

На правах рукописи



ГОРБУНОВА ТАТЬЯНА ЮРЬЕВНА

**ОЦЕНКА ЛАНДШАФТНОГО ПОТЕНЦИАЛА
ЮГО-ВОСТОЧНОГО КРЫМА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ
ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ – СОЛНЕЧНОЙ И ВЕТРОВОЙ**

25.00.36 – Геоэкология (географические науки)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата географических наук

Симферополь – 2020

Работа выполнена на кафедре физической географии, океанологии и ландшафтоведения факультета географии, геоэкологии и туризма Таврической академии (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»

- Научный руководитель** **Позаченюк Екатерина Анатольевна**
доктор географических наук, профессор
- Официальный оппоненты** **Кочуров Борис Иванович**
доктор географических наук, профессор,
ФГБУН «Институт географии Российской академии наук» (г. Москва), ведущий научный сотрудник отдела физической географии и проблем природопользования
- Сухова Мария Геннадьевна**
доктор географических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Горно-Алтайский государственный университет» (г. Горно-Алтайск), проректор по научной и инновационной деятельности
- Ведущая организация** ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» (г. Севастополь)

Защита состоится «27» августа 2020 года в 14.00 часов на заседании объединенного совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д 999.228.03 при ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр РАН», ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет» по адресу: 362027, г. Владикавказ, ул. Маркуса, д. 22. Отзывы на автореферат (заверенные печатью, в двух экземплярах) просим направлять по адресу: 364061, Чеченская Республика, г. Грозный, пр. Х. Исаева, д. 100, на имя ученого секретаря диссертационного совета Д 999.228.03 З. Ш. Гагаевой. E-mail: geodissovet@mail.ru. Факс: 8 (8712) 22-36-07.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. академика М. Д. Миллионщикова» и на сайтах: https://gstou.ru/science/dissertation_council/ и vak.minobrnauki.gov.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 999.228.03
кандидат географических наук



З. Ш. Гагаева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Энергетические проблемы выходят на первое место в мире среди важнейших проблем и задач, которые предстоит решить обществу в XXI веке и в третьем тысячелетии в целом. Сложившаяся ресурсная база энергетики, на которой строится вся хозяйственная деятельность человечества, исчерпаема, причем уже в обозримом будущем. В связи с этим, вопросы энергосбережения, развития и внедрения систем альтернативной энергетики становятся одними из самых актуальных при осуществлении планирования хозяйственной деятельности на принципах устойчивого развития.

Проблемы современного состояния и перспективы развития энергетики рассматриваются на разных уровнях, в разных аспектах. Государственные программы различных стран направлены на развитие и совершенствование систем возобновляемой энергетики. Особенно важным аспектом в использовании возобновляемой энергетики является оценка ландшафтного потенциала. В мировой практике проработаны отдельные аспекты оценки потенциала возобновляемой энергетики в зависимости от целей и уровня исследования. Среди крупных исследований стоит выделить комплексные научные работы международных агентств, а также ряда выдающихся ученых в области возобновляемой энергетики (Зайфрид, 1994; Небел, 1993; Шеер, 2002), важное место среди которых занимают исследования российских ученых (Атаев, 2015, 2016; Попель с соавт., 2007, 2010; Безруких, 2007; Багров, 2009; Боков с соавт., 2005 ; Гоголев, 2007, 2008, 2009; Горшков, 1990; Николаев, 2011; Никольченко, Сухова, 2013, 2016; Носкова, 2015, 2017). Полученные оценки во многих работах сильно отличаются друг от друга в силу различных подходов, методик, выбора данных для анализа потенциала.

В настоящее время нет единой общепринятой методологии, на теоретико-методологическом уровне не решёнными остаются вопросы разработки методики оценки ландшафтного потенциала локального уровня для использования систем возобновляемой энергетики. На региональном уровне до сих пор нет полного представления о потенциале Крымского полуострова или его отдельных регионов для внедрения систем возобновляемой энергетики, что приводит, зачастую, к

заблуждениям, связанным со скептическим отношением к внедрению подобного рода систем. Для Юго-Восточного Крыма подобные детальные работы ранее не проводились. Для Крыма оценка потенциала солнечной и ветровой энергетики производилась на уровне всего полуострова, не затрагивая локальный уровень рассмотрения, на котором существуют свои закономерности пространственно-временной дифференциации потоков солнечной радиации и ветра.

Территория Юго-Восточного Крыма представляет собой один из ключевых туристско-рекреационных центров Республики Крым. Слабое развитие инфраструктуры, с одной стороны, уникальные пейзажные характеристики территории и расположение историко-культурных объектов с другой – определяют инвестиционную привлекательность и создают предпосылки для устойчивого развития рекреационной отрасли. Это ставит перед территорией ряд требований, одним из которых является экологическая и энергетическая безопасность.

Согласно федеральной целевой программе «Социально-экономического развития Республики Крым и г. Севастополя до 2020 г.» одной из основных задач оптимального развития региона является создание собственных генераций и обеспечение надежного и бесперебойного электроснабжения потребителей Крымского полуострова. В рамках реализации Программы должно быть обеспечено внедрение энерго- и ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий. Согласно «Стратегии социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года» среди стратегических задач развития топливно-энергетического комплекса Республики Крым выделяется создание собственных электрогенерирующих мощностей, развитие возобновляемой энергетики.

Таким образом, актуальность исследования вытекает из необходимости и целесообразности внедрения систем возобновляемой энергетики в мире и, в том числе, в Крыму, недостаточной разработанности теоретико-методологических положений, социально-экономической потребности региона в энергоресурсах, возможности обеспечения региона собственными энергетическими ресурсами, которые оказывали бы минимальное воздействие на состояние окружающей среды.

Объектом исследования являются ландшафты Юго-Восточного Крыма.

Предмет исследования – ландшафтный потенциал Юго-Восточного Крыма для использования систем возобновляемой энергетики.

Цель работы – оценка ландшафтного потенциала Юго-Восточного Крыма для использования систем возобновляемой энергетики – солнечной и ветровой.

Для достижения поставленной цели решены следующие **задачи**:

1. Изучить существующие представления о возобновляемых энергетических ресурсах, подходы к их оценке в мире, в том числе, в Крыму;

2. Раскрыть теорию и методiku оценки ландшафтного потенциала для использования систем возобновляемой энергетики;

3. Изучить природные и социально-экономические предпосылки формирования ландшафтного потенциала для использования систем солнечной и ветровой энергетики на территории Юго-Восточного Крыма;

4. Произвести оценку ландшафтного потенциала Юго-Восточного Крыма для использования систем солнечной и ветровой энергетики.

Соответствие диссертации паспорту специальности. Тема диссертационной работы соответствует паспорту специальности 25.00.36 «Геоэкология» по пунктам: 1.10. «Разработка научных основ рационального использования и охраны водных, воздушных, земельных, рекреационных, минеральных и энергетических ресурсов Земли, санация и рекультивация земель, ресурсосбережение»; 1.11. «Геоэкологические аспекты функционирования природно-технических систем. Оптимизация взаимодействия (коэволюция) природной и техногенной подсистем»; 1.16. «Геоэкологические аспекты устойчивого развития регионов».

Научная новизна исследования состоит из нескольких позиций.

1. Впервые сформулировано понятие о ландшафтном потенциале для использования систем возобновляемой энергетики как об интегральной функции природного, технического и геоэкологического потенциалов ландшафта. Под ландшафтным потенциалом для использования систем возобновляемой энергетики мы понимаем способность ландшафта выполнять функцию энергообеспечения с учетом природных ресурсов, современного уровня технологического развития, а

также существующих технических и геоэкологических ограничений использования территории.

2. Впервые разработана методика оценки ландшафтного потенциала для использования систем возобновляемой энергетики на региональном уровне, которая включает анализ предпосылок формирования ландшафтного потенциала; систему методик оценок природного солнечноэнергетического потенциала и удельного природного ветроэнергетического потенциала; оценку технического и геоэкологического потенциалов; оценку ландшафтного солнечноэнергетического и ландшафтного ветроэнергетического потенциалов; выявление наиболее перспективных территорий для строительства энергетических установок.

3. Произведена оценка природного солнечноэнергетического потенциала, ландшафтного солнечноэнергетического потенциала Юго-Восточного Крыма на уровне ландшафтных местностей. Наибольшим ландшафтным солнечноэнергетическим потенциалом обладают эрозионное овражно-балочное мелкогорье с выходами коренных пород в виде скал с шибляковыми зарослями и фриганоидами (южная окраина полуострова Меганом), останцово-денудационные овражно-балочные равнины с шибляковыми зарослями и фриганоидами (Арматлукская долина с окрестностями), денудационные и аккумулятивные равнины с зарослями типа «дубки» в комплексе с зарослями типа «шибляк» и разнотравными степями и денудационные мелкогорно-останцовые равнины с зарослями типа «дубки» и лесостепью (равнины в окрестности хребта Хоба-Тепе).

4. Произведена оценка удельного природного ветроэнергетического потенциала, ландшафтного ветроэнергетического потенциала Юго-Восточного Крыма. Максимальным ландшафтным ветроэнергетическим потенциалом обладают абразионно-денудационные слабодренированные равнины с полынно-типчачковыми, гейнальдиево-эгилопсовыми степями в комплексе с галофитными лугами (северо-восточная часть Феодосийского городского округа). К наиболее благоприятным для строительства ветровых электростанций территориям относится северо-восточная равнинная часть изучаемого региона (Феодосийский городской округ), а также равная часть полуострова Меганом.

5. Впервые произведен расчет геоэкологической эффективности от внедрения систем солнечной и ветровой энергетики. Введение в эксплуатацию систем возобновляемой энергетики на выделенных приоритетных территориях позволит обеспечить электроэнергией население Республики Крым на 106,1% от солнечных установок и на 28,8% от ветровых установок. Внедрение указанных систем позволит сократить выбросы CO₂ в атмосферу на 1290,4 тыс. тонн в год при пересчете на каменный уголь при эксплуатации систем солнечной энергетики и на 350,6 тыс. тонн в год при пересчете на каменный уголь при эксплуатации систем ветровой энергетики.

Теоретическая и практическая значимость работы. Диссертационное исследование позволяет усовершенствовать подходы к оценке ландшафтного потенциала, внести вклад в теоретико-методическую базу возобновляемой энергетики в целом. Предлагаемая в работе методика оценки ландшафтного потенциала на региональном уровне является универсальной и может быть применена для оценки потенциалов солнечной и ветровой энергетики других территорий. Результаты исследований могут быть использованы Министерством топлива и энергетики Республики Крым, Министерством экономического развития Республики Крым, Министерством имущественных и земельных отношений Республики Крым, Министерством промышленной политики Республики Крым, Министерством экологии и природных ресурсов Республики Крым при принятии решений в области энергобезопасности и территориального менеджмента.

Результаты работы позволят привлечь инвесторов для строительства солнечных и ветровых электростанций на территории Юго-Восточного Крыма, что приведёт к появлению новых рабочих мест, снижению уровня безработицы и повысит благосостояние местного населения. Генерация электроэнергии непосредственно на территории Юго-Восточного Крыма снизит энергозависимость региона и создаст более благоприятные условия для развития курортно-рекреационного комплекса. Кроме того, результаты исследования могут быть интересны местному населению при установке солнечных батарей и малых ветрогенераторов для частных целей.

Методология и методы исследования. Диссертационное исследование основано на фундаментальных работах в области ландшафтной экологии и геоэкологии. Для достижения поставленной цели использованы следующие методы: картографический, геоинформационный, математико-картографический, моделирования, статистический, источниковедческий, экспедиционных исследований. Методологической основой исследований является представление о ландшафтном потенциале территории, разрабатываемое в трудах Х. Бобека и Й. Шмидтхюзена (1949), Е. Неефа (1974), В.С. Преображенского с соавт. (1966, 1988), И.П. Герасимова (1966, 1976, 1981, 1982, 1996), К.Н. Дьяконова с соавторами (1995, 2002), В.А. Николаева (2011), А.В. Хорошева (2016), Б.И. Кочурова (1999, 2012, 2018), Е.С. Иванова, Б.И. Кочурова, В.В. Черной (2014), В.И. Кирюшина (2017), М.Д. Гродзинского (1995, 2005, 2014), Е.А. Позаченюк, Т.В. Панкеевой (2004, 2008) и др., как о возможности реализации ландшафтом заданных функций исходя из его внутренних свойств.

В основу исследований легли результаты собственных исследований автора за период с 2012 по 2018 гг. Методика исследований разработана на основе подходов лаборатории возобновляемой энергетики географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, Объединенного института высоких температур РАН с их интерпретацией и дополнением для оценок на региональном уровне. Была составлена универсальная методика оценивания ландшафтного потенциала для внедрения систем возобновляемой энергетики на региональном уровне.

Оценка ландшафтного потенциала, его картографирование производилось на основе космических снимков SRTM, Landsat, Google Earth, топографической, ландшафтно-типологической, тематических карт различных масштабов. Для оценки природных потенциалов использовались данные многолетних наземных измерений на метеостанциях, результаты пространственного метеорологического моделирования базы данных NASA «Surface meteorology and Solar Energy», результаты моделирования поступления солнечной радиации в программе Arc GIS 10.2. Экспедиционные исследования пейзажно-эстетической ценности ландшафтов проводились в летний период 2015 г. по методике Д.А. Дирина (2005).

Положения, выносимые на защиту.

1. Ландшафтный потенциал для использования систем возобновляемой энергетики включает природную, техническую и геоэкологическую составляющие и является их суммой.

2. Разработанная методика оценки ландшафтного потенциала для использования систем возобновляемой энергетики на региональном уровне, включающая в себя систему оценок природного, технического и геоэкологического потенциалов, а также анализ предпосылок формирования потенциала и выбор перспективных территорий для строительства систем возобновляемой энергетики.

3. Оценка ландшафтного потенциала Юго-Восточного Крыма для использования систем солнечной и ветровой энергетики на уровне ландшафтных местностей как комплекса перспективных территорий для строительства энергетических установок и значений возможной выработки электроэнергии.

4. Геоэкологический эффект от внедрения систем солнечной и ветровой энергетики связан с обеспечением электроэнергией жителей Республики Крым на 106,1% (солнечная энергия) и 28,8% (ветровая энергия) и сокращением выбросов CO₂ в атмосферу на 1290,4 тыс. тонн в год (солнечная энергия) и 350,6 тыс. тонн в год (ветровая энергия) при пересчете на каменный уголь.

Степень достоверности и апробация результатов. Исследования по теме диссертационной работы явились составной частью 8 научно-исследовательских работ и грантов, среди которых Международный проект «BSUN Joint Master Degree Study Program On The Management Of Renewable Energy Sources – ARGOS» (Контракт № 1.3.1.66334.127MIS-ETC227 по.44553/8.06.2011) (2011–2013); грант РФФИ № 16-05-01015 а «Разработка научных подходов и апробация методов оценки и картографирования потенциала возобновляемых источников энергии на региональном уровне (на примере территории Крымского полуострова)» (2015).

Результаты работы докладывались на 16 научных и научно-практических конференций, 9 из которых имели международный статус. По теме диссертации опубликовано 20 печатных работ, в том числе 1 – в журнале, индексируемом в SCOPUS, 8 – в журналах, рекомендованных ВАК.

Структура и объём работы. Диссертация включает введение, 4 главы, заключение, список литературы (302 источников), 2 приложения. Общий объём работы 223 страницы. Работа содержит 19 рисунков, 25 таблиц, 6 формул.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю, д. геогр. наук, профессору Е.А. Позаченюк, за помощь в проведении исследований, чуткое руководство и обучение навыкам самостоятельной научной работы; канд. физ.-мат. наук, ведущему научному сотруднику НИЛ ВИЭ МГУ имени М.В. Ломоносова С.В. Киселевой за участие, поддержку и всестороннее содействие на всех этапах диссертационного исследования. Автор приносит искреннюю и сердечную благодарность всему коллективу факультета географии, геоэкологии и туризма КФУ имени В.И. Вернадского, в особенности кафедре физической географии, океанологии и ландшафтоведения за постоянную поддержку и помощь.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследования, сформулированы цель, задачи, методология и методы исследования, охарактеризована научная новизна диссертационной работы, описана практическая и теоретическая значимость научного исследования, приведены сведения об апробации и степени достоверности результатов диссертационного исследования.

Раздел 1. Подходы к оценке потенциала возобновляемых энергетических ресурсов

В разделе 1 рассматриваются основные представления о возобновляемых энергетических ресурсах, оговариваются основные понятия возобновляемой энергетики, различия в терминологии, классификации энергетических ресурсов. Проанализированы существующие оценки потенциала возобновляемых источников энергии Крымского полуострова для энергии солнца и ветра. Выявлено, что: 1) изучение солнечноэнергетического потенциала Крымского полуострова исторически было связано с независимыми друг от друга

исследованиями в области метеорологии, климатологии и энергетики; 2) существует широкий разброс определяемых величин и полученных результатов потенциалов ветровой энергетики при одинаковых значениях потенциала солнечной энергетики; 3) многими авторами не рассматривались особенности территории, которые могут выступать ограничительными факторами для развития солнечной и ветровой энергетики и снижать технический и экономический потенциалы.

Раздел 2. Теория и методика оценки ландшафтного потенциала Юго-Восточного Крыма для использования систем возобновляемой энергетики

В разделе предложены теоретико-методологические подходы к оценке ландшафтного потенциала для использования систем возобновляемой энергетики, описаны материалы и методики оценки ландшафтного потенциала для использования систем солнечной и ветровой энергетики.

В основу оценки ландшафтного потенциала для использования систем возобновляемой энергетики положен системный и ландшафтно-экологический подходы, в общем виде заключающиеся в анализе особенностей компонентов ландшафта и их влияния на перераспределение энергетических потоков в ландшафте, которые в свою очередь и формируют потенциал возобновляемых энергетических ресурсов каждого конкретного ландшафтного контура. Системный подход заключается в рассмотрении целостного свойства конкретного ландшафта в виде природного потенциала. Ландшафтный потенциал для использования системами возобновляемой энергетики конкретного ландшафта является результатом интеграции свойств отдельных его компонентов, а также ландшафтной структуры.

В ландшафтном потенциале для использования систем возобновляемой энергетики выделяется 3 составляющие – природная, техническая и геоэкологическая. Природная составляющая состоит в оценке максимально возможного природного потенциала, определяемого компонентами, условиями и свойствами самого ландшафта. Техническая составляющая – это часть природного потенциала, которую возможно использовать на данном этапе технологического и

социально-экономического развития. Геоэкологическая составляющая заключается в необходимости сохранения ландшафтного разнообразия и обеспечении устойчивого развития территории с помощью введения системы геоэкологических ограничений (нормативно-экологических, природоохранных, социально-культурных).

Классически под ландшафтным потенциалом понимают способность ландшафта выполнять заданные функции. В таком понимании потенциал ландшафтов рассматривается К.Н. Дьяконовым с соавторами, (1995, 2002), М.Д. Гродзинским, (1995, 2005, 2014), А.Г. Исаченко, (1980, 2003), Е.А. Позаченюк, Т.В. Панкеевой, (2003, 2008), В.И. Кирюшиным, (2017), В.Б. Михно, (2017), В.С. Паштецким, (2015), А.Д. Волковым, А.Н. Громцевым, (2005), Л.М. Соцковой, (2012), авторами коллективной монографии «Туристско-рекреационный потенциал Республики Крым и г. Севастополь», (2017), В.Н. Шарафутдиновым с соавт., (2017), В.В. Козиным с соавт. (2017) и др. Ландшафт выполняет множество функции и, соответственно, выделяется большое количество видов ландшафтного потенциала по тем видам задач, которые он выполняет, например, ландшафтный потенциал самоочищения, сырьевой потенциал ландшафта, экологический потенциал ландшафта, ландшафтный строительный потенциал, социально-экономический потенциал ландшафта и т.д. В данном случае речь идет о ландшафтном потенциале для использования систем возобновляемой энергетики.

Углубляя изучение ландшафтного потенциала, предлагаем под *ландшафтным потенциалом для использования систем возобновляемой энергетики* понимать способность ландшафта выполнять функцию энергообеспечения с учетом природных ресурсов, современного уровня технологического развития, а также существующих технических (инженерных) и геоэкологических ограничений использования территории. Учитывая существующие представление о ландшафтном потенциале, теоретические подходы к оценке ландшафтного потенциала для использования систем возобновляемой энергетики, базируясь на личных исследованиях автора предложена методика

оценки ландшафтного потенциала Юго-Восточного Крыма для использования систем возобновляемой энергетики (рис. 1).

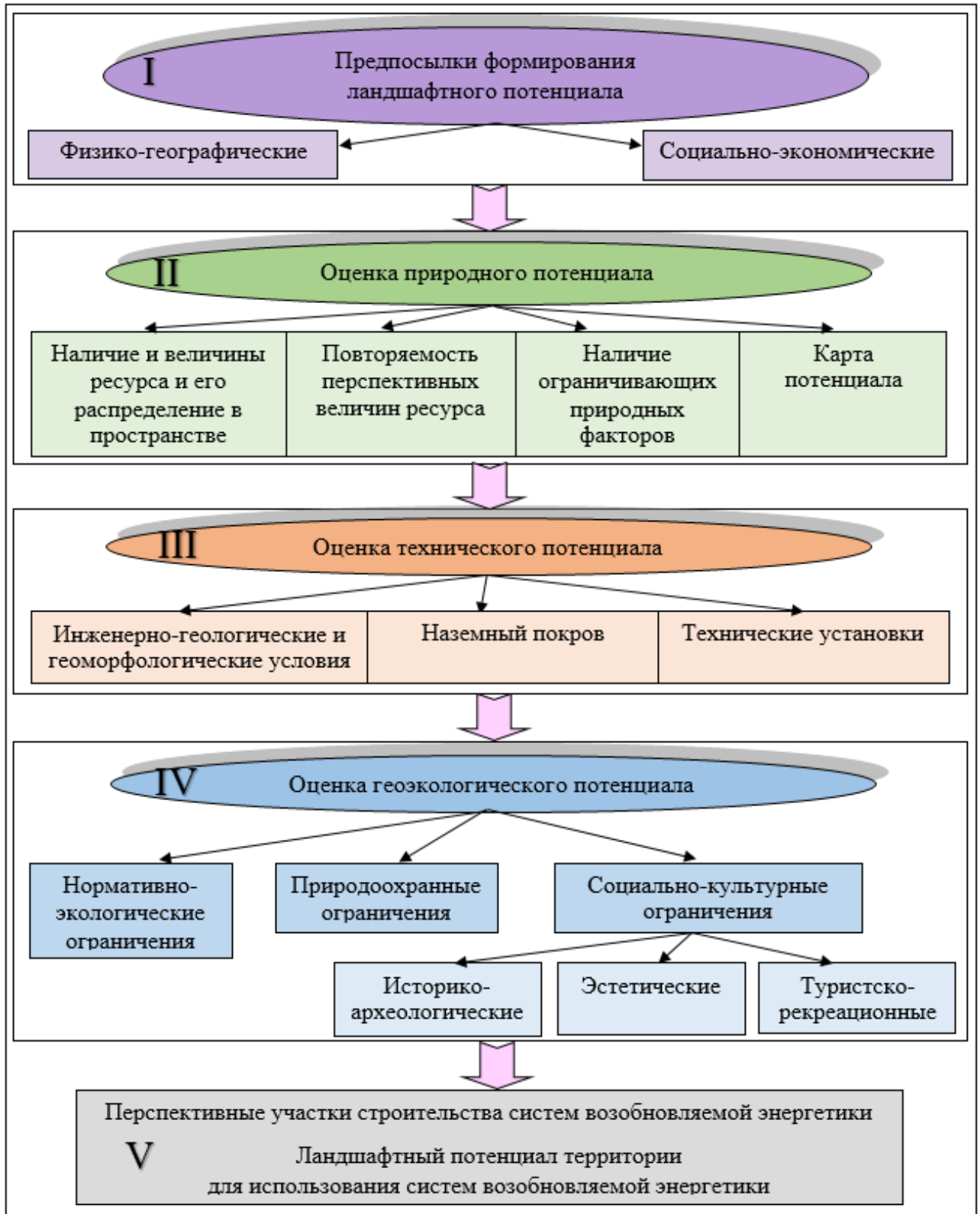


Рисунок 1 – Методика оценки ландшафтного потенциала для использования систем возобновляемой энергетики

На основании данной методики был оценен ландшафтный потенциал Юго-Восточного Крыма для использования систем возобновляемой энергетики – солнечной и ветровой. В работе использовались базы данных о режиме облачности с 2004 по 2014 гг. по метеостанциям, расположенным на территории Юго-Восточного Крыма. Построение карт поступления солнечной радиации выполнялось в программе Arc GIS 10.2. Расчёт радиации был произведен с использованием космического снимка SRTM (пространственное разрешение 30 м). Для расчета технического потенциала Юго-Восточного Крыма для использования систем солнечной энергетики был взят гетероструктурный солнечный модуль компании Hevel Solar номинальной пиковой мощностью 280 Вт, с КПД 20%, размерами 1656 x 991 мм.

В качестве исходных данных для расчетов ландшафтного потенциала Юго-восточного Крыма для использования систем ветровой энергетики была использована база данных NASA «Surface meteorology and Solar Energy», с пространственным разрешением $1^{\circ} \times 1^{\circ}$. При расчете природного и технического потенциалов для использования систем ветровой энергетики использовались ВЭУ GAMESA G58-850 kW с высотой башни 53 м и диаметром ветроколеса 58 м.

Раздел 3. Предпосылки формирования ландшафтного потенциала Юго-Восточного Крыма для использования систем возобновляемой энергетики

В разделе раскрыты физико-географические и социально-экономические предпосылки использования потенциала Юго-Восточного Крыма системами возобновляемой энергетики. Физико-географические – географическое положение, геологическое и геоморфологическое строение, климат, поверхностные и подземные воды, почвенный покров, растительный и животный мир, ландшафтная структура территории исследования. Среди социально-экономических предпосылок проанализированы административное деление территории, пространственная дифференциация и плотность населения, современная система землепользования, а также энергетический баланс исследуемой территории.

Раздел 4. Ландшафтный потенциал Юго-Восточного Крыма для использования систем возобновляемой энергетики

На основе разработанной в разделе 2 методики была осуществлена оценка ландшафтных потенциалов Юго-Восточного Крыма для использования систем солнечной и ветровой энергетики.

При изучении потенциала солнечной энергетики получены выходные растры для каждого месяца, представляющие собой суммарное количество поступающей солнечной радиации для каждого местоположения входной поверхности с учетом среднемесячных значений облачности за 2004–2014 гг. Выходные данные измеряются в ваттах в час на квадратный метр. Для отображения природного потенциала Юго-Восточного Крыма были взяты максимальные значения поступающей солнечной радиации в каждом ландшафтном контуре. На рис. 2 показан *природный солнечноэнергетический потенциал* Юго-Восточного Крыма.

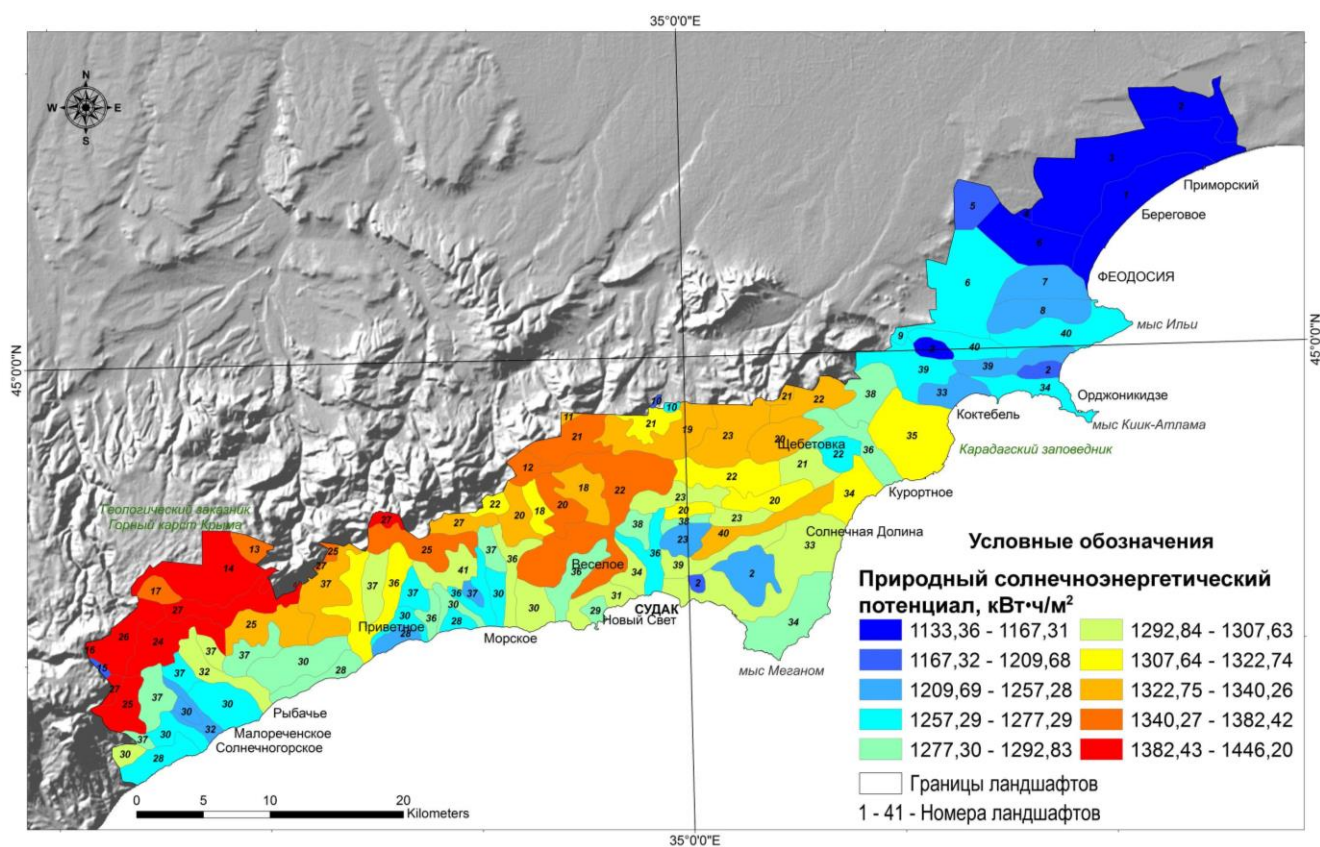


Рисунок 2 – Природный солнечноэнергетический потенциал Юго-Восточного Крыма

Под *техническим солнечноэнергетическим потенциалом* в работе принимается часть природного солнечноэнергетического потенциала, которую возможно получить с помощью определенных фотоэлектростанций при условии их максимально плотного равномерного размещения на доступной для строительства исследуемой территории. Под *геоэкологическим солнечноэнергетическим потенциалом* в работе принимается часть технического солнечного энергетического потенциала, которую возможно получить с помощью определенных фотоэлектростанций, при условии их максимально плотного равномерного размещения на доступной для строительства исследуемой территории с учетом соблюдения нормативно-экологических, природоохранных и социально-культурных ограничений. Под *ландшафтным солнечноэнергетическим потенциалом* в работе понимается способность ландшафта выполнять функцию получения электроэнергии от солнечных электростанций и установок исходя из наличия природного ресурса, доступных технических решений и нормативно-экологических, природоохранных, и социально-культурных ограничений.

Для расчета ландшафтного солнечноэнергетического потенциала путем наложения карт пейзажно-эстетической ценности ландшафтов, современного землепользования и экологического каркаса территории, постоянно затененных территорий получили территории, пригодные для строительства солнечных электростанций и рассчитали суммарную мощность электроэнергии, которую можно получить, разместив на выделенных участках солнечные модули (рис. 3). Ландшафтный солнечноэнергетический потенциал Юго-Восточного Крыма составляет 3792,67 млн. кВтч за год. Значения выработки электроэнергии варьируются от 133,85 млн. кВтч в декабре до 459,44 млн. кВтч в июле.

Учитывая величины поступающей солнечной радиации с учетом облачности и туманов во всех населенных пунктах исследуемой территории возможно использование систем малой солнечной энергетики. Для этого было рассчитано количество поступающей солнечной радиации, поступающей на территории населенных пунктов.

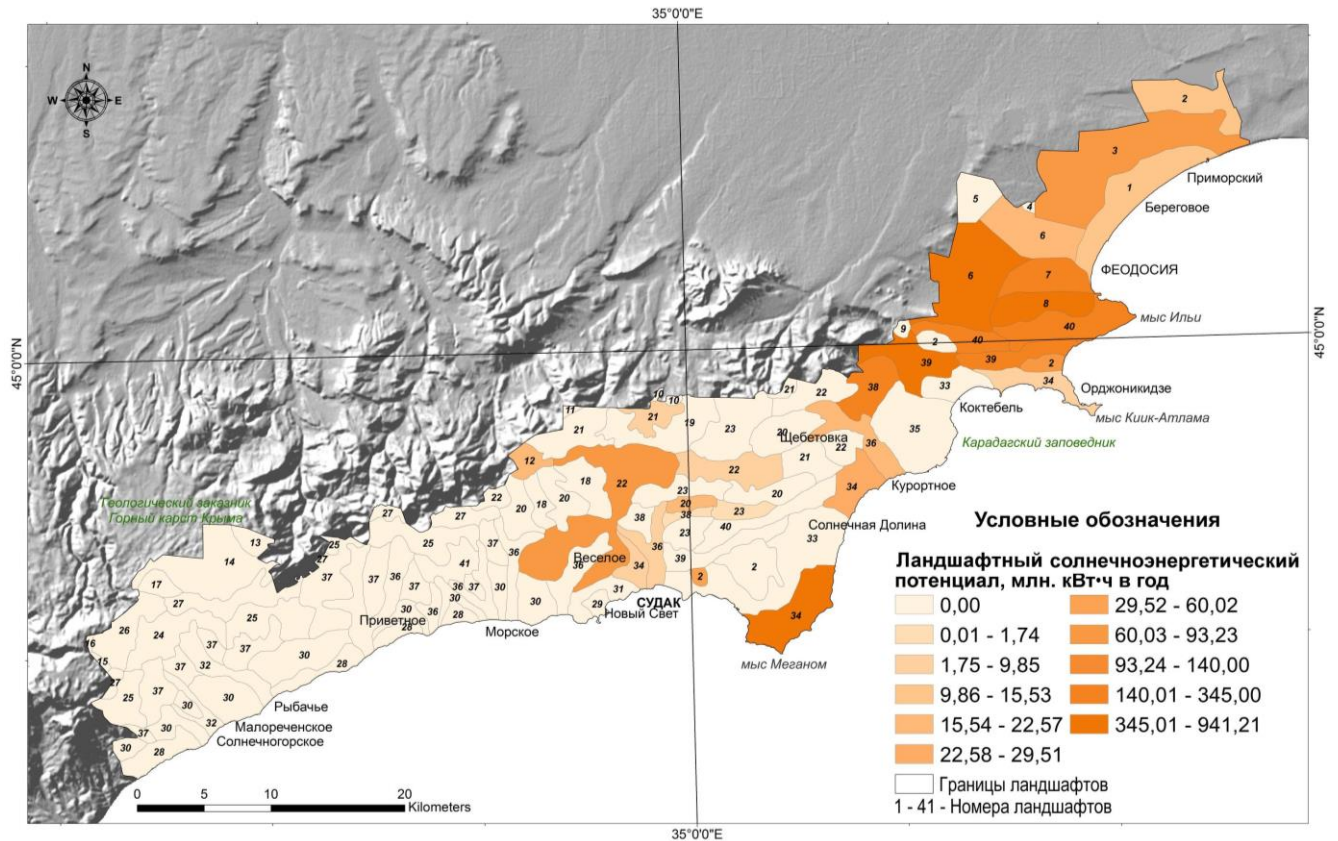


Рисунок 3 – Ландшафтный солнечноэнергетический потенциал Юго-Восточного Крыма

Максимальными значениями ландшафтного потенциала для использования систем солнечной энергетики обладают останцово-денудационное эрозионное овражно-балочное мелкогорье с выходами коренных пород в виде скал с шибляковыми зарослями и фриганоидами (941,21 млн. кВтч), овражно-балочные равнины с шибляковыми зарослями и фриганоидами (695,19 млн. кВтч), денудационные и аккумулятивные равнины с зарослями типа «дубки» в комплексе с зарослями типа «шибляк» и разнотравными степями (375,9 млн. кВтч), денудационные мелкогорно-останцовые равнины с зарослями типа «дубки» и лесостепью (352,52 млн. кВтч).

Первичная оценка ветропотенциала Юго-Восточного Крыма проводилась по материалам базы данных NASA SSE, которая использует результаты реанализа с учетом типов растительности и поверхностей. Оценка плотности энергии ветрового потока и удельного природного ветропотенциала проводилась для

высоты 50 м в предположении использования ветроэлектрических установок такого же диаметра ветроколеса.

При расчете природного ветроэнергетического потенциала необходимо определить два показателя:

- *плотность энергии ветрового потока* как среднегодовую мощность воздушной струи, протекающей в единицу времени через поперечное сечение площадью в 1 м^2 ;

- *удельный природный ветроэнергетический потенциал* как часть среднегодовой энергии ветрового потока, которую возможно получить в течение года от идеальной ВЭУ в конкретной точке местности;

Результаты расчетов удельного природного ветроэнергетического потенциала Юго-Восточного Крыма представлены на рис. 4.

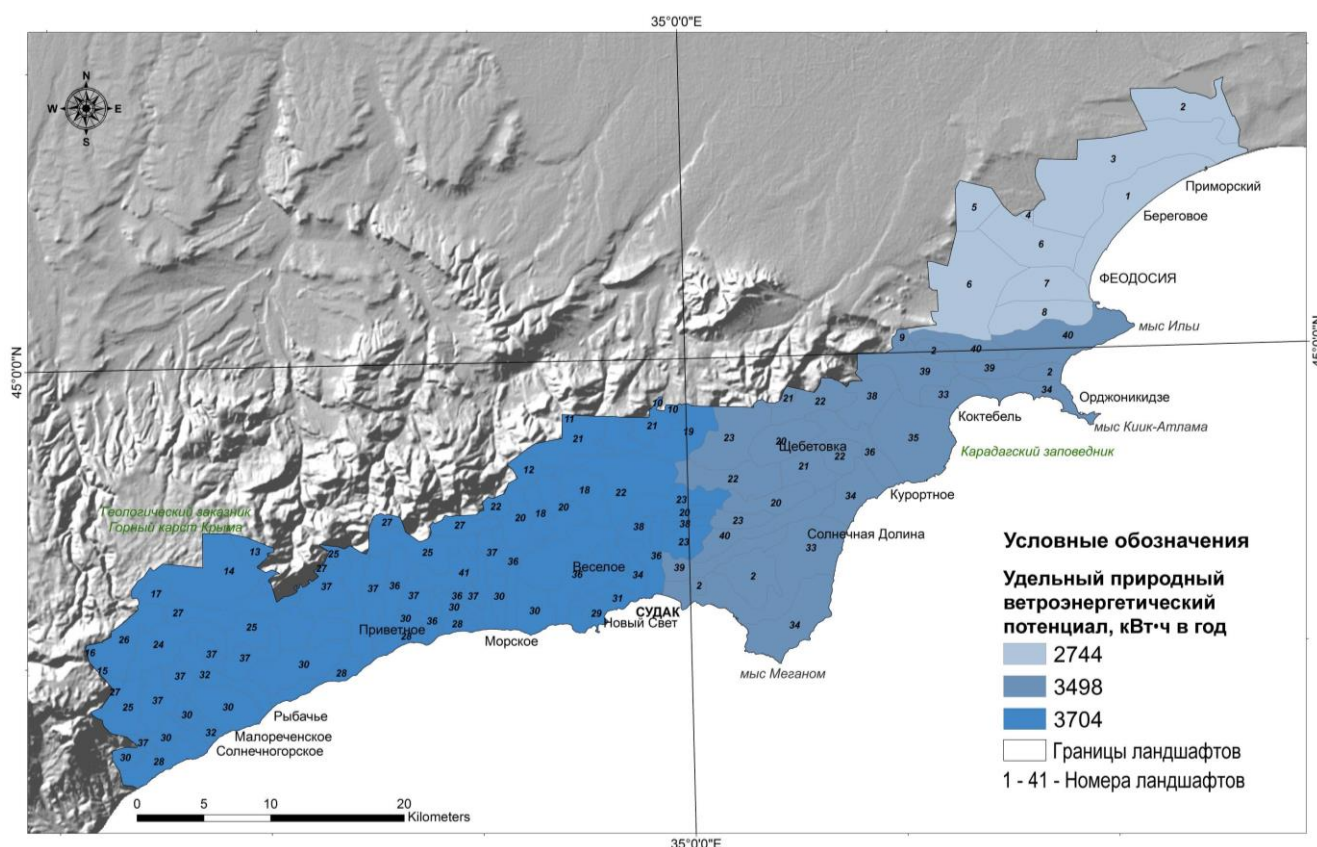


Рисунок 4 – Удельный природный ветроэнергетического потенциала Юго-Восточного Крыма

Технический ветроэнергетический потенциал – часть среднемноголетней энергии ветрового потока, которую возможно получить в течение года определенными ВЭУ при условии их максимально плотного равномерного размещения на доступной для строительства исследуемой территории. *Геоэкологический ветроэнергетический потенциал* – часть технического ветроэнергетического потенциала, которую возможно получить в течение года идеальными ВЭУ при условии их максимально плотного равномерного размещения на доступной для строительства исследуемой территории с учетом соблюдения нормативно-экологических, природоохранных и социально-культурных ограничений. Под *ландшафтным ветроэнергетическим потенциалом* в работе понимается способность ландшафта выполнять функцию получения электроэнергии от ветровых электростанций и установок исходя из наличия природного ресурса, доступных технических решений и нормативно-экологических, природоохранных, и социально-культурных ограничений. На рис. 5 представлена карта ландшафтного ветроэнергетического потенциала Юго-Восточного Крыма.

Максимальным ландшафтным ветроэнергетическим потенциалом для исследуемой территории обладают абразионно-денудационные слабодренированные равнины с полынно-типчakovыми, гейнальдиево-эгилопсовыми степями в комплексе с галофитными лугами – 322,45 млн кВтч в год. Значительными потенциалами также обладают денудационные и аккумулятивные равнины с зарослями типа «дубки» в комплексе кустарниковыми зарослями типа «шибляк» и разнотравными степями (188,75 млн. кВтч) и озерно-западинные на абразионно-денудационной равнине, с галофитными лугами в комплексе с полынно-типчakovыми степями (118,19 млн. кВтч).

Удельный природный ветроэнергетический потенциал Юго-Восточного Крыма изменяется от 2744 до 3704 кВтч/год. Количество ВЭУ, которое можно разместить на территории Юго-Восточного Крыма, составило 3175 шт. Ландшафтный ветроэнергетический потенциал Юго-Восточного Крыма в этом случае составил 1030,6 млн. кВтч в год.

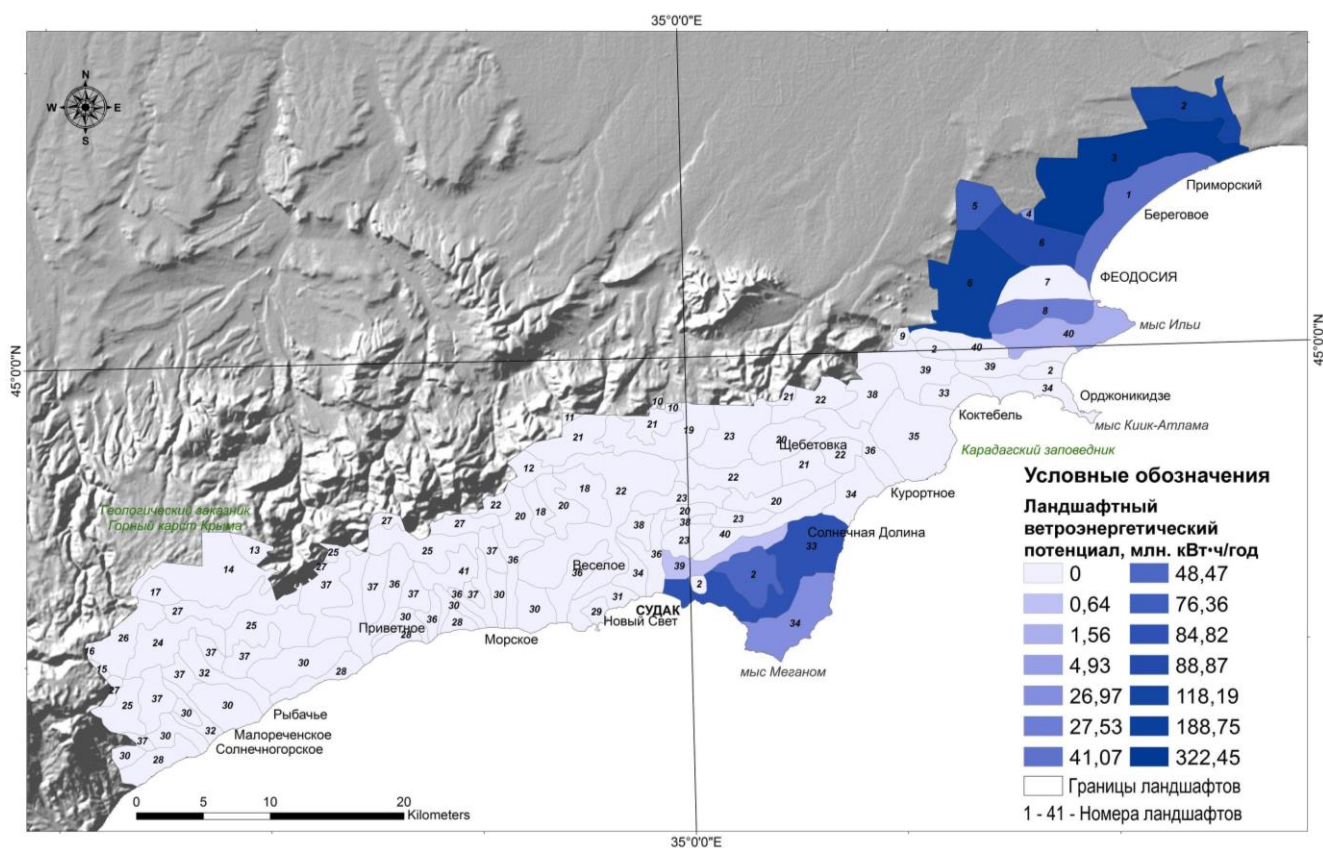


Рисунок 5 – Ландшафтный ветроэнергетический потенциал Юго-Восточного Крыма

В работе проведены расчеты экологической эффективности от внедрения систем возобновляемой энергетики, а также возможности обеспечения потребностей населения Республики Крым в электроэнергии, полученной на солнечных и ветровых электростанциях. Выявлено, что при условии строительства систем солнечной энергетики на территориях, выделенных как благоприятные для строительства, можно обеспечить население Республики Крым на 106,1 % (рис. 6), при строительстве систем ветровой энергетики – на 28,8 %. Использование систем солнечной энергетики позволит сократить выбросы CO_2 в атмосферу на 1290,4 тыс. тонн в год при пересчете на каменный уголь, на 1001,6 тыс. тонн в год при пересчете на нефть, и на 740,7 тыс. тонн в год при пересчете на природный газ. При использовании систем ветровой энергетики эти цифры соответственно составляют 350,6, 272,2 и 201,3 тыс. тонн в год.



Рисунок 6 – Соотношение потребления электрической энергии в Республике Крым и потенциальной выработки электроэнергии системами солнечной энергетики на территории Юго-Восточного Крыма по месяцам

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют сформулировать следующие основные выводы диссертационного исследования:

1. Изучены существующие представления о возобновляемых энергетических ресурсах, подходы к их оценке в мире и, в том числе, в Крыму. Выявлено, что на данный момент нет единой строгой общепринятой методики, не разработаны теоретические и методологические основы оценки потенциала для использования системами возобновляемой энергетики. В мировой практике проработаны отдельные аспекты оценки потенциала для использования системами возобновляемой энергетики, они представлены фрагментарно в зависимости от целей и уровня исследования.

2. Систематизированы и проанализированы результаты исследований солнечного и ветрового потенциала на территории Крымского полуострова с начала XX века. Анализ проведенных количественных оценок и карт показывает достаточно широкий разброс определяемых величин и полученных результатов.

Сопоставление результатов затруднено тем, что в рассмотренных работах зачастую не приведены методики определения потенциала, и сами оценки базируются на различных исходных данных.

3. Раскрыты некоторые аспекты теории и методики оценки ландшафтного потенциала для использования систем возобновляемой энергетики. Сформулировано понятие о ландшафтном потенциале для использования систем возобновляемой энергетики как о сумме трех его составляющих – природной, технической и геоэкологической. Природная составляющая состоит в оценке максимально возможного природного потенциала, определяемого компонентами, условиями и свойствами самого ландшафта. Техническая составляющая – это часть природного потенциала, которую возможно использовать на данном этапе технологического и социально-экономического развития. Геоэкологическая составляющая заключается в необходимости сохранения ландшафтного разнообразия и обеспечении устойчивого развития территории с помощью введения системы геоэкологических ограничений. При высоких значениях природного потенциала, ландшафтный потенциал может быть нулевым при низких значениях технического и геоэкологического потенциалов. Под ландшафтным потенциалом для использования систем возобновляемой энергетики мы понимаем способность ландшафта выполнять функцию энергообеспечения с учетом природных ресурсов, современного уровня технологического развития, а также существующих технических (инженерных) и геоэкологических ограничений использования территории.

4. Изучены природные и социально-экономические предпосылки формирования ландшафтного потенциала для использования систем солнечной и ветровой энергетики в Юго-Восточном Крыму. Климатические условия региона благоприятны для развития возобновляемой энергетики. Несмотря на то, что значительные площади занимают территории со сложным геологическим строением и большой крутизной поверхности, при грамотном размещении объектов энергетики исследуемая территория может считаться перспективной для строительства систем солнечной и ветровой энергетики. Показано, что физико-

географическое положение региона в целом благоприятствует развитию возобновляемой энергетики. На территории Юго-Восточного Крыма имеются также социально-экономические предпосылки развития возобновляемой энергетики. Компактное размещение населенных пунктов с относительно большой плотностью населения вместе с потребностью в энергетических ресурсах и относительной отдаленностью от основных энергетических магистралей позволяет говорить о необходимости внедрения систем возобновляемой энергетики в структуру хозяйства региона.

5. Впервые разработана методика оценки ландшафтного потенциала для использования систем солнечной и ветровой энергетики на региональном уровне. На основе методики выявлены территории наиболее благоприятные для строительства систем солнечной и ветровой энергетики исходя из наличия природного ресурса, доступных технических решений и нормативно-экологических, природоохранных и социально-культурных ограничений.

6. Произведена оценка природного солнечноэнергетического потенциала, ландшафтного солнечноэнергетического потенциала Юго-Восточного Крыма на уровне ландшафтных местностей. Наибольшим ландшафтным потенциалом для использования систем солнечной энергетики обладают эрозионное овражно-балочное мелкогорье с выходами коренных пород в виде скал с шибляковыми зарослями и фриганоидами (южная окраина полуострова Меганом), останцово-денудационные овражно-балочные равнины с шибляковыми зарослями и фриганоидами (Арматлукская долина с окрестностями), денудационные и аккумулятивные равнины с зарослями типа «дубки» в комплексе с зарослями типа «шибляк» и разнотравными степями и денудационные мелкогорно-останцовые равнины с зарослями типа «дубки» и лесостепью (равнины в окрестности хребта Хоба-Тепе).

Природный потенциал Юго-Восточного Крыма для использования систем солнечной энергетики изменяется от 1133,36 до 1446,20 кВтч/м². Количество солнечных модулей (компания Hevel Solar, номинальная пиковая мощность 280 Вт, с КПД 20%, размеры 1656 x 991 мм), которые можно разместить на территории

Юго-Восточного Крыма, составило 30809260 шт. Ландшафтный потенциал Юго-Восточного Крыма для использования систем солнечной энергетики составляет 3792,67 млн. кВтч за год. Значения выработки электроэнергии варьируются от 133,85 млн. кВтч в декабре до 459,44 млн. кВтч в июле.

7. Произведена оценка удельного природного ветроэнергетического потенциала, ландшафтного ветроэнергетического потенциала Юго-Восточного Крыма. Максимальным ландшафтным ветроэнергетическим потенциалом для исследуемой территории обладают абразионно-денудационные слабодренированные равнины с полынно-типчачковыми, гейнальдиево-эгилопсовыми степями в комплексе с галофитными лугами (северо-восточная часть Феодосийского городского округа). Удельный природный ветроэнергетический потенциал Юго-Восточного Крыма изменяется от 2,74 до 3,71 тыс кВтч в год. Количество ВЭУ (GAMESA G58-850 kW с высотой башни 53 м и диаметром ветроколеса 58 м), которое можно разместить на территории Юго-Восточного Крыма, составило 3175 шт. Ландшафтный ветроэнергетический потенциал Юго-Восточного Крыма в этом случае составил 1030,6 млн. кВтч в год.

8. Денудационные и аккумулятивные равнины с зарослями типа «дубки» в комплексе с зарослями типа «шибляк» и разнотравными степями выделяются как ландшафты, обладающие большим ландшафтным потенциалом как для использования системами солнечной энергетики, так и для использования системами ветровой энергетики.

9. Произведен расчет возможности обеспечения населения Республики Крым электроэнергией, полученной с помощью систем солнечной и ветровой энергетики на выделенных территориях. Выявлено, что при условии строительства систем солнечной энергетики на территориях, выделенных как благоприятные для строительства, можно обеспечить население Республики Крым на 106,1%. При строительстве систем ветровой энергетики на всех перспективных территориях, можно обеспечить население Республики Крым на 28,8%.

10. Произведен расчет экологической эффективности от внедрения систем солнечной и ветровой энергетики на выделенных территориях. Использование

систем солнечной энергетики позволит сократить выбросы CO₂ в атмосферу на 1290,4 тыс. тонн в год при пересчете на каменный уголь, на 1001,6 тыс. тонн в год при пересчете на нефть, и на 740,7 тыс. тонн в год при пересчете на природный газ. При использовании систем ветровой энергетики эти цифры соответственно составляют 350,6, 272,2 и 201,3 тыс. тонн в год.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертационного исследования:

в изданиях из списка Web of Science и/или Scopus:

1. Kargashin P.E., Prasolova A.I., Novakovsky B.A., Rafikova Yu.Yu., Gorbunov R.V., **Gorbunova T.Y.** Data processing as a critical part of GIS based mapping of renewable energy perspectives // MATEC Web Conf. – 2018. – Vol. 178. – P. 09004-1–09004-6.

в изданиях, рекомендованных ВАК:

2. Позаченюк Е.А., **Горбунова Т.Ю.** Теоретико-методологические подходы к оценке ландшафтного потенциала территории для использования системами возобновляемой энергетики // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2018. – Том 4 (14). – Вып. 4. – С. 69–81.

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

4. **Горбунова Т.Ю.**, Горбунов Р.В., Ключкина А.А. Оценка пейзажно-эстетической ценности ландшафтов Юго-Восточного Крыма // Учёные записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – Том 3 (69). – №2. – 2017. – С. 236–248.

5. **Горбунова Т.Ю.**, Горбунов Р.В. Изученность солнечного энергетического потенциала Крымского полуострова // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2017. – № 7–9 (219-221). – С. 12–20.

6. **Горбунова Т.Ю.**, Гапон С.В., Горбунов Р.В. Картографирование типов наземных покровов субсредиземноморских низкогорных ландшафтов средствами

геоматики (на примере Юго-Восточного Крыма) // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2017. – Т. 25. – № 1. – С. 104–115.

7. Киселева С.В., **Горбунова Т.Ю.** Исследование ресурсных возможностей развития ветроэнергетики с учетом физико-географических ограничений и особенностей природопользования (на примере Юго-Восточного Крыма) // Альтернативная энергетика и экология. – 2016. – № 01–02 (189–190). – С. 12–24.

8. Ильина О.И., **Горбунова Т.Ю.**, Горбунов Р.В. Перспективы использования систем возобновляемой энергетики на территории Большой Феодосии // Бранта: Сборник научных трудов Азово-Черноморской орнитологической станции. – 2014. – Вып. 17. Специальный выпуск. – С. 143–152.

9. Позаченюк К.А., **Горбунова Т.Ю.**, Горбунов Р.В. Аналіз ландшафтного потенціалу використання відновлювальної енергетики на території Південно-Східного Криму // Фізична географія та геоморфологія. – 2013. – Вип. 3 (71). – С. 177–186.

в других изданиях:

10. **Горбунова Т.Ю.**, Горбунов Р.В. Картографирование эстетической ценности ландшафтов Юго-Восточного Крыма // Сб. тез. Всерос. науч. конф. «Международный год карт в России: объединяя пространство и время», Москва, РГБ, 25–28 октября 2016 г. – М.: Географический факультет МГУ, 2016. – С. 70–71.

11. **Горбунова Т.Ю.**, Горбунов Р.В. Изучение ресурсных возможностей и ландшафтных ограничений использования солнечной энергетики на примере Юго-Восточного Крыма // Мат-лы Всерос. науч. конф. с междунар. участием и X научной молодежной школы «Возобновляемые источники энергии» (Москва, 10–13 октября 2016 г.). – М.: Университетская книга, 2016. – С. 72–79.

12. **Горбунова Т.Ю.** Оценка территории Юго-Восточного Крыма для использования систем солнечной энергетики // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2015. – Т.1(11). Вып. 4. – С. 49–59.

13. **Горбунова Т.Ю.** Некоторые аспекты оценки потенциала территории Юго-Восточного Крыма для использования систем ветровой энергетики // Сб. мат-

лов Научно-практ. семинара для стипендиатов Фонда им. В.И. Вернадского «Управление природопользованием и экологическая безопасность регионов». – Москва, 2015. – С. 38 – 45.

14. **Горбунова Т.Ю.** Учет ландшафтных и социальных особенностей при оценке солнечного и ветрового потенциала курортно-рекреационных территорий // «Возобновляемая энергетика XXI век: Энергетическая и экономическая эффективность» REENCON-2015. Мат-лы Междунар. конгресса «Возобновляемая энергетика XXI век: Энергетическая и экономическая эффективность» REENCON-2015 (27–28 октября 2015 г.) / Под ред. к.ф.-м.н. Д.О. Дуникова, д.т.н. О.С. Попеля и чл.-корр. РАН Филиппова С.П. – Москва: ОИВТ РАН-ВШЭ, 2015. – С. 369 – 372.

15. **Gorbunova T.** Algorithm of estimation of territories potential for using renewable energy systems (territory of Big Feodosia as an example) // IGU 2015 Book of Abstracts. – 2015. – P. 668.

16. Горбунов Р.В., **Горбунова Т.Ю.**, Ильина О.И., Рафикова Ю.Ю., Панченко В.А. Потенциал использования солнечной энергетики на территории Большой Феодосии // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 11. – С. 63–72.

17. **Горбунова Т.Ю.**, Горбунов Р.В. Подходы к оценке теоретического и технического потенциалов территории для возможности внедрения систем солнечной энергетики (на примере территории Юго-Восточного Крыма) // Возобновляемые источники энергии: Мат-лы Всерос. науч. конф. с междунар. участием и IX научной молодёжной школы. – М.: Университетская книга, 2014. – С. 128–134.

18. **Горбунова Т.Ю.** Ландшафтный потенциал Юго-Восточного Крыма для использования солнечно энергетических установок // Ландшафтознание: стан, проблеми, перспективи: мат-ли міжнар. наук. конф. (24 – 27 вересня 2014, Львів – Ворохта), Львів: Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2014. – С. 139–140.

19. **Горбунова Т.Ю.**, Горбунов Р.В. Ветроэнергетический потенциал территории Юго-Восточного Крыма // В.И. Вернадский и глобальные проблемы

современной цивилизации: междун. конф., 23–25 апр. 2013 г.: тезисы – Симферополь : ИТ «АРИАЛ». – С. 143.

20. Pozachenyuk E., **Gorbunova T.**, Arseni L., Gorbunov R. Calculation Of The Electricity Cost At The Maximum Possible Use Of Wind Potential In The South-Eastern Crimea // Географические и геоэкологические исследования в Украине и сопредельных территориях: сб. науч. статей / под общ. ред. Б.А. Вахрушева. – Симферополь: ДИАЙПИ, 2013. – Т. 1. –С. 531–534.

Подписано в печать __.__.2020 г.

Формат 60×84/16. Объем 1,2 п.л.

Бумага офсетная 80 гр.м.кв. Тираж. 120 экз. Заказ № 1.

Отпечатано с готового оригинал-макета.

Цифровая типография «Олимп-Принт».

620075, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Первомайская, д.32, кв.18

Тел.: +7 (978) 120-07-20, e-mail: olimp-print@mail.ru