


**Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КЕРЧЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ**

**Анализ эколого-экономической эффективности использования
альтернативных источников энергии в Республике Крым**

Руководитель темы


_____ А.Н. Вынгра

Керчь, 2023

Реферат

Отчет 62 с., 10 рис., 6 табл., 54 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: Возобновляемый источник энергии, солнечная электростанция, техногенная нагрузка, ветряная электростанция, мощность, эколого-экономические перспективы, республика Крым.

Аннотация. В настоящее время широкое внимание в рамках развития экологии уделяется вопросам эффективности и рентабельности использования альтернативных источников электроэнергии.

Объектом исследования является комплекс процессов и явлений эколого-экономического характера, определяющих перспективы развития альтернативных источников энергии в Республике Крым.

Предмет исследования: альтернативные источники энергии как совокупность нетрадиционных возобновляемых форм получения электроэнергии.

Методы исследования: анализ, синтез, сравнение, системный анализ, расчетный.

Материалы исследования: литературные источники, архивные данные.

Одной из важнейших особенностей совместного развития экологии и энергетики является повышенное внимание к проблемам рациональности и эффективности использования энергоресурсов, внедрения технологий энергосбережения и поиска возобновляемых источников энергии. В работе рассмотрены возобновляемые источники энергии, используемые на территории Республики Крым, а также изучены климатические характеристики полуострова, оказывающие влияние на выбор источника энергии.

Произведен расчет экологической и экономической эффективности внедрения альтернативных источников энергии при использовании электростанций совместно с главной сетью электроснабжения на территории Керченского полуострова. На основе рассчитанных энергетических характеристик генерации мощности солнечной электростанции произведено

исследование возможностей снижения углеродоёмкости региональной энергетики. Проанализированы аспекты техногенной нагрузки на экосистему за счет производства, эксплуатации и утилизации солнечных панелей исходя их расчетной мощности электростанции. Заключено, что в рамках внедрения солнечных электростанций в региональные сети снижается уровень углеродоемкости энергетики региона, однако на мировой уровень влияние является сомнительным ввиду высокой энергоёмкости производства оборудования.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	6
Глава 1 АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ АСПЕКТОВ ВНЕДРЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ	8
1.1 Нормативно-правовые документы, обосновывающие предпосылки внедрения альтернативных источников энергии.....	8
1.2 Организации, занимающиеся развитием использования альтернативной энергетики, на территории Российской Федерации	11
1.3 Экологические аспекты производства и утилизации солнечных панелей и ветрогенераторов.....	13
Заключение по первой главе	15
Глава 2 КЛИМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАССМАТРИВАЕМОГО РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ	16
2.1 Общие климатические характеристики	16
2.1 Климатические аспекты внедрения солнечной энергетики	17
2.3 Климатические аспекты внедрения ветровой энергетики	19
Заключение по второй главе	22
Глава 3 ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ	23
3.1 Технико-экономический расчет энергетической эффективности внедрения солнечных электростанций	23
3.2 Исследование техногенной нагрузки при производстве, транспортировке, установке, использовании и утилизации СЭС на территории республики Крым	25

Заключение по третьей главе	27
Глава 4 ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ	28
4.1 Расчет экономии электроэнергии за счет внедрения ветровых электростанций на Керченском полуострове.....	28
4.2 Техничко-экономический расчет затрат и окупаемости внедрения ветровых электростанций на Керченский полуостров.....	30
Заключение по четвертой главе	41
Глава 5 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТ ВНЕДРЕНИЯ ВЕТРОВЫХ И СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	47
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	53
Приложение А. Список научных трудов научно-исследовательской работы....	54
Приложение Б. Статья «Experimental study of the use of active filters in the electric drive power supply circuits»	55

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших особенностей развития современного мира является повышенное внимание мирового сообщества к проблемам рациональности и эффективности использования энергоресурсов, внедрения технологий энергосбережения и поиска возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

В современном мире происходит постоянное углубление проблем мировой экономики, связанных с «глобальным изменением климата» и сокращением запасов углеводородов, что стимулирует применение и развитие возобновляемой энергетики в мире. В середине 2020 года Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA) опубликовало доклад, согласно которому любое новое энергопроизводство, работающее на ископаемых видах топлива, становится все дороже по сравнению с внедрением возобновляемых источников энергии. Последние 10 лет происходит совершенствование технологий, удешевление энергоустановок из-за увеличения масштаба их производства, постоянно растущей конкурентоспособности и приобретению нового опыта разработчиками затраты на производство электроэнергии из альтернативных источников резко упали [4-5].

В связи с этим применение ВИЭ помогает решить проблему удовлетворения нарастающих потребностей населения в топливе, электрической и тепловой энергии, обеспечивая экологическую безопасность, которая также выгодна в экономическом направлении.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать особенности внедрения солнечных и ветровых электростанций.
2. Изучить экологические аспекты производства и утилизации солнечных панелей и ветрогенераторов, обосновывающие использование ветровой и солнечной энергии.

3. Рассчитать экономическую эффективность внедрения солнечной (СЭС) и ветряной (ВЭС) электростанций.

4. Определить экологическую целесообразность использования солнечной и ветровой энергетики.

Объектом исследования является комплекс процессов и явлений эколого-экономического характера, определяющих перспективы развития альтернативных источников энергии в Республике Крым.

Предмет исследования: альтернативные источники энергии как совокупность нетрадиционных возобновляемых форм получения электроэнергии.

Апробация результатов исследования. Основные теоретические выводы и положения научно-исследовательской работы, а также ряд практических предложений получили апробацию в следующих формах: опубликована одна статья в рецензируемом журнале, входящем в перечень журналов, рекомендованных ВАК.

Глава 1 АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ АСПЕКТОВ ВНЕДРЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

1.1 Нормативно-правовые документы, обосновывающие предпосылки внедрения альтернативных источников энергии

Применение альтернативной энергетики в Республике Крым обусловлено не только климатическими характеристиками, но и Указами Президента РФ, а также стратегическими документами социально-экономического развития Российской Федерации.

Согласно пункту 11 Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» Правительству Российской Федерации при реализации совместно с органами государственной власти субъектов Российской Федерации Национальной программы "Цифровая экономика Российской Федерации" необходимо обеспечить к 2024 году преобразование приоритетных отраслей экономики и социальной сферы, включая здравоохранение, образование, промышленность, сельское хозяйство, строительство, городское хозяйство, транспортную и энергетическую инфраструктуры, финансовые услуги, посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений [50].

Пункт 15 данного Указа предусматривает разработку с участием органов государственной власти субъектов Российской Федерации и до 1 октября 2018 г. и утверждение комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры, предусматривающий обеспечение к 2024 году доступной электроэнергией, в том числе за счет устойчивого энергоснабжения потребителей на территориях субъектов Российской Федерации, прежде всего Республики Крым, г. Севастополя, Калининградской области, а также субъектов Российской Федерации, входящих в состав Дальневосточного федерального округа; развития распределенной генерации, в том числе на

основе возобновляемых источников энергии, в первую очередь в удаленных и изолированных энергорайонах.

Следовательно, внедрение альтернативных источников энергии на территории Республики Крым предусмотрено стратегическими задачами РФ на период до 2024 года.

Необходимость внедрения возобновляемой энергетики в Республике Крым обусловлены проблемами электроснабжения. С фактическим присоединением Крыма к России снизилась надёжность систем газоснабжения и электроснабжения. Появились новые задачи по обеспечению энергетической независимости Крыма, в связи с чем, использование альтернативной энергетики реализует отраслевые стратегические документы социально-экономического развития РФ.

Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года предлагает решить проблему доступности энергетической инфраструктуры за счет содействия развитию распределенной генерации, в том числе на основе возобновляемых источников энергии, в первую очередь, на удаленных и труднодоступных территориях, обладающих необходимыми природными условиями и ресурсами [42].

Согласно Прогнозу социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2036 года «постепенный переход на модель устойчивого развития с низко углеродной экономикой будет достигнут за счет реализации комплекса законодательных и институциональных мер, обеспечивающих рост энергоэффективности и развития возобновляемых источников энергии, внедрения мер экономического стимулирования сокращения выбросов, сбросов, образования и утилизации отходов, внедрения системы государственного регулирования парниковых газов» [40].

В разделе «Тактика победы в борьбе за человеческий капитал». Глава 4. Новая жилая среда, п. 1 Закона Республики Крым от 09.01.2017 N 352-ЗРК/2017 (ред. от 30.05.2018) «О стратегии социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года» (принят Государственным Советом

Республики Крым 28.12.2016) одним из серьезных конкурентных преимуществ территории в борьбе за человеческий капитал является наличие комфортной жилой среды, созданной с учетом принципов современных концепций развития территорий:

Благоприятная окружающая среда:

- экологичность и инновационность материалов и технологий, используемых при строительстве и обустройстве жилого пространства;
- энергоэффективность, включая использование возобновляемых источников энергии.

В другом разделе «Тактика победы в борьбе за инновации», глава 4, пункт 13 раскрываются предпосылки роста топливно-энергетического комплекса:

Существенным конкурентным преимуществом Республики Крым является наличие значительных возможностей для использования возобновляемых источников энергии (солнечной, ветровой, геотермальной энергии, использование биологических отходов агропромышленного комплекса для производства биогаза, возможности переработки зерновых культур в биотопливо). Республика Крым отличается высоким уровнем реализации своего потенциала в использовании возобновляемых источников энергии.

Стратегические задачи:

Снижение энергоемкости экономики Республики Крым. Развитие возобновляемой энергетики при условии тарифного регулирования. Широкое внедрение ресурсосберегающих технологий во всех отраслях экономики Республики (энергоэффективное освещение, индивидуальные и коллективные приборы учета потребления топливно-энергетических ресурсов). Стимулирование перехода населения и бизнеса на ресурсосберегающую деятельность.

Ожидаемые результаты:

I этап «Снятие инфраструктурных ограничений» (2017 - 2020 годы) - обеспечение надежного и бесперебойного электро- и газоснабжения

потребителей без ограничения нагрузки и с соблюдением нормативных требований к качеству электроэнергии и газа, снятие наиболее острых коммунально-инженерных ограничений.

II этап «Широкое внедрение инноваций» (2021 - 2026 годы) - массовое внедрение энергосберегающих технологий во всех отраслях экономики Республики.

III этап «Наращивание конкурентных преимуществ» (2027 - 2030 годы) - Республика Крым входит в десятку регионов-лидеров в России по уровню модернизации сферы топливно-энергетического комплекса и внедрению энергосберегающих технологий. Республика Крым является регионом-лидером по объему производимой электроэнергии на базе возобновляемых источников энергии [25].

Использование возобновляемых источников энергии позволяет не только самостоятельно обеспечить территорию Республики Крым электроэнергией, но и улучшает экологическое состояние окружающей среды в результате снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сокращает и позволяет рационально использовать невозобновляемые природные ресурсы. Также применение альтернативной энергетики будет способствовать развитию туристско-рекреационного потенциала Крыма, особенно на тех территориях, где отсутствует центральное электроснабжение

1.2 Организации, занимающиеся развитием использования альтернативной энергетики, на территории Российской Федерации

Развитие альтернативной энергетики на территории Российской Федерации является перспективным направлением деятельности. Существует ряд организаций, предприятий и ассоциаций, занимающихся изучением и внедрением АИЭ на территории России. Рассмотрим некоторые из них.

Ассоциация предприятий солнечной энергетики развитием СЭС и организацией научно-исследовательской деятельности. Членами партнерства является группа компаний Хевел, Солар Системс, Ассоциация специалистов

возобновляемой энергетики «Зеленый киловатт», Влибор Системс, АльтЭнерго, Научно-Технический Центр и другие [7-9, 14, 26, 45, 53].

Ассоциация развития возобновляемой энергетики (АРВЭ) - организация, которая представляет интересы участников сектора ВИЭ в России и ведет деятельность по созданию благоприятного инвестиционного климата и популяризации использования возобновляемых источников в РФ [9].

Ассоциация объединяет заинтересованные стороны, включая генерирующие компании, предпринимателей проектов-ВИЭ, производителей и поставщиков оборудования, научно-исследовательские центры и финансовые институты, чтобы обеспечить формирование надёжной институциональной среды и эффективной инфраструктуры для притока инвестиций в сектор возобновляемой энергетики.

Ассоциация принимает участие в разработке и подготовке заключений по проектам законодательных и нормативных актов, распоряжений, приказов, инструкций, касающихся развития секторов возобновляемой и водородной энергетики в Российской Федерации, а также представляет интересы своих членов и участвует в процессе принятия решений в рамках определения государственной политики в сферах развития возобновляемой и водородной энергетики, взаимодействует с различными организациями энергетической отрасли для обеспечения представительства Ассоциации в органах управления инфраструктурных организаций.

Группа компаний Хевел основана в 2009 году и является единственным в Российской Федерации производителем солнечных модулей [53].

Деятельность компании сосредоточена на высокотехнологичном производстве высокоэффективных солнечных модулей по одной из самых современных технологий в мире, строительстве и эксплуатации СЭС, а также научно-исследовательской деятельности в области фотовольтаики.

ООО «АльтЭнерго» — российская компания, специализирующаяся на реализации инновационных проектов в сфере альтернативной энергетики. Занимается апробацией, внедрением и популяризацией новейших технологий в

отрасли ВИЭ. Ведет свою историю с 2009 года. Все станции «АльтЭнерго» – солнечная, ветряная и биогазовая – квалифицированные объекты, функционирующие на основе ВИЭ [7].

Компания «Фортум» является лидером в области «зеленой» энергетики в России. Суммарный портфель составляет 3,4 ГВт мощностей солнечной и ветровой энергетики. Только за 2021 год компанией было введено в эксплуатацию ВЭС суммарной мощностью 478 МВт, а на 2025 – 2027 годы уже запланировано строительство ветряных электростанций еще на 1,3 ГВт [52].

1.3 Экологические аспекты производства и утилизации солнечных панелей и ветрогенераторов

Солнечная и ветровая энергетика использует возобновляемые источники энергии и являются «экологически чистыми». Однако, стоит оценить влияние на окружающую среду от процесса производства и утилизации компонентов СЭС и ВЭС [41, 54].

Производство солнечных панелей является энергоемким процессом, который связан с переработкой ископаемого сырья. Приблизительно 600 кВт·ч энергии используется для производства каждого квадратного метра солнечных батарей, чего достаточно для освещения 1000 лампочек мощностью 60 Вт в течение десяти часов. То есть при установке панели в месте, с наибольшим уровнем солнечной инсоляции, энергия, затраченная на ее изготовление, компенсируется только через несколько лет эксплуатации.

Некоторые материалы, из которых состоят солнечные панели, можно использовать повторно: стекло, алюминий, медь и полупроводники. К примеру, в составе кристаллических кремниевых батарей примерно 76-77% стекла, 10–12% полимерных материалов, около 8–9% алюминия, 5–6% кремниевых полупроводников, около 1% меди, а также есть другие металлы – не более 0,1% (серебро, олово, свинец и др.) То есть, примерно 85-95% солнечной панели подлежит вторичной переработке – алюминиевые рамы, стойки и стеллажи, стекло. Однако остальные отходы – сами фотомодули, металлическая фольга,

распределительные щиты, соединительные провода, контактные коробки и т.д. – не подлежат вторичному использованию.

Перерабатывают панели обычно двумя способами: так называемый «тонкий», при котором извлекаются почти все элементы, и «грубый», когда извлекают основные материалы, например пластик, алюминий и стекло.

Сложность утилизации солнечных панелей заключается в том, что они состоят из множества компонентов, объединённых в один целый продукт. То есть разделение этих материалов и вторичное использование или переработка являются трудоемким и дорогостоящим процессом.

Рынок утилизации солнечных панелей постепенно растет. На данный момент количество перерабатываемых панелей все еще ограничено, поэтому утилизация происходит медленными темпами. Тем не менее, предприятия по переработке солнечных панелей продолжает разрабатывать инфраструктуру для повышения собственной мощности.

Вывод из эксплуатации солнечных модулей сможет окупиться только в случае, если стоимость освобожденной земли и/или стоимость извлеченных материалов будет превышать затраты на вывод из эксплуатации. Процесс демонтажа, освобождения территории является достаточно простой операцией. Однако, ценность многих элементов (сталь, мель, алюминий и др.), используемых на СЭС, вполне могут превышать расходы на вывод эксплуатации, что делает переработку предпочтительнее захоронения отходов.

Вопрос экономики утилизации модулей часто рассматривается в контексте ликвидации более крупных объектов. В целом же на сегодняшний день переработка является дороже, чем экономическая ценность восстановленных материалов, поэтому большинство солнечных панелей — с содержащимися в них опасными веществами — попадают на свалки.

Ветроэнергетика также имеет определенные проблемы, связанные с производством утилизацией частей ветроэнергетических установок. Например, большие части ветрогенераторов часто просто засыпаются почвой. Для этих целей выделяются огромные площади и данный способ избавления от отхода не

является экологически безопасным. Несмотря на то, что материалы, из которых сделана лопасть, безопасны и сами по себе не наносят вреда живым организмам, почве или воде, организация полигонов для захоронения неразлагающихся деталей нарушает экологический баланс [30, 51].

От 85 до 90% общей массы ветряных турбин может быть переработано. Лопасты, изготовленные из сложных материалов, обеспечивающих легкие, прочные и долговечные изделия, требуют особых процессов переработки. К примеру, всего в трёх 50-метровых лопастях маломощной ветроэлектрической установки содержится около 20 тонн полимеров, армированных волокном, поэтому один из вариантов их утилизации – измельчение для дальнейшего использования в производстве [30].

Ветроэнергетические установки не имеют компонентов, производство и утилизация которых предполагают создание новых технологических процессов. В настоящее время для изготовления ветрогенераторов предусмотрены методы очистки и обезвреживания выбросов, сбросов и отходов.

Заключение по первой главе

В главе проанализированы нормативно-правовые документы, обосновывающие предпосылки внедрения альтернативных источников энергии, а также исследованы Экологические аспекты производства и утилизации солнечных панелей и ветрогенераторов

Глава 2 КЛИМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАССМАТРИВАЕМОГО РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Общие климатические характеристики

Климат Республики Крым относится к числу важнейших факторов применения альтернативных источников энергии. Он влияет на образование ландшафтов и обуславливает их широтную зональность. Климат большей части полуострова характеризуется как климат умеренного пояса. Южный берег Крыма характеризуется субсредиземноморским климатом сухих лесов и кустарниковых зарослей.

Географическая зональность в распределении элементов климата зависит от объема солнечной радиации, который в основном определяет географическая широта. Географическое положение Крыма обуславливает большое поступление солнечной радиации на территорию круглогодично. Например, зимой за сутки в Республике поступает в 8-10 раз больше тепла, чем в Санкт-Петербурге [32].

Морской и континентальный типы климата зависят от распределения суши и моря. От них, в свою очередь, зависят режимы осадков, температуры, облачности и влажности. При этом важную роль играет и положение места в условиях общей циркуляции атмосферы. Черное и Азовское моря, омывающие полуостров, образуют морской тип климата. Континентальный климат выражен расположением среди большой по площади суши северной половины восточного полушария.

Формы рельефа также участвуют в образовании климата. Например, хребты задерживают и меняют направления движения воздушных масс, а также деформируют метеорологические фронты. Между хребтами изменяется скорость воздушных течений, возникают местные горно-долинные ветры.

Также на формирование климата полуострова оказывает влияние подстилающая поверхность, с которой взаимодействует атмосфера и солнечное излучение. Таким образом, растительный или снежный покров влияет на температуру почвы и приземного воздуха, а густой травяной покров уменьшает суточную разность и среднюю температуру почвы, а следовательно, и приземного воздуха. Крона леса может задерживать солнечную радиацию и изменить её спектральный состав, в результате поглощения большей части ультрафиолетовых лучей.

Подстилающая поверхность Крымского полуострова разнообразна: на юге она представлена предгорной лесостепью, горными лесами и отчасти степями, а в северной и центральной части - степными равнинами. Разница в поверхности основных ландшафтов сказывается на их отражательной способности (альбедо) солнечной радиации. Типичные величины альбедо следующие: влажная почва – 5-10 %, чернозём – 15 %, иная сухая глинистая почва – 30 %, светлый песок – 35-40 %, полевые культуры – 10-25 %, травяной покров – 20-25 %, лес – 5-20 %, свежавывалившийся снег – 70-90 % [33-34].

2.1 Климатические аспекты внедрения солнечной энергетики

Климатические характеристики Республики Крым подходят для использования солнечной энергии. Крым относится к числу наиболее солнечных районов европейской части СНГ. Годовая продолжительность солнечного сияния здесь изменяется в пределах 250-300 дней. Количество солнечных и облачных дней в течение года в некоторых городах полуострова показаны на рисунке 2.1 [46].

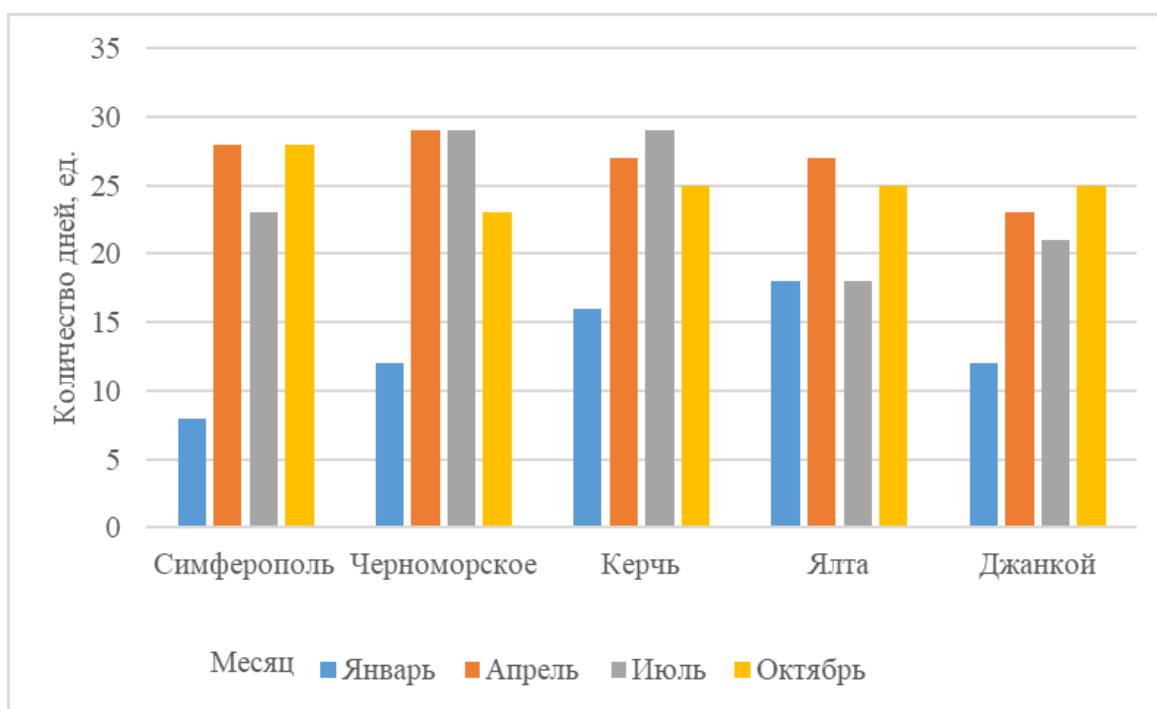


Рисунок 2.1 - Количество солнечных и облачных дней в течение года

Из годовой суммы солнечной радиации полуостровов получает наибольшее количество летом – 40 %, весной примерно – 30 %, осенью – 20 %, а зимой – 10 %. Интенсивность излучения в течение года отличается в основном из-за количества и форм облаков, изменения высоты солнца, прозрачности атмосферы, а также от влажности, цвета и альбедо поверхности ландшафтов [46].

Зимой на поверхность полуострова поступает около 100-225 МДж/(мес·м²) солнечной радиации, при этом равнинные районы получают меньше, чем горные. Наибольшее количество солнечного тепла Крым получает летом (до 2095 МДж/(сезон·м²), особенно в июле (Черноморское, 800 МДж/мес·м²).

Общая теплообеспеченность территории полуострова определяется величиной её радиационного баланса, которая представляет собой разность между её поглощённой суммарной радиацией и эффективным излучением. В целом за год радиационный баланс в Республике Крым положителен. Однако, среднемесячные значения радиационного баланса декабря и января имеют отрицательные значения [46].

2.3 Климатические аспекты внедрения ветровой энергетики

В теплый период года на повторяемость направления и скорости ветров влияет отрог Азорского антициклона, а в холодный – Азиатского. В течение года на полуострове преобладают в основном ветры юго-западного, северо-восточного и северо-западного направлений. Зимой повторяемость северо-восточных ветров составляет 45%, юго-западных — 25%, южных — до 20%. В течение поздней осени и зимы северо-восточные ветры продолжаются по 270-325 часов в месяц. Во время этих ветров температура воздуха обычно ниже на 8-10°, чем при ветрах других направлений.

Весной из-за ослабления циклонической деятельности в степном Крыму одинаково часто дуют северо-восточные и северо-западные ветры, на побережье Черного моря — южные. С июня до середины августа обычно преобладают небольшой силы западные и северо-западные ветры продолжительностью до 300-350 часов в месяц (рис. 2.2 - 2.6) [36-37].

Кроме направлений, важны характеристики скоростей ветра. Наибольшие скорости ветров наблюдаются в конце зимы — начале весны, а наименьшие — летом. Зимой средние скорости составляют в горах около 7 м/с, на западном и восточном побережье – 6 м/с, на ЮБК — 3 м/с, а в защищенных долинах и котловинах предгорья — менее 3 м/с. Летом даже на Ай-Петри и Караби-Яйле средние скорости ветра не превышают 5 м/с.

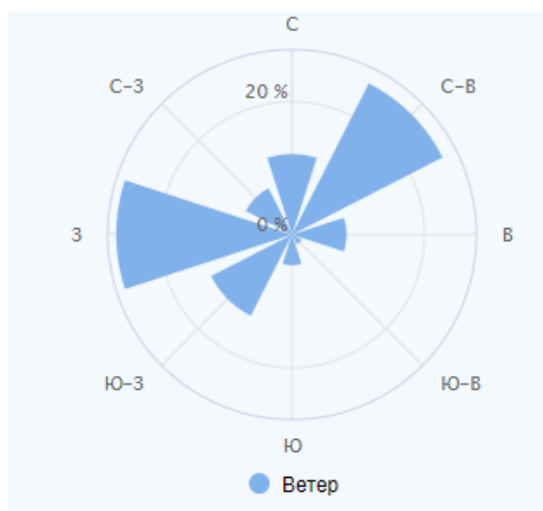


Рисунок 2.2 – Повторяющиеся направления ветра в городе Симферополь

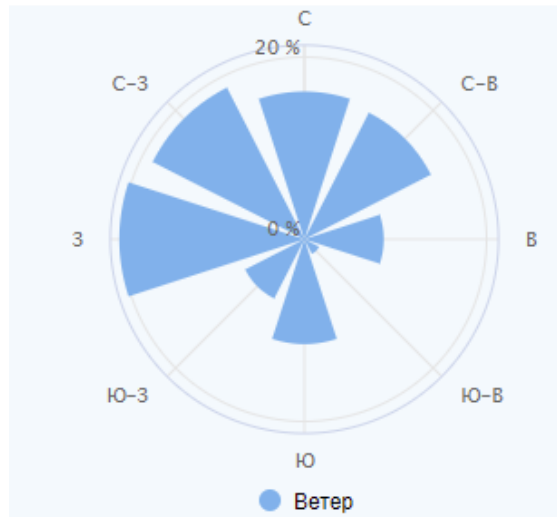


Рисунок 2.3 - Повторяющиеся направления ветра в городе Черноморское

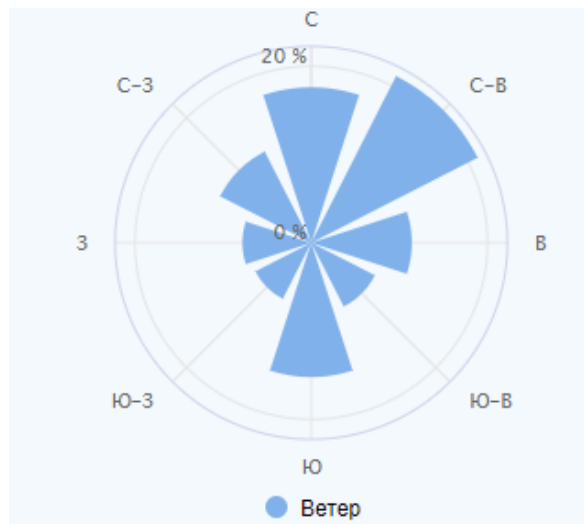


Рисунок 2.4 - Повторяющиеся направления ветра в городе Керчь

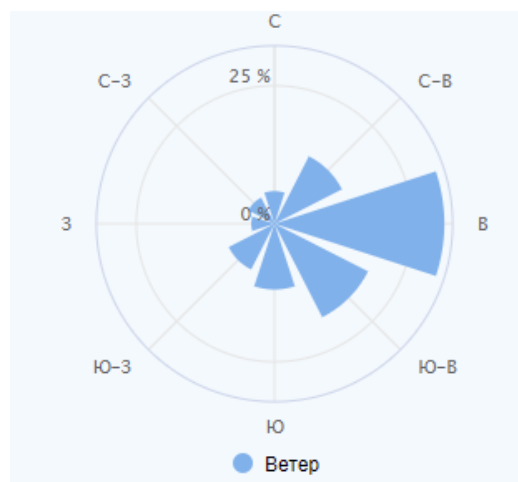


Рисунок 2.5 - Повторяющиеся направления ветра в городе Ялта

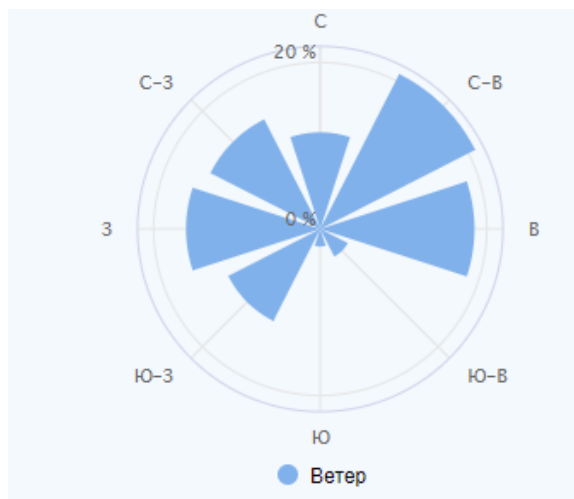


Рисунок 2.6 - Повторяющиеся направления ветра в городе Джанкой

Для нормальной работы ветрогенераторов необходима минимальная скорость ветра от 4,5 м/с. На рисунке 2.7 показан график средней скорости ветра в нескольких районах Республики Крым [36].

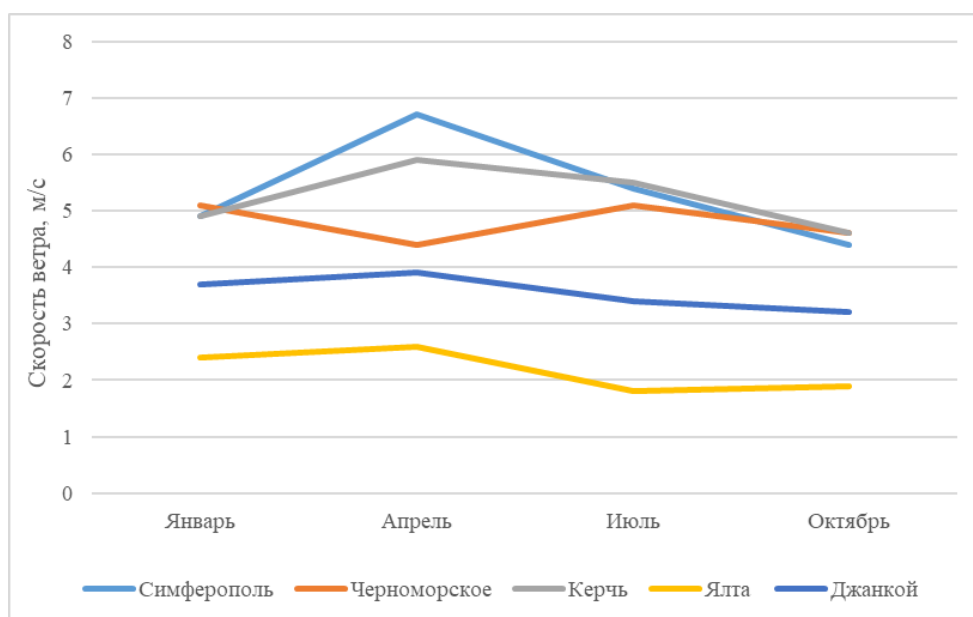


Рисунок 2.7 - Средняя скорость ветра в городах Крыма в течение года, м/с

Из данных графика можно определить, что наименее подходящим для использования ВЭС является Ялта, южный берег Крыма.

Заключение по второй главе

Климатические характеристики Республики Крым оправдывают использование ветровой и солнечной энергетики. Количество солнечных дней на территории полуострова составляет около 300 дней в год. Наиболее подходящими районами использования солнечной энергетики на полуострове являются Симферопольский, Черноморский, Ленинский и др. Направления и скорость ветра в Крыму зависит от времени года, зимой северо-восточные ветры продолжаются по 270 - 325 часов в месяц, а летом - северо-западные продолжительностью до 350 часов в месяц. Наиболее подходящими районами полуострова для использования ВЭС являются Черноморский, Ленинский, Джанкойский, Симферопольский и др

Глава 3 ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

3.1 Технико-экономический расчет энергетической эффективности внедрения солнечных электростанций

В настоящее время на территории Республики Крым установлено шесть солнечных электростанций промышленной генерации. Также, присутствует немалое количество солнечных электростанций частных домовладений. На рисунке 1 приведены все солнечные электростанции Крыма, с расчетной мощностью более 1 МВт. Однако самая большая СЭС «Владиславовка» мощностью более 100 МВт в настоящее время не эксплуатируется. Для введения ее в силовые сети полуострова необходимо дополнительное строительство трансформаторных подстанции, что предполагает значительные финансовые затраты.

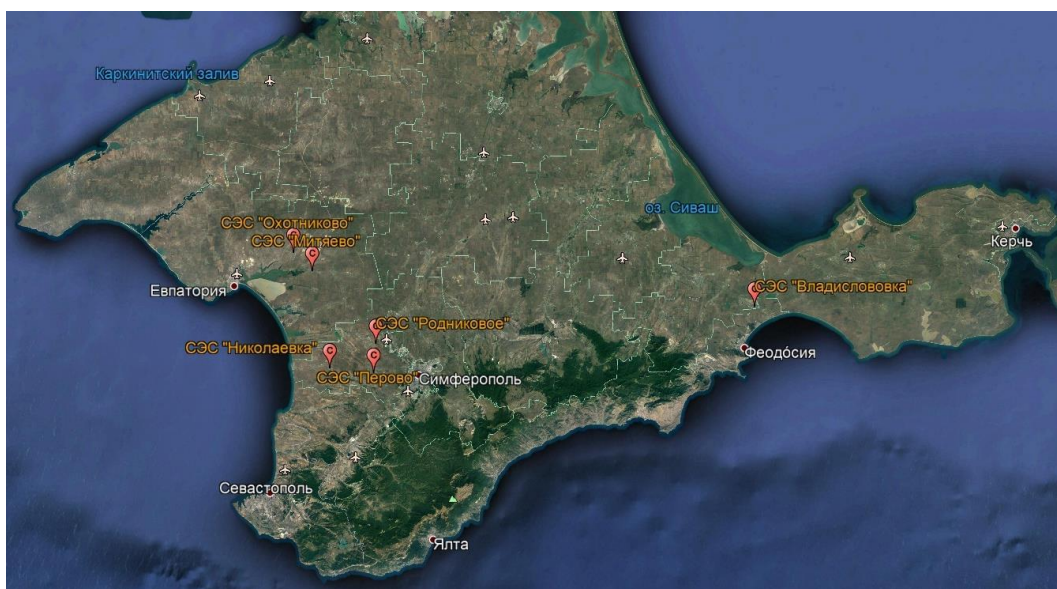


Рисунок 3.1 – Расположение СЭС в Республике Крым

В ходе исследования произведён расчет экономии электрической энергии, потребляемой Северо-восточным регионом полуострова, при введении в эксплуатацию промышленной солнечной электростанции средней мощности [7].

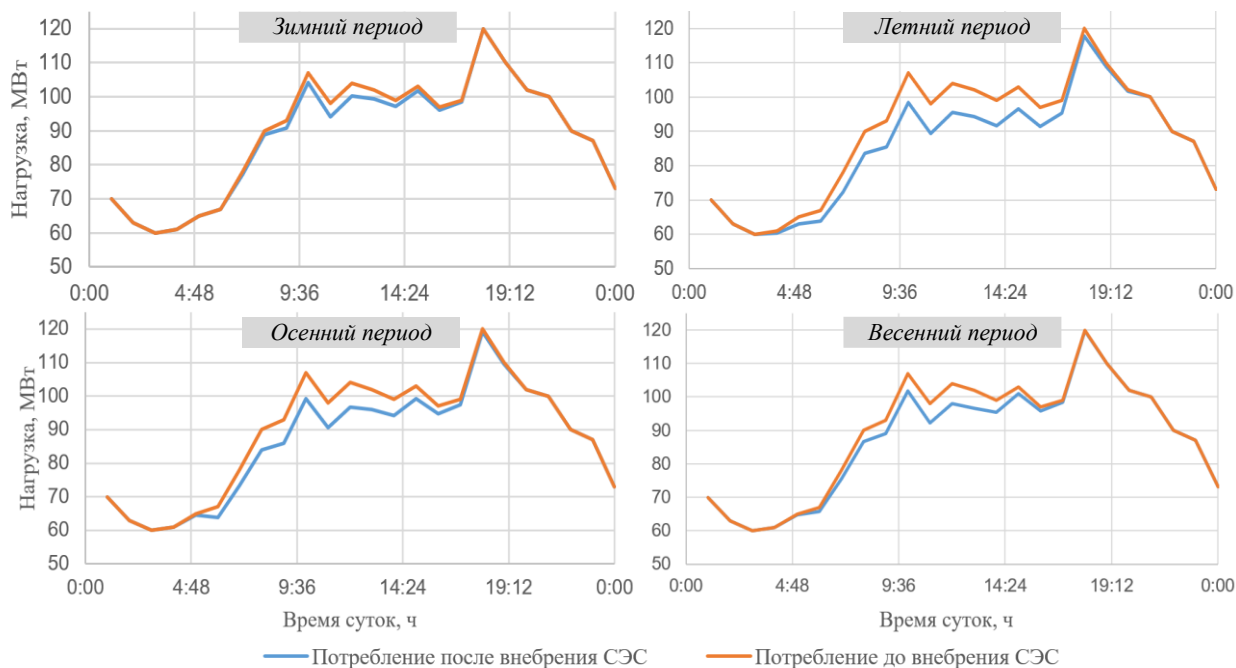


Рисунок 3.2 - График изменения нагрузки на главную сеть северо-восточного региона полуострова.

В качестве примера рассмотрена СЭС мощностью 25 МВт, расчёт которой произведен с использованием метеоданных для определения времени восхода и захода солнца для каждого времени года и усредненных данных энергопотребления региона в различные времена года.

На основании полученных данных возможно рассчитать количество потребляемой энергии без учета применения СЭС. Для этого используем следующую зависимость:

$$W_{\text{потр.}} = W_n \cdot T \cdot n, \quad (3.1)$$

где W_n – суточное значение потребленной энергии, МВт·ч/день; $T = 30$ – период работы потребителей, дней; $n = 3$ – количество месяцев.

Следовательно, количество энергии, выработанное солнечной электростанцией за выбранный период определяется как:

$$W_{\text{выр.}} = W_{\text{пер.}} \cdot T \cdot n, \quad (3.2)$$

где $W_{\text{пер.}}$ – суточное значение выработанной энергии, МВт·ч/день.

Для определения количества потребляемой энергии северо-восточного региона с учетом работы солнечной электростанции необходимо найти разницу потребленной регионом и выработанной электростанцией электроэнергии:

$$W_{СЭС} = W_{потр.} - W_{выр.} \quad (3.3)$$

Таблица 3.1 – Результаты анализа потребляемой энергии до и с использованием СЭС

Номинальная мощность СЭС, МВт	Период	Потребляемая энергия без применения СЭС, тыс. МВт·ч	Энергия, вырабатываемая СЭС, тыс. МВт·ч	Потребляемая энергия после внедрения СЭС, тыс. МВт·ч
25	Зима	192,42	2,957	189,463
	Весна		8,547	183,873
	Лето		11,61	180,81
	Осень		4,66	187,76

Произведенный расчет вырабатываемой энергии СЭС мощностью 25 МВт при условии ее установки в северо-восточном регионе республики Крым, показал, что электростанция позволяет компенсировать 27,774 тыс. МВт·ч электроэнергии, потребляемой полуостровом. Таким образом, внедрение солнечной электростанции, как концепции комбинированного электроснабжения Керченского полуострова, может позволить снизить расходы на покупку электроэнергии и уровень техногенной нагрузки на генерацию мощности с использованием углеводородов [8-9].

3.2 Исследование техногенной нагрузки при производстве, транспортировке, установке, использовании и утилизации СЭС на территории республики Крым

Уровень техногенной нагрузки применения солнечных электростанций целесообразно оценивать путем сравнения техногенной нагрузки на производство, эксплуатации и утилизацию панелей с расчетными данными сокращения углеродного следа за счет применения альтернативной генерации мощности.

Согласно данным Глобальной инициативы по экономии топлива (ГИЭТ) [2] среднемировая углеродоемкость электроэнергии составляет (на 2018 г.) 479 г CO₂/кВт·ч. Следовательно, выработка солнечной электростанцией 27,774 тыс. МВт·ч в год (углеродоемкость 358 г CO₂/кВт·ч) позволит уменьшить выброс оксида углерода в атмосферный воздух на 9941,481 т в год.

Однако производство солнечных панелей является энергоемким процессом. Согласно международным исследованиям по расчету энергетической рентабельности [1,10] около 600 кВт·ч энергии используется для производства каждого квадратного метра солнечных панелей. Солнечная электростанция мощностью 25 МВт включает в себя около 100 000 м² солнечных панелей (из расчета в 250 Вт/м²). Таким образом, только производство панелей для рассчитываемой солнечной электростанции требуется единовременно затратить 600 тыс. МВт·ч. Таким образом, энергетическая рентабельность использования солнечных электростанций наступает спустя более 20 лет их работы, что граничит с средним сроком службы солнечных панелей, составляющим 25-30 лет. Добавляя энергетические затраты на транспортировку, установку, обслуживание и утилизацию панелей, техногенная нагрузка может даже превысить уровень снижения углеродоёмкости энергии за счет их использования.

Кардинально может изменить ситуацию производство солнечных панелей с повышенным сроком службы. Так же, следует учесть, что данные исследования произведены для отдельного региона Российской Федерации, но с использованием среднемировых данных углеродоёмкости. Таким образом становится ясно, что страны-производители альтернативных источников электроэнергии, в частности солнечных панелей испытывают техногенную нагрузку больше, чем страны потребители.

На территории Республики Крым отсутствуют производства солнечных панелей, а природные и климатические условия благоприятны для их использования. Таким образом, использование их с точки зрения пользы для экологического состояния и снижения выбросов CO₂ в рамках региона

очевидно целесообразно, однако, что касается общемировой тенденции – остается под вопросом.

Заключение по третьей главе

Проведенные исследования показывают, что в рамках внедрения солнечных электростанций в региональные сети Республики существенно снижается уровень углеродоемкости энергетики региона, однако на общемировой уровень влияние является сомнительным ввиду высокой энергоёмкости производства оборудования.

Глава 4 ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ

Для построения системы генерации электроэнергии ветряной электростанции необходима установка промышленной ветровой установки. Для проведения расчетов установки ветрогенераторов на территории Республики Крым на примере Керченского полуострова выбираем ветрогенераторы типа HW82/1500 кВт. Диаметр ротора установки составляет 82 м. Так как Hewind является производителем узкого спектра продукции, в его портфолио представлено лишь несколько моделей. Производство электроэнергии начинается при скорости ветра от 3 м/с. Уже при скорости 20 м/с происходит автоматическое отключение установки [13]. Оптимальная мощность достигается при сравнительно низкой скорости ветра 11 м/с.

Для преобразования и передачи электроэнергии в сеть переменного тока в качестве инверторной трансформаторной подстанции (ТП) выбираем PVS800-MWS-1250kW-10. Всего для организации ветряной электростанции используются 10 ветрогенераторов и 10 трансформаторных подстанций, суммарная мощность системы 15 МВт [24, 44].

4.1 Расчет экономии электроэнергии за счет внедрения ветровых электростанций на Керченском полуострове.

По архивным данным погоды находим повторяемость различных градаций скорости ветра выраженное в процентах от количества дней в месяце и в году. Важный энергетический показатель «Повторяемость различных градаций скорости ветра» можно рассматривать как процент времени, в течение которого наблюдалась та или иная градация скорости ветра. Повторяемость скорости ветра по градациям представляет собой временную характеристику скорости ветра. Полученные результаты сведены в таблицы 4.1 и 4.2 [1].

Таблица 4.1 - Повторяемость различных градаций скорости ветра на Керченском полуострове в 2020 г. (%)

Скорость ветра, м/с	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Годовой %
0-1	6,45	0	3,2	0	3,2	3,3	0	0	0	0	3,3	0	1,64
2-3	22,6	13,8	3,2	13,3	25,8	20	22,6	6,45	13,3	22,6	16,7	22,6	17
4-5	32,3	24,1	41,9	30	19,3	43,3	25,8	29	43,3	48,4	43,3	35,5	34,8
6-7	19,3	24,1	16,1	33,3	35,5	26,7	35,5	45,2	36,7	25,8	26,7	25,8	29,3
8-9	19,3	20,7	19,3	20	9,7	3,3	12,9	12,9	6,7	3,2	10	6,45	12
10-11	0	13,8	16,1	3,3	6,45	3,3	0	3,2	0	0	0	6,45	4,4
12-13	0	3,4	0	0	0	0	3,2	3,2	0	0	0	3,2	1,1
14-15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 4.2 - Повторяемость ветра в 2020 г., выраженная в часах

Скорость ветра, м/с	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13
Количество часов в году	143,664	1489,2	3048,48	2566,68	1051,2	385,44	96,36

По кривой производительности ветрогенератора HW82 (рис. 4.1) находим среднегодовую выработку электроэнергии ВЭС. Полученные данные представлены в таблице 4.2. Потребляемая энергия без применения ВЭС на территории Керченского полуострова составляет 769,68 [3] тыс. МВт·ч.

На основе полученных данных произведен расчет потребляемой электроэнергии после внедрения ветровой электростанции в энергосистему Керченского полуострова. Полученные результаты расчетов за 1 год приведены в таблице 4.3.

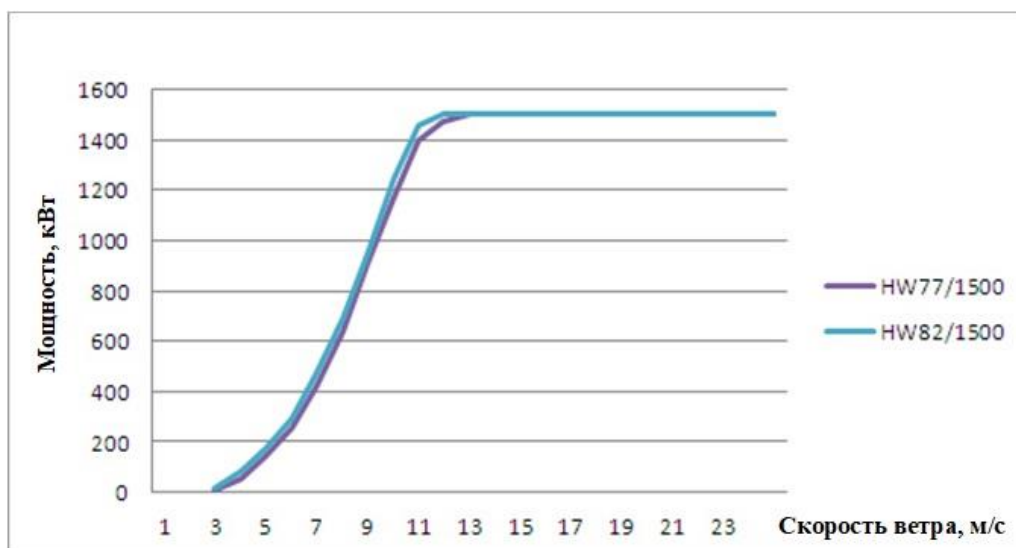


Рисунок 4.1 - Кривые производительности ветрогенераторов HW 77/1500 кВт, HW 82/1500 кВт

Таблица 4.3 - Результаты расчетов потребляемой электроэнергии до и после внедрения ВЭС

Номинальная мощность ВЭС, МВт	Период	Потребляемая энергия без применения ВЭС, тыс. МВт·ч	Энергия, вырабатываемая ВЭС, тыс. МВт·ч	Потребляемая энергия после внедрения ВЭС, тыс. МВт·ч
15	1 год	769,68	23,78	745,9

Таким образом, в результате внедрения ветровой электростанции мощностью 15 МВт, количество потребляемой энергии с основной сети сокращается на 23,78 тыс. МВт·ч.

4.2 Технико-экономический расчет затрат и окупаемости внедрения ветровых электростанций на Керченский полуостров

Технико-экономический расчет включает в себя:

- расчет капитальных затрат;
- расчет эксплуатационных расходов;

- расчет амортизационных отчислений;
- расходы на техническое обслуживание, охрану и текущий ремонт оборудования.

Расчет капитальных затрат. Расчет капитальных затрат, необходимых для внедрения ВЭС, рассчитывается по формуле 4.1:

$$K_{\text{кап.}} = K_{\text{ВЭС}} (\sum C_i) + Z_{\text{ТЗР}} + Z_{\text{МНР}} + Z_{\text{дем.}} + Z_{\text{проч.}} + Z_{\text{НИР}} + Z_c, \quad (4.1)$$

где $K_{\text{ВЭС}} (\sum C_i)$ – сумма требуемых затрат для приобретения оборудования, необходимого для создания ВЭС, руб.;

$Z_{\text{ТЗР}}$ – транспортно-заготовительные расходы, руб.;

$Z_{\text{МНР}}$ – затраты для проведения монтажно-наладочных работ, руб.;

$Z_{\text{дем.}}$ – затраты на демонтаж устаревшего оборудования, руб.;

$Z_{\text{проч.}}$ – расходы на прочие работы, руб.

$Z_{\text{НИР}}$ – стоимость проведения научно-исследовательской работы, руб.

Z_c – затраты на аренду или покупку дополнительных площадей, и других элементов основных фондов, руб.

Стоимость оборудования приведена в таблице 4.4. Количество и стоимость кабелей, коннекторов, установочных комплектов для монтажа солнечных панелей зависит от мощности ВЭС.

Таблица 4.4 – Стоимость оборудования ВЭС мощностью 15 МВт

Наименование	Сумма на покупку оборудования, млн. руб.
Ветряные электростанции	890
Трансформаторы	60
ЛЭП	30
Кабельная продукция, расходные материалы	14

Затраты на приобретение всего оборудования и комплектующих составляет:

$$K_{ВЭС15МВт}(\sum C_i) = 994 \text{ млн. руб.}$$

Цены на оборудование взяты с официальных сайтов заводоизготовителей.

Сумма транспортно-заготовительных расходов ($Z_{ТЗР}$) принята равной 5% от стоимости оборудования ВЭС и составляет:

$$Z_{ТЗР15МВт} = 49,7 \text{ млн. руб.}$$

Стоимость монтажно-наладочных работ принимается, основываясь на прейскурант монтажных работ, а в случае его отсутствия используется укрупненные нормативы. Для данного оборудования стоимость варьируется в диапазоне 4-15% от суммы затрат на его приобретение.

$$Z_{МНР15МВт} = 0,15 \cdot 994 = 149,1 \text{ млн. руб.}$$

Так как ВЭС является вновь вводимой, демонтаж старого оборудования проводить не требуется ($Z_{дем.} = 0$).

Затраты на аренду или покупку дополнительных площадей, а также на проведение научно-исследовательской и прочих работ, равные 10% от стоимости оборудования, принимаем по укрупненным нормативам.

Стоимость капитальных затрат, необходимых для осуществления проекта составляют:

$$K_{кап.15МВт} = 994 + 149,1 + (49,7 \cdot 3) = 1292,2 \text{ млн. руб.}$$

По результатам расчета капитальных затрат, для внедрения ВЭС необходимо 1292,2 млн. руб.

Расчет эксплуатационных расходов. Видами эксплуатационных работ выступают:

- амортизационные отчисления (A);
- оплата труда обслуживающего персонала (C_3);
- выделение денежных средств на социальные мероприятия (C_c);
- расходы на ремонтные работы и обслуживание оборудования (C_p);
- цена электрической энергии, которая потребляется объектом проектирования ($C_э$);
- прочие затраты ($C_{np.}$).

Формула расчета эксплуатационных расходов для объекта проектирования (4.2):

$$C = A + C_3 + C_c + C_p + C_э + C_{np.}, \quad (4.2)$$

Исходя из того, что электропитание для собственных нужд обеспечивается посредством ветрогенераторов, следует, что стоимость электрической энергии, которая потребляется объектом проектирования, приравнивается к нулю.

Размер стоимости прочих затрат представляет собой 4% от заработка обслуживающего персонала.

Расчет амортизационных отчислений. При прямолинейном методе норма амортизации является постоянной на протяжении всего амортизационного периода и представляет собой такое равенство для электрооборудования (4.3):

$$H_a = \frac{\Phi_{II} - Л}{\Phi_{II} \cdot T_{II}} \cdot 100\%, \quad (4.3)$$

где Φ_{II} – исходная рыночная стоимость объекта основных средств, руб.;

$Л$ – расчётная ликвидационная стоимость основных средств, руб.

(4.4);

T_{II} – период полезного использования, мес.

$$Л = \Phi_{\Pi} \cdot (1 - K_{\text{ВП}}), \quad (4.4)$$

где $K_{\text{ВП}} = 0,15$ – коэффициент вынужденных продаж.

$$Л_{15\text{МВт}} = 994 \cdot (1 - 0,15) = 844,9 \text{ млн. руб.}$$

Норма амортизации для проектируемой ВЭС:

$$H_{a15\text{МВт}} = \frac{994 - 844,9}{994 \cdot 12} \cdot 100\% = 1,25\% .$$

Из этого следует, что по прямолинейному методу годовые амортизационные отчисления равняются (4.5):

$$A = \frac{\Phi_{\Pi} \cdot H_a}{100}, \quad (4.5)$$

$$A_{15\text{МВт}} = \frac{994 \cdot 1,25}{100} = 12,43 \text{ млн. руб.}$$

По результатам расчета амортизационные отчисления составляют 12.43 млн. руб.

Расходы на техническое обслуживание, охрану и текущий ремонт оборудования. Общие затраты на техническое обслуживание, охрану и ремонт электрооборудования (4.6):

$$C_p = \Phi_{\text{ОТ}} + O + C_{\text{мат.}} + C_{\text{накл.}}, \quad (4.6)$$

где $\Phi_{\text{ОТ}}$ – фонд оплаты труда рабочих, руб. (4.7);

O – отчисления на страхование и прочие отчисления, руб;

$C_{\text{мат.}}$ – затраты на материалы и запчасти, необходимые для технического ремонта и обслуживания, руб.;

$C_{накл.}$ – накладные расходы, руб.

$$\Phi_{от} = \Phi_{оз} + \Phi_{дз}, \quad (4.7)$$

где $\Phi_{оз}$ – фонд основной заработной платы, руб. (4.8);

$\Phi_{дз}$ – фонд дополнительной заработной платы, руб.

$$\Phi_{оз} = R_i \cdot T_{общ.} \cdot k_{пр.}, \quad (4.8)$$

где R_i – почасовая тарифная ставка рабочих, осуществляющих ремонтные работы (усредненная тарифная ставка электромонтера по ремонту электрооборудования составляет 102,5 руб.);

$T_{общ.}$ – общая среднегодовая трудоемкость технического обслуживания и ремонта оборудования, чел.-ч. (4.9);

$k_{пр.} = 1,1$ – коэффициент, учитывающий размер премий и других доплат.

$$T_{общ.} = T_{тр} + T_{кр} + T_{то} + T_{ох}, \quad (4.9)$$

где $T_{тр}$ – трудоемкость текущего ремонта электрооборудования, чел.-ч.;

$T_{кр}$ – трудоемкость капитального ремонта электрооборудования, чел.-ч.;

$T_{то}$ – трудоемкость технического обслуживания электрооборудования, чел.-ч.,

$T_{ох}$ – трудоемкость охраны, чел.-ч.

$$T_{тр16МВт} = 6230 \text{ чел.-ч.},$$

$$T_{кр16МВт} = 30620 \text{ чел.-ч.}$$

$$T_{\text{ox15MBm}} = 24 \cdot 365 \cdot 2 = 17520 \text{ чел.-ч.}$$

Нормы времени на техническое обслуживание принимаются в размере 10% от трудоемкости текущего ремонта.

$$T_{\text{общ.15MBm}} = 6230 + 30620 + 623 + 17520 = 54993 \text{ чел.-ч.}$$

Найдем фонд основной заработной платы:

$$\Phi_{\text{ОЗ15MBm}} = 102,5 \cdot 54993 \cdot 1,1 \cdot 10^{-6} = 6,2 \text{ млн. руб.}$$

Используя полученные данные, найдем фонд дополнительной заработной платы (4.10):

$$\Phi_{\text{ДЗ}} = \Phi_{\text{ОЗ}} \cdot k_{\text{ДЗ}}, \quad (4.10)$$

где $k_{\text{ДЗ}} = 0,098$ – коэффициент, учитывающий размер дополнительной заработной платы.

$$\Phi_{\text{ДЗ15MBm}} = 6,2 \cdot 10^3 \cdot 0,098 = 607,6 \text{ тыс. руб.}$$

Тогда фонд оплаты труда составляет:

$$\Phi_{\text{ОТ15MBm}} = 6,2 + 607,6 \cdot 10^{-3} = 6,807 \text{ млн. руб.}$$

Отчисления от заработной платы в Российской Федерации составляют 30% (в пенсионный фонд – 22%, в фонд социального страхования – 2,9%, в фонд обязательного медицинского страхования – 5,1%).

Месячная заработная плата электромонтера (4.11) составляет:

$$z_{эм} = \frac{\Phi_{от}}{12 \cdot \mathcal{C}_{эл.}}, \quad (4.11)$$

где $\mathcal{C}_{эл.}$ – количество персонала, чел. (4.12);

$$\mathcal{C}_{эл.} = \frac{T_{общ.}}{F_{д.} \cdot k_H}, \quad (4.12)$$

где $k_H = 1,15$ – коэффициент выполнения нормы;

$F_{д.}$ – годовой фонд рабочего времени персонала, ч (4.13):

$$F_{д.} = ((F_K - N_{праз.} - N_{вых.}) - O_{отп.} - N_{больн.} - \Gamma_{обяз.}) \cdot D_{см.}, \quad (4.13)$$

где $F_K = 365$ – календарный фонд рабочего времени;

$N_{праз.} = 11$ – количество праздничных дней;

$N_{вых.} = 104$ – количество выходных дней при пятидневной рабочей неделе;

$O_{отп.} = 24$ – количество отпускных дней;

$N_{больн.} = 4$ – потери рабочих дней при болезни персонала;

$\Gamma_{обяз.} = 1$ – потери рабочих дней в связи с выполнением гражданских обязанностей;

$D_{см.} = 8$ – длительность смены, часов.

$$F_{д.} = ((365 - 11 - 104) - 24 - 4 - 1) \cdot 8 = 1768 \text{ ч.}$$

$$\mathcal{C}_{эл.15МВт} = \frac{54993}{1768 \cdot 1,15} = 27 \text{ чел.}$$

Тогда средняя заработная плата обслуживающего персонала:

$$Z_{ЭМ15МВт} = \frac{6,8 \cdot 10^3}{27 \cdot 12} = 20,980 \text{ тыс. руб.}$$

Произведем расчет страховых отчислений:

$$O_{отч.15МВт} = 6,8 \cdot 0,3 = 2,04 \text{ млн. руб.}$$

Затраты на материалы и запчасти принимаем равными:

$$C_{mat.15МВт} = 3 \text{ млн. руб.}$$

Принимаем сумму накладных расходов равную 50% от затрат на материалы и запчасти.

$$C_{накл.15МВт} = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ млн. руб.}$$

Тогда сумма расходов на ремонтные работы и обслуживающие мероприятия за год составляет:

$$C_{P15МВт} = 6,8 + 2,04 + 3 + 1,5 = 13,7 \text{ млн. руб.}$$

Следовательно, эксплуатационные затраты для ВЭС за один год составляют:

$$C_{15МВт} = 7 + 13,7 = 20,7 \text{ млн. руб.}$$

Определение годовой экономии от внедрения объекта проектирования. Средняя стоимость покупки электроэнергии энергоснабжающей организацией с учетом субсидий в 2021 году составляет 3 рубля за 1 кВт·ч.

Используя данные, приведенные в таблице 4.3, произведем расчет годовой экономии от внедрения ВЭС в централизованную систему электроснабжения Керченского полуострова.

Найдем сумму затрат на приобретение электрической энергии (4.14):

$$Z_{\text{ЭЭ}} = W_{\text{номр.}} \cdot C_{\text{ЭЭ}}, \quad (4.14)$$

где $C_{\text{ЭЭ}}$ – стоимость электроэнергии, руб.

$$Z_{\text{ЭЭ}} = 769,68 \cdot 3 = 2309,04 \text{ млн. руб.}$$

В качестве примера рассчитаем затраты на приобретение электроэнергии, а также её экономию после внедрения ВЭС мощностью 15 МВт:

$$Z_{\text{ВЭС}} = W_{\text{ВЭС}} \cdot C_{\text{ЭЭ}} = 23,78 \cdot 3 = 71,34 \text{ млн. руб.},$$

$$\text{Э}_{\text{ВЭС}} = Z_{\text{ЭЭ}} - Z_{\text{ВЭС}} = 2309,04 - 71,34 = 2237,7 \text{ млн. руб.},$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 4.5.

Годовая экономия электроэнергии составляет:

$$\text{Э}_{\text{ВЭС год.15МВт}} = 71,4 \text{ млн. руб.}$$

Таблица 4.5 – Результаты расчетов затрат на электроэнергию и её экономию после внедрения ВЭС для различных периодов

Номинальная мощность ВЭС, МВт	Период	Затраты на электроэнергию до внедрения ВЭС, млн. руб.	Затраты на электроэнергию после внедрения ВЭС, млн. руб.	Экономия электроэнергии, млн. руб.
1	год	2309,04	2237,7	71,4

Полная годовая экономия от внедрения СЭС рассчитывается с учетом эксплуатационных затрат и составляет (4.15):

$$E_{\text{полн.год.}} = \mathcal{E}_{\text{ВЭСгод.}} - C, \quad (4.15)$$

$$E_{\text{полн.год.15МВт}} = 71,4 - 20,7 = 50,7 \text{ млн. руб.}$$

Расчет показателей экономической эффективности. Для оценки экономической эффективности внедряемого проекта необходимо определить следующие показатели:

– коэффициент эффективности капитальных затрат (4.16):

$$E_p = \frac{E_{\text{полн.год.}}}{K_{\text{кап.}}}, \quad (4.16)$$

$$E_{p\text{ВЭС16МВт}} = \frac{50,7}{1292,2} = 0,04.$$

Данный коэффициент показывает, сколько приносит прибыли один рубль капитальных вложений.

– Период окупаемости (4.17):

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{K_{\text{кап.}}}{E_{\text{полн.год.}}}, \quad (4.17)$$

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{1242,5}{50,7} = 25,5 \text{ лет.}$$

Заключение по четвертой главе

В результате технико-экономического анализа рассчитана стоимость внедряемых проектов. Сумма капитальных затрат для ВЭС мощностью 15 МВт составляет 1292,5 млн. руб. Полная годовая экономия от внедрения ВЭС составляет 50,7 млн. руб. Срок окупаемости при найденной годовой экономии составил 25,5 лет.

Глава 5 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТ ВНЕДРЕНИЯ ВЕТРОВЫХ И СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Углеродоемкость - соотношение объемов выбросов CO_2 и количества энергии, потребленной за год. Процесс снижения углеродоемкости, как правило, называют декарбонизацией.

В настоящее время общемировые показатели углеродоемкости снижаются. Однако показатели разных стран сильно отличаются друг от друга. Главная причина - особенности структуры производства электроэнергии.

Для снижения углеродоемкости требуется:

- более широкое внедрение передовых энергоэффективных технологий (парогазовые установки, комбинированная выработка электричества и тепла);
- снижение потерь в электрических и тепловых сетях;
- стимулирование генерации на основе ВИЭ и развитие распределенной генерации (в том числе изолированных энергосистем) и т. д.

Несмотря на то, что углеродоемкость электроэнергии в мире к 2016 году снизилась до уровня ниже $500 \text{ г CO}_2/\text{кВт}\cdot\text{ч}$, на ее выработку все равно приходится около 42% глобальных выбросов CO_2 . Этот показатель на данный момент является одним из главных в процессе решения проблемы глобального изменения климата. Производство электроэнергии в мире продолжает расти быстрыми темпами с опережающим развитием мощностей ВИЭ. Углеродоемкость электроэнергии в ведущих странах мира зависит в основном от доминирующего вида топлива. В Германии, где уголь все еще преобладает, данный показатель на 3% больше американского (растет доля газа) и почти в 9 раз больше французского (доминирует атомная энергия). Российский показатель снизился до $358 \text{ г CO}_2/\text{кВт}\cdot\text{ч}$, что вполне респектабельно — дальнейшие возможности снижения зависят от модернизации и повышения эффективности [49].

Выработка электроэнергии в мире с 2010 по 2018 год выросла на 23,8% до 27,7 трлн $\text{кВт}\cdot\text{ч}$, а ее углеродоемкость снизилась на 10,4% до 475 г

CO₂/кВт·ч. Такие изменения произошли в результате развития глобальной структуры выработки электроэнергии. Доля ископаемого топлива за данный период снизилась до 65,2% за счет нефти и угля. При этом выросла доля газа, удельные выбросы которого, по данным МЭА (Международное энергетическое агентство), в 1,5-2,5 раза ниже по сравнению с нефтью и углем: 400 г CO₂/кВт·ч против 600 г CO₂/кВт·ч и 845-1020 г CO₂/кВт·ч (в зависимости от типа угля) соответственно.

Снижение доли ископаемого топлива при выработке электроэнергии происходит за счет опережающих темпов роста выработки на основе различных видов ВИЭ (включая отходы), которые характеризуются низкими или нулевыми выбросами CO₂.

В Российской Федерации с 2010 по 2016 год углеродоемкость электроэнергии снизилась на 9 %, и теперь составляет 358 г CO₂/кВт·ч. Углеродоемкость электроэнергии в России является достаточно низкой на фоне мирового уровня и других крупных эмитентов CO₂, однако все еще на 20% выше среднего показателя по ЕС.

Низкий уровень углеродоемкости электроэнергии в России обусловлен структурой выработки электроэнергии: высока доля газа (48% в 2016 году), атомной энергии (18%) и гидроэнергии (17%). Дополнительным фактором является высокая доля ТЭЦ в структуре выработки электроэнергии, КПД которых достигает 85-92%.

Использование альтернативных источников энергии также снижает показатели выбросов углекислого газа в атмосферу. Проведем расчет уменьшения выбросов CO₂ по предложенным к внедрению ранее в работе СЭС (25 МВт) и ВЭС (15 МВт).

Выработка солнечной электростанцией 27,774 тыс. МВт·ч в год (углеродоемкость 358 г) позволит уменьшить выброс оксида углерода в атмосферный воздух на 9941,481 т в год.

При использовании ветряной электростанции за год вырабатывается 23,78 тыс. МВт·ч, что снижает выброс CO₂ на 8513,24 т. в год.

Таким образом, использование альтернативной энергетики помогает снизить количество выбрасываемого в атмосферный воздух углекислого газа, а значит уменьшить вероятность развития парникового эффекта и снизить угрозу глобального изменения климата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Альтернативная энергетика начала свое развитие около 300 лет назад, продолжая совершенствоваться и в наше время, открывая все новые виды возобновляемых источников энергии. Для получения энергии используют энергию солнца, ветра, энергию планеты, волн, гроз, биомасс и т. п. Перспективность использования возобновляемой энергетики в Российской Федерации и в том числе в Республике Крым раскрывается в Указе Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», Стратегии пространственного развития РФ на период до 2025 года, а также Законе Республики Крым от 09.01.2017 № 352ЗРК/2017 «О стратегии социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года».

Климатические характеристики Республики Крым оправдывают использование ветровой и солнечной энергетики. Количество солнечных дней на территории полуострова составляет около 300 дней в год. Наиболее подходящими районами использования солнечной энергетики на полуострове являются Симферопольский, Черноморский, Ленинский и др. Направления и скорость ветра в Крыму зависит от времени года, зимой северо-восточные ветры продолжаются по 270 - 325 часов в месяц, а летом - северо-западные продолжительностью до 350 часов в месяц. Наиболее подходящими районами полуострова для использования ВЭС являются Черноморский, Ленинский, Джанкойский, Симферопольский и др.

Согласно требованиям к системам регулирования, управления и защиты возобновляемых источников электроэнергии при их работе в составе Единой энергетической системы России применение альтернативных источников электроэнергии совместно с главной сетью допустимо при их суммарной мощности, равной 20% от максимальной нагрузки региона. В качестве примера рассчитана СЭС мощностью 25 МВт, используя метеоданные для определения времени восхода и захода солнца для каждого времени года.

Выработка солнечной электростанцией 27,774 тыс. МВт·ч в год (углеродоемкость 358 г CO₂/кВт·ч) позволит уменьшить выброс оксида углерода в атмосферный воздух на 9941,481 т в год. При использовании ветряной электростанции за год вырабатывается 23,78 тыс. МВт·ч, что снижает выброс CO₂ на 8513,24 т. в год. Таким образом, использование альтернативной энергетики помогает снизить количество выбрасываемого в атмосферный воздух углекислого газа.

Проведенные исследования показывают, что в рамках внедрения солнечных электростанций в региональные сети Республики существенно снижается уровень углеродоемкости энергетики региона, однако на общемировой уровень влияние является сомнительным ввиду высокой энергоёмкости производства оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 On-line калькулятор солнечной, ветровой и тепловой энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.helios-house.ru/on-line-kalkulyator.html>
- 2 Авдеев, Б. А. Оценка технического потенциала солнечной энергии керченского полуострова для применения в интеллектуальных сетях электроснабжения / Б. А. Авдеев, А. В. Вынгра // Морские технологии: проблемы и решения - 2021 : Сборник статей участников Национальной научно-практической конференции, Керчь, 19–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Е.П. Масюткина. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2021. – С. 97-100
- 3 Алхасов, А. Б. Возобновляемая энергетика / А. Б. Алхасов; под ред. В. Е. Фортова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 255 с.
- 4 Альтернативная энергетика Крыма [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/>
- 5 Альтернативные источники энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://1prime.ru/>
- 6 Альтернативные источники энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecodevelop.ua/ru/alternativni-dzherela-energiyi/>
- 7 АльтЭнерго [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://altenergo.su/about-company/>
- 8 Ассоциация предприятий солнечной энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pvrussia.ru/>
- 9 Ассоциация развития возобновляемой энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rreda.ru/>
- 10 Бурьян, А. В. Альтернативная энергетика и проблема энергетической безопасности / А. В. Бурьян // Экономика и предпринимательство. – 2012. – № 5. – С. 76-78

11 Бухарицин, П. И. Альтернативные источники энергии (учебно-методическое пособие по дисциплине "альтернативные источники энергии") / П. И. Бухарицин // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 8-2. – С. 189.

12 Быстрицкий, Г. Ф. Общая энергетика: учебное пособие / Г. Ф. Быстрицкий. – М.: КНОРУС, 2010. – 293 с.

13 Ветрогенератор. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/>

14 Влибор Системс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wlibor.ru/>

15 Вынгра, А. Н. Аспекты применения альтернативных источников энергии в Республике Крым / А. Н. Вынгра, А. Ю. Семенова // Сборник тезисов докладов участников пула научно-практических конференций. – Керчь: ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2021. – С. 407 – 408

16 Вынгра, А. Н. К вопросу о применении альтернативных источников энергии, связанных с климатическими характеристиками Республики Крым / А. Н. Вынгра, А. Ю. Семенова // Сборник трудов по материалам Научно-практической конференции студентов и курсантов «Образование, наука и молодёжь - 2021» / под общ. ред. Е. П. Масюткина. – Керчь: КГМТУ, 2021. – С. 456 – 458 с.

17 Вынгра, А. Н. Экологические аспекты производства солнечных панелей и ветрогенераторов / А. Н. Вынгра, А. Ю. Семенова // Сборник тезисов докладов участников II Международной научно-практической конференции «Инновационные направления интеграции науки, образования и производства» – Керчь: ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2021. – С. 657 – 658

18 Вынгра, А. Н. Эколого-экономическая эффективность внедрения ветряных электростанций на территории Республики Крым / А. Н. Вынгра // Znanstvena Misel. – 2021. – № 60 (60). – С. 10-12

19 Вынгра А. Н. Эколого-экономическая эффективность внедрения солнечных электростанций на территории Керченского полуострова / А. Н.

Вынгра // Сборник трудов по материалам Национальной научно-практической конференции «НАУКА И ОБЩЕСТВО: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ» - Керчь: КГМТУ, 2021. – С. 552 - 557

20 Гайдук, В. И. Инвестиции в альтернативные источники энергии / В. И. Гайдук, С. А. Батюков, Е. В. Лукьяненко // Материалы и методы инновационных исследований и разработок : сборник статей международной научно-практической конференции: в 2 частях, Екатеринбург, 15 марта 2017 года. – Екатеринбург: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2017. – С. 17-20.

21 Горбунова, Т.Ю. Изученность потенциала ветровой энергетики Крымского полуострова / Т. Ю. Горбунова // Геология, география и глобальная энергия, 2017. - № 3 (66). - С. 147-161.

22 ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301>

23 Гурьев, В. В. Перспективы развития возобновляемых источников энергии на территории Крымского полуострова / В. В. Гурьев, В. В. Кувшинов, Б. А. Якимович // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. – 2019. – Т. 22. – № 4. – С. 116-123. – DOI 10.22213/2413-1172-2019-4-116-123

24 Дневник погоды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gismeteo.ru/>

25 Закон Республики Крым от 09.01.2017 N 352-ЗРК/2017 (ред. от 30.05.2018) «О стратегии социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>

26 Зеленый киловатт. Ассоциация специалистов возобновляемой энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://xn--80adiaiigigesq8ca0k.xn--p1ai/>

27 Зиновьев, Г. С. Силовая электроника в 2 ч. Часть 2 : учебное пособие для бакалавров / Г. С. Зиновьев. – 5-е изд., испр. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – 285 с. – (Серия : Бакалавр. Академический курс) . – ISBN 978-5- 9916-7631-1.

28 Ирхин, О. И. Целесообразность массового внедрения ветро-солнечных электростанций в единую энергосистему России / О. И. Ирхин, С. В. Стадникова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 01–20 мая 2019 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. – С. 3086-3088

29 История альтернативной энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://altern-energy.com.ua/istoriya-alternativnoy-energetiki-v-datah/>

30 К вопросу переработки лопастей ветряных турбин. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://renen.ru/>

31 Каталог электротехнической продукции фирмы АВВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energoprime.ru/manufactures/ABB>

32 Климат в Крыму помесячно [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://goodmeteo.ru/pogoda-krym/god/>

33 Климат Крыма [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wikipedia.tel/>

34 Крым, он – ветроэнергетический [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rawi.ru/2018/02/kryim-on-vetroenergeticheskiy/>

35 Махова, А. В. Анализ и перспективы использования альтернативных источников энергии в России в 2014 - 2024 гг / А. В. Махова, А. В. Нелипа // Евразийский союз ученых. – 2018. – № 3-4(48). – С. 41-44.

36 Митяево (электростанция) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wiki2.info/>

37 Мнимые и реальные проблемы ветровой энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ng.ru/energy/2022-02-07/12_8365_problems.html

38 Осадчий, Г. Б. Факторы эффективного использования возобновляемых источников энергии для электроснабжения / Г. Б. Осадчий // Энергетик. – 2015. – № 3. – С. 25-28

39 Погодные сервисы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pogoda-service.ru/climate.php>

40 Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2036 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>

41 Развитие альтернативных источников энергии / К. О. Каршева, Р. О. Резниченко, В. В. Баранов [и др.] // Современные проблемы электроэнергетики и пути их решения : Материалы V Всероссийской научно-технической конференции, Махачкала, 25–26 декабря 2019 года. – Махачкала: Информационно-Полиграфический Центр ДГТУ, 2019. – С. 120-123.

42 Распоряжение Правительства РФ от 13.02.2019 N 207-р «Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>

43 Свидетельство 2022617260. «Расчет эколого-экономической эффективности внедрения солнечных электростанций» / Вынгра А. Н., Вынгра А. В., Авдеев Б. А. (RU); правообладатель ФГБОУ ВО «КГМТУ». № 2022616635. заявл. 12.04.2022 : опубл. 19.04.2022. Бюл. № 2022616635. 621 Мб

44 Секция управления режимами энергосистем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nts-ees.ru/sekcii/sekciya-upravleniya-rezhimami-energосistem-rza>

45 Солар Системс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://solarsystems.msk.ru/>

46 Солнечная энергетика. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki>

47 Тимчук, В. В. Альтернативные источники энергии. Анализ альтернативной энергетике в России / В. В. Тимчук // Аспирант. – 2021. – № 1(58). – С. 221-223.

48 Торшин, В. В. Альтернативная энергетика: прошлое, настоящее, будущее / В. В. Торшин, Ф. Ф. Пашенко, Л. Е. Круковский ; Торшин В. В., Пашенко Ф. Ф., Круковский Л. Е.. – Москва: Белый берег, 2009. – 261 с. – ISBN 978-5-98353-029-4.

49 Углеродоемкость электроэнергии в мире и России. Энергетический бюллетень. // Аналитический центр при Правительстве РФ 2019. - № 72, - 28 с.

50 Указ Президента РФ от 07.05.2018 N 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mvd.consultant.ru/>

51 Утилизация солнечных модулей (панелей). Проблемы, регулирование, практика. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://renen.ru/>

52 Фортум – самая эффективная генерирующая компания в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fortum.ru/>

53 Хевел. Солнечная энергетика для бизнеса и дома [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rnd.hevelsolar.com/>

54 Экологические аспекты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studref.com/>

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АИЭ – альтернативный источник энергии;

АРВЭ - ассоциация развития возобновляемой энергетики;

ВИЭ – возобновляемый источник энергии;

ВЭС – ветроэлектростанция;

ЛЭП – линии электропередач;

МГТЭС - мобильные газотурбинные электрические станции;

СЭС – солнечная электростанция;

ТП – трансформаторная подстанция.

Приложение А.

Список научных трудов научно-исследовательской работы по теме: Повышение качества электроэнергии на судах при работе электроприводов поршневых компрессоров

№ п/п	Наименование работы, ее вид	Форма работы	Выходные данные	Объем в л.	Авторы	Статус научного труда
1	2	3	4	5	6	7
1	ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ВНЕДРЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ	Электронная	Вода: химия и экология. – 2023. – № 9. – С. 38-43.	6	А.Н. Вынгра, А.В. Вынгра.	ВАК, 2я Категория

Приложение Б. Статья «Experimental study of the use of active filters in the electric drive power supply circuits»



НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№9, 2023



г. Москва



СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА

БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

- Уранова Валерия Валерьевна, Лепёхина Ирина Евгеньевна, Ломтева Наталья
Аркадьевна
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММЫ АЛКАЛОИДОВ РАСТЕНИЙ РОДА SCUTELLARIA 10

МЕМБРАНЫ И МЕМБРАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ (ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

- Зарипова Римма Солтановна, Самаркина Екатерина Владимировна, Петрова
Анастасия Николаевна
МОНИТОРИНГ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДНОЙ СРЕДЫ НА ИЗМЕРЕНИЕ
ИОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В
СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ 15

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Кова Нинель Николаевна, Кувыркова Варвара Витальевна, Коровин Максим
Артемович
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ ХЛОРИДА
КАЛЬЦИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ
ХИМИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ 20

- Перфильев Михаил Сергеевич, Лякишев Владислав Константинович
КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОВЕРКА МОДЕЛИ МОЛЕКУЛЫ ПОЗИТРОНИЯ КАК
ЗАЦЕПЛЕНИЯ ХОПФА ДВУХ ТОРОВ 30

ЭКОЛОГИЯ (ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

- Вынгра Анна Николаевна, Вынгра Алексей Викторович
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ВНЕДРЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ 38

- Немчанинова Екатерина Александровна, Портнягина Алёна Михайловна,
Тренина Вера Сергеевна, Черезова Анастасия Константиновна
ОЦЕНКА ОБУСТРОЙСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТРОПЫ «БОЛЬШАЯ СОСНОВАЯ» 44

УДК 504.06

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ВНЕДРЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

**Вынгра Анна Николаевна,
Вынгра Алексей Викторович**

В настоящее время широкое внимание в рамках развития экологии уделяется вопросам эффективности и рентабельности использования альтернативных источников электроэнергии. В работе произведено исследование эколого-экономической эффективности внедрения солнечных электростанций на территории Республики Крым. Произведён обширный литературный анализ проблематики исследования. Рассмотрены климатические характеристики местности на предмет пригодности для внедрения электростанций. На основе рассчитанных энергетических характеристик генерации мощности солнечной электростанции произведено исследование возможностей снижения углеродоёмкости региональной энергетики. Проанализированы аспекты техногенной нагрузки на экосистему за счет производства, эксплуатации и утилизации солнечных панелей исходя их расчетной мощности электростанции. Заключено, что в рамках внедрения солнечных электростанций в региональные сети снижается уровень углеродоёмкости энергетики региона, однако на мировой уровень влияние является сомнительным ввиду высокой энергоёмкости производства оборудования.

Ключевые слова: *солнечная электростанция, энергетическая рентабельность, альтернативные источники электроэнергии, техногенная нагрузка, углеродоёмкость.*

Одной из важнейших особенностей совместного развития экологии и энергетики является повышенное внимание к проблемам рациональности и эффективности использования энергоресурсов, внедрения технологий энергосбережения и поиска возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

В современном мире происходит постоянное углубление проблем мировой экономики, связанных с «глобальным изменением климата» и сокращением запасов углеводородов, что стимулирует применение и развитие возобновляемой энергетики в мире. В середине 2020 года Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA) опубликовало доклад, согласно которому любое новое энергопроизводство, работающее на ископаемых видах топлива, становится все дороже по сравнению с внедрением возобновляемых источников энергии. Последние 10 лет происходит совершенствование технологий, удешевление энергоустановок из-за увеличения масштаба их производства, постоянно растущей конкурентоспособности и приобретению нового опыта разработчиками затраты на производство электроэнергии из альтернативных источников резко упали [4-6].

В связи с этим применение ВИЭ помогает решить проблему удовлетворения нарастающих потребностей населения Республики Крым в электроэнергии, обеспечивая экологическую безопасность, которая также выгодна для и для экономики региона и страны в целом.

Поэтому цель данной работы: исследовать экологические аспекты внедрения альтернативных источников электроэнергии на территории на территории Республики Крым, проанализировать их технико-экономическое влияние и оценить техногенную нагрузку. Ввиду большого разнообразия типов ВИЭ в основном в работе будут рассматриваться наиболее

распространённые. При проведении исследования используются следующие методы: анализ, синтез, сравнение, системный анализ, расчетный. Материалами исследования будут выступать литературные источники и архивные данные.

Альтернативные источники энергии (АИЭ) — это природные явления, которые путем преобразования в специальных установках превращаются в тепловую или электрическую энергию. Альтернативный источник энергии является возобновляемым ресурсом, который заменяет собой традиционные источники энергии, функционирующие на природном газе, нефти и угле.

Применение альтернативной энергетики в Республике Крым обусловлено не только климатическими характеристиками, но и Указами Президента РФ, а также стратегическими документами социально-экономического развития Российской Федерации.

Согласно пункту 11 Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» Правительству Российской Федерации при реализации совместно с органами государственной власти субъектов Российской Федерации Национальной программы "Цифровая экономика Российской Федерации" необходимо обеспечить к 2024 году преобразование приоритетных отраслей экономики и социальной сферы, включая здравоохранение, образование, промышленность, сельское хозяйство, строительство, городское хозяйство, транспортную и энергетическую инфраструктуры, финансовые услуги, посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений [12].

Необходимость внедрения возобновляемой энергетики в Республике Крым обусловлены проблемами электроснабжения. С фактическим присоединением Крыма к России снизилась надёжность систем газоснабжения и электроснабжения и повысилась нагрузка на энергетическую систему, связанная с резким развитием промышленности и туризма. Появились новые задачи по обеспечению энергетической независимости Крыма, в связи с чем, использование альтернативной энергетики реализует отраслевые стратегические документы социально-экономического развития РФ.

Развитие альтернативной энергетики на территории Российской Федерации является перспективным направлением деятельности. Существует ряд организаций, предприятий и ассоциаций, занимающихся изучением и внедрением АИЭ на территории России. Рассмотрим некоторые из них.

Ассоциация предприятий солнечной энергетики развитием СЭС и организацией научно-исследовательской деятельности. Членами партнерства является группа компаний Хевел, Солар Системс, Ассоциация специалистов возобновляемой энергетики «Зеленый киловатт», Влибор Системс, АльтЭнерго, Научно-Технический Центр и другие [3].

Климат Республики Крым относится к числу важнейших факторов применения альтернативных источников энергии. Он влияет на образование ландшафтов и обуславливает их широтную зональность. Климат большей части полуострова характеризуется как климат умеренного пояса. Южный берег Крыма характеризуется субсредиземноморским климатом сухих лесов и кустарниковых зарослей [6,7,11].

Морской и континентальный типы климата зависят от распределения суши и моря. От них, в свою очередь, зависит режимы осадков, температуры, облачности и влажности. При этом важную роль играет и положение места в условиях общей циркуляции атмосферы. Черное и Азовское моря, омывающие полуостров, образуют морской тип климата. Континентальный климат выражен расположением среди большой по площади суши северной половины восточного полушария.

Формы рельефа также участвуют в образовании климата. Например, хребты задерживают и меняют направления движения воздушных масс, а также деформируют метеорологические фронты. Между хребтами изменяется скорость воздушных течений, возникают местные горно-долинные ветры.

Географическая зональность в распределении элементов климата зависит от объема солнечной радиации, который в основном определяет географическая широта. Географическое положение Крыма обуславливает большое поступление солнечной радиации на территорию круглогодично. Например, зимой за сутки в Республике поступает в 8-10 раз больше тепла, чем в

Санкт-Петербурге. Таким образом, климатические характеристики Республики Крым подходят для использования солнечной энергии.

В настоящее время на территории Республики Крым установлено шесть солнечных электростанций промышленной генерации. Также, присутствует немалое количество солнечных электростанций частных домовладений. На рисунке 1 приведены все солнечные электростанции Крыма, с расчетной мощностью более 1 МВт. Однако самая большая СЭС «Владиславовка» мощностью более 100 МВт в настоящее время не эксплуатируется. Для введения ее в силовые сети полуострова необходимо дополнительное строительство трансформаторных подстанций, что предполагает значительные финансовые затраты.

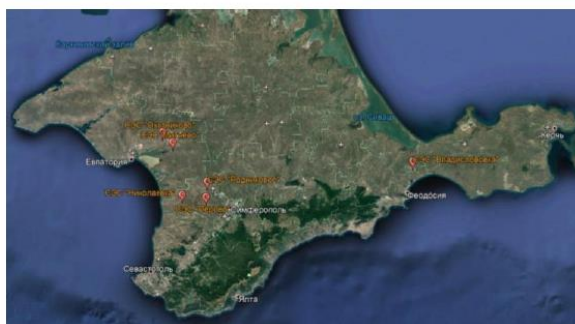


Рисунок 1. Расположение СЭС в Республике Крым

В ходе исследования произведён расчет экономии электрической энергии, потребляемой Северо-восточным регионом полуострова, при введении в эксплуатацию промышленной солнечной электростанции средней мощности [7].

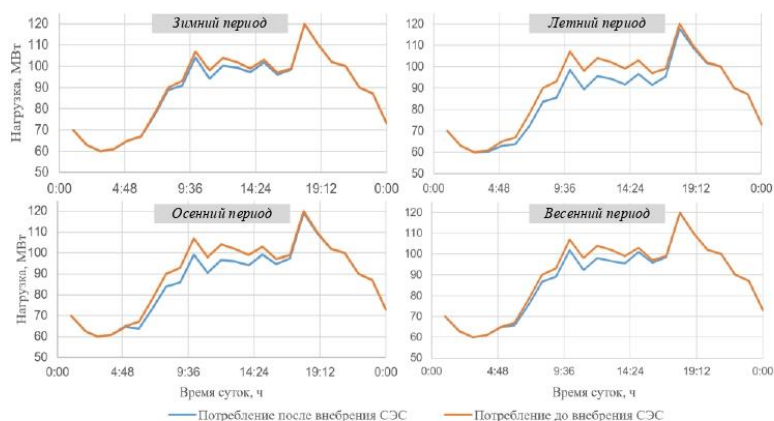


Рисунок 2. График изменения нагрузки на главную сеть северо-восточного региона полуострова

В качестве примера рассмотрена СЭС мощностью 25 МВт, расчёт которой произведен с использованием метеоданных для определения времени восхода и захода солнца для каждого времени года и усредненных данных энергопотребления региона в различные времена года.

На основании полученных данных возможно рассчитать количество потребляемой энергии без учета применения СЭС. Для этого используем следующую зависимость:

$$W_{\text{потр.}} = W_n \cdot T \cdot n, \quad (1)$$

где W_n – суточное значение потребленной энергии, МВт·ч/день; $T = 30$ – период работы потребителей, дней; $n = 3$ – количество месяцев.

Следовательно, количество энергии, выработанное солнечной электростанцией за выбранный период определяется как:

$$W_{\text{выр.}} = W_{\text{пер.}} \cdot T \cdot n, \quad (2)$$

где $W_{\text{пер.}}$ – суточное значение выработанной энергии, МВт·ч/день.

Для определения количества потребляемой энергии северо-восточного региона с учетом работы солнечной электростанции необходимо найти разницу потребленной регионом и выработанной электростанцией электроэнергии:

$$W_{\text{СЭС}} = W_{\text{потр.}} - W_{\text{выр.}} \quad (3)$$

Таблица 1

Результаты анализа потребляемой энергии до и с использованием СЭС

Номинальная мощность СЭС, МВт	Период	Потребляемая энергия без применения СЭС, тыс. МВт·ч	Энергия, вырабатываемая СЭС, тыс. МВт·ч	Потребляемая энергия после внедрения СЭС, тыс. МВт·ч
25	Зима	192,42	2,957	189,463
	Весна		8,547	183,873
	Лето		11,61	180,81
	Осень		4,66	187,76

Произведений расчет вырабатываемой энергии СЭС мощностью 25 МВт при условии ее установки в северо-восточном регионе республики Крым, показал, что электростанция позволяет компенсировать 27,774 тыс. МВт·ч электроэнергии, потребляемой полуостровом. Таким образом, внедрение солнечной электростанции, как концепции комбинированного электроснабжения Керченского полуострова, может позволить снизить расходы на покупку электроэнергии и уровень техногенной нагрузки на генерацию мощности с использованием углеводородов [8-9].

Уровень техногенной нагрузки применения солнечных электростанций целесообразно оценивать путем сравнения техногенной нагрузки на производство, эксплуатацию и утилизацию панелей с расчетными данными сокращения углеродного следа за счет применения альтернативной генерации мощности.

Согласно данным Глобальной инициативы по экономии топлива (ГИЭТ) [2] среднемировая углеродоемкость электроэнергии составляет (на 2018 г.) 479 г CO₂/кВт·ч. Следовательно, выработка солнечной электростанцией 27,774 тыс. МВт·ч в год (углеродоемкость 358 г CO₂/кВт·ч) позволит уменьшить выброс оксида углерода в атмосферный воздух на 9941,481 т в год.

Однако производство солнечных панелей является энергоёмким процессом. Согласно международным исследованиям по расчету энергетической рентабельности [1,10] около 600 кВт·ч энергии используется для производства каждого квадратного метра солнечных панелей. Солнечная электростанция мощностью 25 МВт включает в себя около 100 000 м² солнечных панелей (из расчета в 250 Вт/м²). Таким образом, только производство панелей для рассчитываемой солнечной электростанции требуется единоразово затратить 600 тыс. МВт·ч. Таким образом, энергетическая рентабельность использования солнечных электростанций наступает спустя более 20 лет их работы, что граничит с средним сроком службы солнечных панелей, составляющим 25-30 лет. Добавляя энергетические затраты на транспортировку, установку, обслуживание и утилизацию панелей, техногенная нагрузка может даже превысить уровень снижения углеродоемкости энергии за счет их использования.

Кардинально может изменить ситуацию производство солнечных панелей с повышенным сроком службы. Так же, следует учесть, что данные исследования произведены для отдельного

региона Российской Федерации, но с использованием среднемировых данных углеродоёмкости. Таким образом становится ясно, что страны-производители альтернативных источников электроэнергии, в частности солнечных панелей испытывают техногенную нагрузку больше, чем страны потребители.

На территории Республики Крым отсутствуют производства солнечных панелей, а природные и климатические условия благоприятны для их использования. Таким образом, использование их с точки зрения пользы для экологического состояния и снижения выбросов CO₂ в рамках региона очевидно целесообразно, однако, что касается общемировой тенденции – остается под вопросом.

Республика Крым является одним из самых пригодных регионов для внедрения альтернативных источников электроэнергии с точки зрения рельефа, климатических условий и уровня потребления электроэнергии. Проведенные исследования показывают, что в рамках внедрения солнечных электростанций в региональные сети Республики существенно снижается уровень углеродоёмкости энергетики региона, однако на общемировой уровень влияние является сомнительным ввиду высокой энергоёмкости производства оборудования.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Behind the Rise of U.S. Solar Power, a Mountain of Chinese Coal (Reliance on coal-fired electricity to produce solar panels raises concerns in the West) By Matthew Dalton [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wsj.com/articles/behind-the-rise-of-u-s-solar-power-a-mountain-of-chinese-coal-11627734770>. (дата обращения 16.10.2023).
2. GFEI Working Paper, 2021 [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.globalfueleconomy.org/data-and-research/publications/gfeiworking-paper-22>. (дата обращения 16.10.2023).
3. Ассоциация предприятий солнечной энергетики [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pvruussia.ru/> (дата обращения 16.10.2023).
4. Вынгра, А. Н. Определение проблем устойчивого развития прибрежных территорий Республики Крым / А. Н. Вынгра // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. – 2023. – № 1. – С. 34-42. – DOI 10.26296/2619-0605.2023.1.1.003.
5. Кваско, М. А. Состояние и оценка перспективного развития городских агломераций в Российской Федерации / М. А. Кваско // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. – 2023. – № 1. – С. 156-164. – DOI 10.26296/2619-0605.2023.1.1.015.
6. Лосев, А. С. Прогнозирование солнечной радиации и импутация данных для цифрового двойника солнечной электростанции / А. С. Лосев, А. Г. Массель // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2022. – № 1(25). – С. 91-101.
7. Овчаров, М. О. Классификация солнечных электростанций по установленной мощности солнечных модулей / М. О. Овчаров, В. И. Сташко // Интеллектуальная энергетика: Сборник научных статей кафедры "Электроснабжение промышленных предприятий" АлтГТУ им. И.И. Ползунова / Сост. С.О. Хомутов, В.И. Сташко. – Барнаул: Общество с ограниченной ответственностью "межрегиональный центр электронных образовательных ресурсов", 2021. – С. 245-253.
8. Опыт внедрения моделей краткосрочного прогнозирования выработки солнечных электростанций / С. А. Ерошенко, Е. С. Кочнева, П. А. Крючков, А. И. Хальясмаа // Энергоэксперт. – 2018. – № 2(66). – С. 64-68.
9. Повышение эффективности работы солнечных и ветровых электростанций за счет применения накопителей энергии / В. В. Кувшинов, Е. Г. Какушина, Н. А. Власов [и др.] // Энергетические установки и технологии. – 2022. – Т. 8, № 1. – С. 90-95.
10. Солнце 24x7: Расчет EROEI [электронный ресурс]. – Режим доступа <https://habr.com/ru/articles/421329/> (дата обращения 16.10.2023).
11. Статистический метод оценки первоначальных инвестиций при выборе солнечных PV-панелей для солнечной электростанции / Р. Д. Мингалева, В. В. Бессель, А. В. Топилин, В. С. Зайцев // Территория Нефтегаз. – 2014. – № 12. – С. 138-144.

12. Указ Президента РФ от 07.05.2018 N 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mvd.consultant.ru/> (дата обращения 16.10.2023).

RESEARCH OF ECOLOGICAL ASPECTS OF IMPLEMENTATION OF ALTERNATIVE SOURCES OF ELECTRICITY IN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF CRIMEA

Vyngra A.N., Vyngra A.V.

Currently, within the framework of environmental development, widespread attention is paid to the issues of efficiency and profitability of using alternative sources of electricity. The work carried out a study of the environmental and economic efficiency of introducing solar power plants on the territory of the Republic of Crimea. An extensive literary analysis of the research problems was carried out. The climatic characteristics of the area are considered for suitability for the implementation of power plants. Based on the calculated energy characteristics of the power generation of a solar power plant, a study was made of the possibilities of reducing the carbon intensity of regional energy. Aspects of the technogenic load on the ecosystem due to the production, operation and disposal of solar panels are analyzed based on their design power of the power plant. It was concluded that as part of the introduction of solar power plants into regional networks, the level of carbon intensity of the region's energy sector is reduced, but the impact on the global level is questionable due to the high energy intensity of equipment production.

Keywords: solar power plant, energy profitability, alternative sources of electricity, technogenic load, carbon intensity.

Сведения об авторах:

Вынгра Анна Николаевна

Ассистент кафедры экологии моря,
ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»
E-mail: maszosanny@mail.ru

Вынгра Алексей Викторович

Старший преподаватель кафедры электрооборудования судов и автоматизации
производства,
ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»
E-mail: elag1995@gmail.com