется описанная в исследовании методика оценки экономической эффективности проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии. Выводы и основные положения диссертации используются в практической работе ООО «ЭкоЭнерджи» и способствуют увеличению финансовых показателей компании.

Материалы диссертации используются Кафедрой отраслевых рынков Факультета экономики и бизнеса Финансового университета в преподавании учебной дисциплины «Формирование инвестиционных программ и проектов». В частности, применены уточненный подход к сущности проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии с учетом особенностей работы российского топливно-энергетического комплекса, а также предложенный методический подход к оценке экономической эффективности проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии на российском рынке электроэнергетики. Направления подготовки бакалавриата 38.03.01 – «Экономика», программа – «Экономика и финансы топливно-энергетического комплекса».

Апробация и внедрение результатов исследования подтверждены соответствующими документами.

Публикации. Основные положения исследования отражены в 8 публикациях общим объемом 6,91 п.л. (авторский объем – 6,22 п.л.), в том числе 6 статей общим объемом 4,68 п.л. (авторский объем – 4,43 п.л.), опубликованы в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК при Минобрнауки России, из которых 5 статей опубликованы в изданиях, отнесенных к категории К2. Все публикации по теме диссертации.

Структура и объем диссертации определяется по цели и поставленным задачам. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, включающего 121 наименование, списка

иллюстративного материала, а также 10 приложений. Общий объем диссертационной работы составляет 221 страницу и включает 10 рисунков, 16 таблиц и 19 формул.

II Основное содержание работы

В соответствии с целью и задачами исследования реализованы следующие научные результаты:

1) теоретически обоснованы системные принципы пространственной организации проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии (выработка электроэнергии в конкретный час, покрытие графика пиковой нагрузки, замещение сетевой составляющей) на основании экономической целесообразности размещения в конкретном регионе, особенностей работы возобновляемых источников энергии в российской электроэнергетике и энергетического баланса региона, совместно с графиком потребления электроэнергии в нем, для более эффективного достижения целей энергетической стратегии Российской Федерации, в отличие от текущего развития возобновляемой энергетики на основании государственных договоров долгосрочной поставки электроэнергии без учета потребностей и особенностей регионов размещения генерации. Данные принципы позволяют осуществлять пространственную организацию такого рода проектов с учетом экономической эффективности не только для производителей электроэнергии, но и для энергосистемы в целом, а также ее потребителей.

Можно выделить основные принципы пространственной организации генерирующих объектов электроэнергетического комплекса с использованием возобновляемых источников энергии для достижения наибольшего эффекта для потребителя электроэнергии:

- Выработка электроэнергии. Наиболее значимым принципом размещения объектов генерации в настоящий момент является выработка электроэнергии. Касательно возобновляемых источников энергии на данный показатель больше всего влияют природные явления на конкретной территории. Безусловно, данный показатель все также остается одним из ключевых для определения целесообразности использования вида генерации, но не является единственным. В рамках экономического выражения, данный критерий покажет сколько конкретно электроэнергии может быть замещено с помощью выбранного вида генерации, а это является основополагающим моментом для всех

остальных частей тарифа на электроэнергию. Сам показатель оценивается по биржевому курсу в каждый час выработки. Таким образом, для определения наиболее рационального использования показателя выработки электроэнергии, имеет значение не только его суммарная выработка, но и график выработки внутри дня, а также значение стоимости данной электроэнергии на бирже.

- Покрытие графика пиковой нагрузки. Помимо выработки электроэнергии согласно биржевым показателям стоимости электроэнергии, со стороны потребителя и всей энергетической системы расположение объектов генерации с использованием возобновляемых источников энергии должно исходить из потребности графика пикового потребления энергетического баланса региона, а не страны в целом.

- Стоимость сетевой составляющей. Значительная доля стоимости электроэнергии для потребителя приходится не на саму электроэнергию и мощность, но значительная часть ее относится к сетевой составляющей электроэнергетики. Данный показатель стоимости услуг по передаче или ставки за содержание сетей не учитывает факт расстояния для передачи электроэнергии и рассчитывается лишь на основании общего потребления электроэнергии. Таким образом, проблема логистической инфраструктуры и учета стоимости передачи такого товара как электроэнергия до потребителя является вопросом для учета самого потребителя или энергосистемы в целом;

2) разработана классификация регионов по высокому, среднему и низкому потенциалу использования распределенной генерации с помощью возобновляемых источников энергии на основе технических возможностей такого рода генерации и отношения производимой электроэнергии к замещаемой из сети согласно графику потребления в регионе, в отличие от используемой классификации по техническим характеристикам используемых энергоресурсов. Данная классификация позволяет идентифицировать регионы перспективного развития пространственной организации распределенной генерации с помощью возобновляемых источников энергии.

С учетом сложности и многофакторности электроэнергетического рынка Российской Федерации относительно потребителя в виде уровней напряжения, ценовых категорий и принадлежности потребителя к ценовым зонам Единой Энергетической Системы, охарактеризовать регионы можно как имеющие высокий, средний и низкий потенциал. Также, в силу того, что каждый из видов возобновляемых источников энергии имеет свою стохастическую выработку в каждом регионе, не похожую друг на друга, то и классификация будет строиться относительно каждого вида генерации отдельно. Более

того, следует принимать во внимание, что ценовые категории на потенциал использования распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии почти не играет роли, так как все основные принципы касаются общих частей оплаты электроэнергии и мощности.

Высоким потенциалом можно считать регион, где выбранный вид генерации электроэнергии имеет положительный эффект от замещения электроэнергии по всем трем принципам экономии для потребителя. Таким образом, солнечная генерации в регионах с высокой выработкой, высокой сетевой составляющей и высокой долей попадания выработки в пиковые часы потребления на всех уровнях напряжения будет иметь высокий потенциал.

Средний потенциал региона использования распределенной генерации с помощью возобновляемых источников энергии назначается в случае, если не на всех уровнях напряжения сетевая составляющая будет давать значительную экономию за счет замещения электроэнергии из сети. Другой причиной достижения среднего показателя может быть отсутствие попадания выработки электроэнергии в пиковый час потребления, что приведет к значительным затратам на оплату мощности в рамках потребления из сети. Однако, такая ситуация может быть компенсирована другими двумя показателями. Аналогичным образом и низкая выработка может быть компенсирована значительной экономией за счет других частей тарифа на электроэнергию. Таким образом, если на большей части уровней напряжения потребителей в регионе, но не при всех уровнях напряжения, такого рода генерация будет иметь высокие показатели, то можно говорить о среднем потенциале использования распределенной генерации с помощью возобновляемых источников энергии.

Низкий потенциал будут иметь регионы, где данный вид возобновляемых источников энергии не дает существенной экономии и относительно большинства уровней напряжения не сможет реализовать значительную экономию по причине низкой выработки электроэнергии или отсутствия попадания вырабатываемой электроэнергии в пиковый час;

3) разработан и апробирован авторский методический подход к технико-экономической оценке потенциала пространственной организации регионов для проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии, основанный на показателях выработки такого рода генерации и замещаемой электроэнергии из сети в каждый час работы, в отличие от существующего подхода с оценкой исключительно по показателю

объема вырабатываемой электроэнергии. Такой подход позволит повысить объективность оценки потенциала реализации проекта распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии для замещения сетевого электроснабжения, а также целесообразность в таком виде генерации для каждого региона.

Оценка применения возобновляемых источников энергии не может быть произведена без учета климатических условий работы объекта генерации. Для солнечной электростанции средний коэффициент использования установленной мощности (далее – КИУМ) составляет 14,40% в 2022 году.

Для приведения оценки к унифицированной форме, внедрена оценочная шкала показателей КИУМа. Для целей диссертации рассмотрена генерация исключительно на основе солнечной энергии. Поэтому, обозначение КИУМ ниже 12% оценивается в 1 балл, КИУМ между 12% и средним показателем по всей Российской Федерации - в 14,40%, оценивается в 2 балла, и самый большой КИУМ - более 14,41%, оценивается в 3 балла. Данный показатель говорит о том, на сколько выработка электроэнергии на той или иной территории является эффективной относительно технико-экономических возможностей выбранной технологии генерации.

Самой сложной частью данного методического подхода является учет платы за мощность.

Для солнечной энергетики возможно использование процентного соотношения попадания пикового часа в световой день, но для ветроэнергетических установок следует смотреть на конкретные показатели выработки в каждый конкретный час времени.

Если доля попадания выработки в пиковый час равна КИУМу в данном конкретном регионе, то плата за электроэнергию и мощность полностью эквивалентна получаемой из сети электроэнергии, так как также равномерно распределена по всей выработанной электроэнергии. В случае, если доля попадания пиковых часов на время выработки электроэнергии меньше КИУМа, оплата мощности в большей части приходится на сбытовую организацию и в пиковый час электроэнергия поставляется из сети, а значит, за нее необходимо будет заплатить. Но если доля выработки в пиковый час выше КИУМ, то большая часть потребления, учитываемого в плате за мощность, приходится на объект распределенной генерации и не оплачивается сбытовой компании, что создает дополнительную экономию и дает возможность поставлять электроэнергию и мощность из объекта распределенной генерации по более высокому тарифу, чем поставляется из сети.

В соответствии с описанным принципом, если доля попадания времени работы генерации в пиковый час потребления ниже показателя КИУМ с погрешностью 2%, то его оценка равна ноль баллов. Если показатель покрытия пиковой мощности варьируется в зоне равной КИУМ с погрешностью в 2%, то это означает полное выравнивание с сетевым паритетом получаемой альтернативной стоимости реализации мощности от проекта распределенной генерации на основе возобновляемых источников энергии. Таким образом, данная ситуация лишь замещает централизованное электроснабжение и не создает ощутимой экономии. Данная ситуация может быть оценена в один балл.

В случае, если показатель покрытия мощности более чем на 2% больше КИУМ – это означает, что данный проект распределенной генерации не только является альтернативой существующей системе электроснабжения, но и дает возможность значительной экономии за счет перевода составляющей мощности на более дешевый источник электроэнергии. Такая ситуация может быть оценена в два балла и говорит о потенциале использования распределенной генерации. Когда же на долю распределенной генерации приходится в два с лишним раза больше пикового потребления, чем КИУМ, то можно говорить о значительном замещении оплаты электроэнергии из сети. Такая ситуация может быть оценена в три балла.

Для расчета применимости проекта распределенной генерации, необходимо рассматривать отношение общей суммы дополнительных выплат на единицу энергии к себестоимости производимой электроэнергии. Данное отношение говорит о том, на сколько альтернативные издержки на сетевую составляющую проекта распределенной генерации покрывают требуемую себестоимость, и какой может быть доходность от реализации такого проекта.

Отношение 1:1 говорит лишь о полном покрытии выплатами за сетевую составляющую стоимостью потребляемой электроэнергии. При таком соотношении можно говорить о безубыточности проекта генерации за счет сокращения расходов на сетевую составляющую. Данное значение оценивается с весом в один балл в нашей системе оценок.

В случае, если отношение сетевой составляющей и средневзвешенной нерегулируемой цены электрической энергии (мощности) менее, чем 1:1, то это означает, что производимая электроэнергия не может быть компенсирована за счет экономии на сетевой составляющей. Потенциал региона по данному показателю является низким. Следовательно, при таком соотношении, регион должен быть оценен в ноль баллов.

Показатели в диапазоне от 1:1 до 2:1 относительно платы сетевой составляющей к средневзвешенной нерегулируемой цене электрической энергии (мощности), демонстрируют экономию за счет нивелирования данной статьи расходов в оплате электроэнергии. Следовательно, данный диапазон может быть оценен в два балла.

Соотношение более 2:1 говорит о доходности проекта установки станции исключительно за счет сетевой составляющей. При такой ситуации, маржинальность замещения электроэнергии из сети только за счет сетевой составляющей является более чем 100%. Таким образом, попадание в описанный диапазон для предполагаемого проекта распределенной генерации можно оценивать в три балла в рамках предлагаемой системы оценки.

В общем виде предлагаемая методический подход к оценке регионов можно выразить в виде формулы (1)

$$A = \frac{(P+C+E)}{n}, \quad (1)$$

где A - общая оценка потенциала региона для применения распределенной генерации на основе выбранного возобновляемого источника энергии по трехбалльной шкале;
 P – оценка производительности согласно климатическим условия (баллы по оценке коэффициента использования установленной мощности);
 C – оценка результата сопоставления графика пиковых часов с графиком выработки выбранного вида генерации (баллы по оценке доли попадания выработки в пиковый час);
 E – оценка отношения сетевой составляющей к себестоимости производимой энергии (баллы по оценке отношений себестоимости к сетевой составляющей);
 n – количество рассматриваемых элементов.

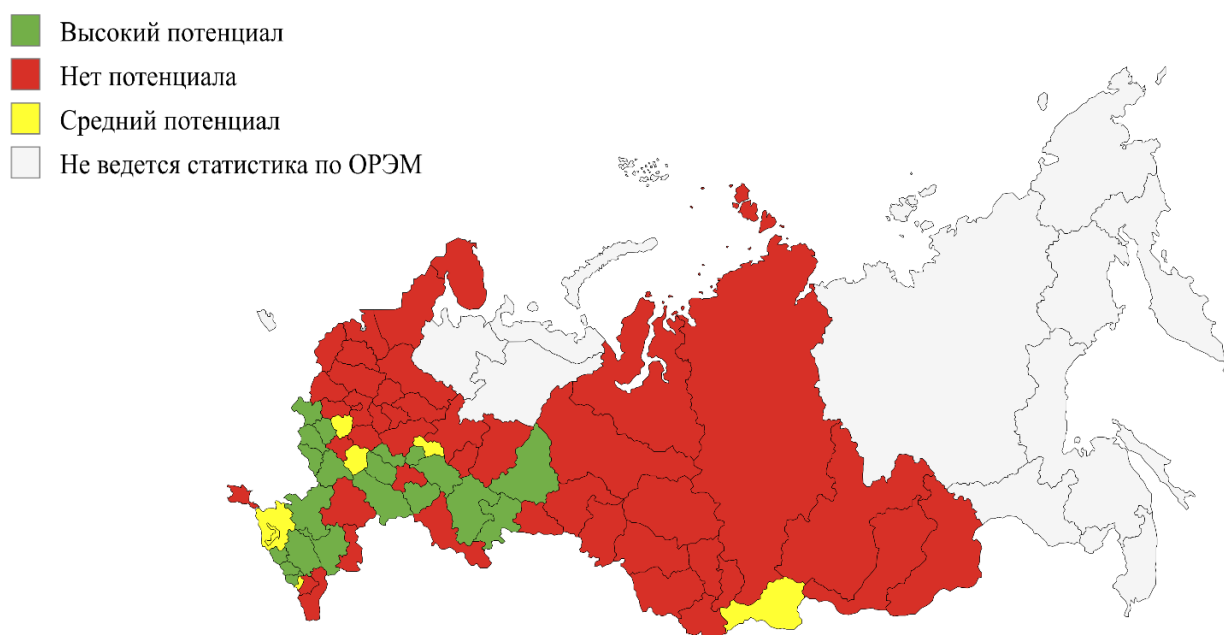
Все рассматриваемые характеристики имеют одинаковую значимость для оценки потенциала региона реализации проекта распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии. Это обусловлено тем, что проект распределенной генерации может быть экономически эффективным при высоких показателях любого из показателей.

Оставаясь в рамках логики предлагаемой классификации, любой регион с оценкой до одного балла является регионом с низким потенциалом реализации проекта

распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии. Регионы с оценкой от одного до двух баллов являются регионами со средним потенциалом для использования распределенной генерации на основе возобновляемых источников энергии. В то же время, любой проект в регионе с оценкой от одного до двух баллов может быть вполне рассмотрен как проект оптимизации затрат, повышения энергоэффективности предприятия и обеспечения энергетической безопасности. В тот же момент, проекты распределенной генерации на основе возобновляемых источников энергии, в регионах с оценкой более двух баллов, имеют значительный потенциал для реализации. Регионы с оценкой более двух баллов имеют наиболее благоприятные условия для реализации такого рода проектов.

Согласно данному методическому подходу, проведена оценка всех регионов Российской Федерации, входящих в первую и вторую ценовые зоны оптового рынка электроэнергии и мощности.

Результаты расчетов приведены на рисунке 1.



Источник: составлено автором по материалам произведенных расчетов.

Рисунок 1 - Результаты оценки потенциала пространственной организации регионов для реализации проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии

На основании полученных результатов можно сделать выводы, что в 22 регионах солнечная энергетика имеет высокий потенциал к получению экономической выгоды. В 7 регионах, входящих в ценовые зоны Единой Энергетической Системы, солнечная

генерация имеет потенциал, но зависит от графика потребления предприятия, сложности установки и других показателей. Однако, в 40 регионах потенциал применения незначительный и вряд ли будет достигнута экономическая эффективность проекта;

4) разработаны методические рекомендации по комплексной оценке экономической эффективности проектов распределенной генерации на основе возобновляемых источников энергии, основанные на конкретном графике выработки электроэнергии при влиянии на все составляющие тарифа на электроэнергию на территории Российской Федерации, такие как плата за мощность, плата за содержание сетей, стоимость услуг по передаче и стоимости электроэнергии на оптовом рынке электроэнергии и мощности в каждый конкретный час потребления и другие. Данные методические рекомендации, в отличие от международного подхода к оценке экономической эффективности проектов генерации, основанного на показателях капитальных затрат и стоимости вырабатываемой электроэнергии, позволяют более комплексно и эффективно определить пути развития пространственной организации проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии и получить точные данные об экономической эффективности реализуемых проектов с учетом всех особенностей работы российской электроэнергетики.

Российская электроэнергетика имеет особенности правил ценообразования на электроэнергию в виде значительного различия потребителей по ценовым категориям, ценовым зонам, уровням надежности, уровням напряжения, а также уникальную систему ценообразования на электроэнергию для конечного потребителя с учетом не только всех выше обозначенных характеристик, но и конкретного часа потребления, состояния энергосистемы в момент потребления и многих других аспектов.

В рамках предлагаемой методики наибольшее различие имеет способ расчета каждого из данных показателей. Проверка приведенной методики произведена на примере солнечной генерации. Основные выплаты в электроэнергетике строятся на основе отношения к каждому конкретному потребленному киловатт-часу (далее – кВт*ч), а значит для третьей и пятой ценовых категорий сформулирована следующая методика оценки экономической эффективности, представленная в формуле (2)

$$NPV = \sum_{i=0}^t \frac{\Sigma Q \times P + \Sigma T_{it} \times O_{it} - C_t}{(1+r)^t} - C_0, \quad (2)$$

где t – срок реализации проекта, лет;

Q – количество произведенной электроэнергии, кВт*ч;

P – предельная часть стоимости электроэнергии на заданном уровне напряжения в рассматриваемом регионе, руб./кВт*ч;

T_{it} – стоимость мощности в конкретном регионе согласно публикуемой информации территориальным гарантирующим поставщиком, руб./кВт;

O – средняя выработка электроэнергии объектом генерации в пиковый час в конкретный месяц, кВт;

i_t – конкретный месяц года t , месяц;

C_t – расходы за определенный период, руб.;

r – ставка дисконтирования согласно средневзвешенной стоимости капитала, проценты;

C_0 – первоначальные инвестиции на строительство генерирующего объекта, руб.

Данная формула применима исключительно к потребителям, получающим электроэнергию от распределенных источников генерации, при потреблении электроэнергии из сети по третьей и пятой ценовым категориям. В случае, если потребитель рассчитывается с поставщиками электроэнергии по четвертой или шестой ценовым категориям, то расчет экономической эффективности будет производиться по формуле (3)

$$NPV = \sum_{i=0}^t \frac{\Sigma Q \times P + \Sigma T_{it} \times O_{it} + \Sigma M_{it} \times T_{\text{сетевой мощности}} - C_t}{(1+r)^t} - C_0, \quad (3)$$

где t – срок реализации проекта, лет;

Q – количество произведенной электроэнергии, кВт*ч;

P – предельная часть стоимости электроэнергии на заданном уровне напряжения в заданном регионе, руб./кВт*ч;

T_{it} – стоимость мощности в конкретном регионе согласно публикуемой информации территориальным гарантирующим поставщиком, руб./кВт;

O – средняя выработка электроэнергии в пиковый час в конкретный месяц, кВт;

i_t – конкретный месяц года t , месяц;

M_{i_t} – среднее арифметическое от максимальных значений выработки в каждые рабочие сутки расчетного периода почасовых объемов потребления электрической энергии в часы пиковой нагрузки, кВт;

$T_{\text{сетевой мощности}}$ – одна из частей двухставочного тарифа на услуги по передаче электрической энергии на территории региона расположения объекта распределенной генерации, установленная в соответствии с приказом Федеральной антимонопольной службы по регулированию тарифов в регионе, руб./кВт;

C_t – расходы за определенный период, руб.;

r – ставка дисконтирования согласно средневзвешенной стоимости капитала, проценты;

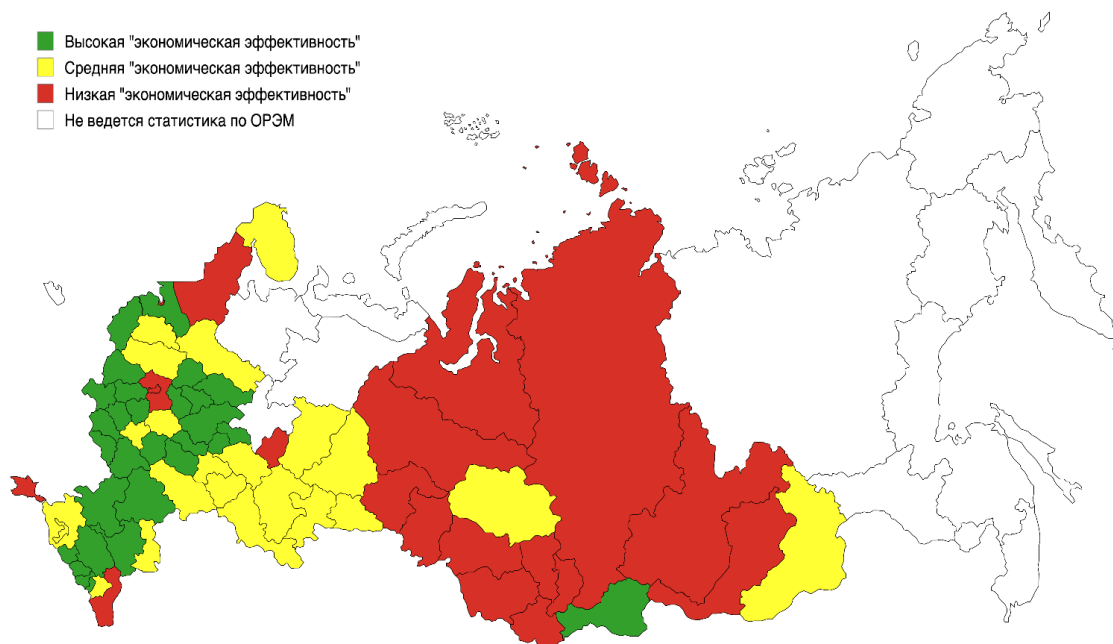
C_0 – первоначальные инвестиции на строительство генерирующего объекта, руб.

Основная идея предлагаемой методики заключается в том, что получаемая электроэнергия имеет многосоставную структуру ценообразования и не может считаться по единому унифицированному тарифу. В рамках правил российской электроэнергетики, потребление, либо в нашем случае выработка электроэнергии в каждый конкретный час, имеет свое влияние на плату за электроэнергию.

Согласно проведенным расчетам по предлагаемой методике, экономическая эффективность рассматриваемых регионов, входящих в ценовые зоны Единой Энергетической Системы до 01.01.2025, представлена на рисунке 2. Количественные показатели результата оценки всех регионов, входящих в ценовые зоны Единой Энергетической Системы, за исключением 6 регионов, добавленных в ценовые зоны в январе 2025 года и по которым в настоящий момент не публикуется официальная отчетность на время переходного периода.

По результатам проведенных расчетов установлено, что разница в оценке экономической эффективности проектов по методике, предлагаемой в данном исследовании и используемой в международной практике, может достигать отклонения в 100% как в большую, так и в меньшую сторону, за счет более точного учета возможной получаемой или упускаемой выгоды в виде платы за мощность и других составных частей тарифа на электроэнергию. По результатам расчетов видно, что основное различие заключается в доходной части каждого из подходов. Такая разница возникает, в основном, из-за декомпозиции получаемых выплат и учета ставки за мощность в соответствии с действующим законодательством, взамен использования

унифицированного показателя стоимости электроэнергии, который не дает четкого понимания о получаемой экономии.



Источник: составлено автором по материалам произведенных расчетов.
 Рисунок 2 - Экономическая эффективность проектов наиболее подходящих для солнечной генерации регионов, согласно предлагаемой методике

Международная методика расчета дисконтированных денежных потоков показала, что проект распределенной генерации с использованием энергии солнца окажется экономически эффективен в 231 случае из 276 рассмотренных случаев, исходя из четырех уровней напряжения в 69 регионах ценовых зон Единой Энергетической Системы. В то же время, согласно предложенной методике, лишь 181 проект показал экономическую эффективность. Это говорит нам о том, что проекты распределенной генерации с использованием солнечной энергии будут некорректно оценены в 50 комбинациях уровней напряжения в определенных регионах и по итогу реализации они покажут иную эффективность, чем обозначено при инвестиционном планировании.

На основании проведенного исследования можно выделить следующие основные методические рекомендации:

а) электроэнергетический комплекс Российской Федерации не следует классическим правилам пространственного размещения, так как на производителя не оказывают влияние транспортные расходы, а перекладываются на плечи потребителя в одинаковом размере, вне зависимости от того, продукцией какого производителя они пользуются. Все это приводит к тому, что для расчета экономической эффективности

проектов распределенной генерации следует отталкиваться от выгоды, получаемой потребителем, а не производителем;

б) оценка экономической эффективности проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии должна начинаться с определения соответствия проекта критериям распределенной генерации;

в) одним из основных показателей, влияющих на экономическую эффективность проектов распределенной генерации, является объем выработки электроэнергии в соответствии с выбранной технологией использования возобновляемых источников энергии. Важно учитывать, что замещаемая электроэнергия учитывается не в виде среднего показателя стоимости электроэнергии за весь рассматриваемый период, а имеет часовую волатильность в течение дня;

г) не менее важным показателем в оценке экономической эффективности проектов распределенной генерации является покрытие пиковых часов потребления в регионе реализации проекта. Плата за мощность, начисляемая в эти часы, может иметь значительное влияние на целесообразность реализации такого рода генерации, и исключительно за счет высокого показателя покрытия пиковых часов может быть достигнута значительная экономическая эффективность;

д) сетевая составляющая тарифа на электроэнергию также должна оцениваться относительно каждой выработанной единицы электроэнергии и времени ее производства.

III Заключение

Результат исследования заключается в разработке системы пространственной организации возобновляемых источников энергии в проектах распределенной генерации в регионах Российской Федерации и методики оценки ее эффективности.

Проведенное исследование позволило:

1) теоретически обосновать системные принципы пространственной организации проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии на основании экономической целесообразности размещения в конкретном регионе и энергетическом балансе региона;

2) разработать классификацию регионов по потенциалу использования распределенной генерации с помощью возобновляемых источников энергии;

3) разработать и апробировать методический подход оценки потенциала пространственной организации регионов для проектов распределенной генерации с использованием возобновляемых источников энергии;

4) разработать и апробировать методические рекомендации оценки экономической эффективности проектов распределенной генерации на основе возобновляемых источников энергии.

IV Список работ, опубликованных по теме диссертации

*Публикации в рецензируемых научных изданиях,
определенных ВАК при Минобрнауки России:*

1. Мокрышев, И.С. Микрогенерация в России : анализ экономической и правовой структуры / И.С. Мокрышев, С.М. Никаноров // Экономика устойчивого развития. – 2021. – № 3 (47). – С. 109-115. – ISSN 2079-9136.

2. Мокрышев, И.С. Инвестиции в возобновляемые источники энергии во время мирового энергетического кризиса / И.С. Мокрышев // Микроэкономика. – 2023. – № 5. – С. 16-22. – ISSN 1817-1591.

3. Мокрышев, И.С. Программа поддержки развития ВИЭ: как обстоят дела? / И.С. Мокрышев // Микроэкономика. – 2023. – № 5. – С. 85-93. – ISSN 1817-1591.

4. Мокрышев, И.С. Влияние возобновляемой энергетики на экономический рост страны / И.С. Мокрышев // Микроэкономика. – 2023. – № 6. – С. 89-94. – ISSN 1817-1591.

5. Мокрышев, И.С. Развитие энергетического сектора Российской Федерации на основе инновационных принципов зеленой экономики / И.С. Мокрышев // Инновации и инвестиции. – 2024. – № 1. – С. 446-450. – ISSN 2307-180X.

6. Мокрышев, И.С. Эффективность использования финансовых механизмов и инструментов для развития возобновляемой энергетики: мировой опыт и сравнительный анализ / И.С. Мокрышев // Инновации и инвестиции. – 2024. – № 2. – С. 327-333. – ISSN 2307-180X.

Публикации в других научных изданиях:

7. Мокрышев, И.С. Экономическая эффективность внедрения возобновляемых источников энергии в Арктической Зоне России / С.М. Никоноров, Д.А. Сергеев, И.С. Мокрышев // Вестник Института мировых цивилизаций. – 2021. – № 3 (32). Том 12. – С. 81-89. – ISSN 2587-6236.
8. Мокрышев, И.С. Роль инвестиций в возобновляемую энергетику для стимулирования экономического роста / И.С. Мокрышев // Страховое дело. – 2024. – № 02 (371). – С. 7-15. – ISSN 0869-7574.

Программы для ЭВМ и патент на изобретение:

9. Свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024614954 «Программа управления солнечной электростанцией с использованием искусственного интеллекта» (заявка № 2024610514 от 16 января 2024 года), дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 29 февраля 2024 года.