

ДЕГТЯРЕВ Кирилл Станиславович

**ПОТЕНЦИАЛ, ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И РАЗВИТИЕ
ЭНЕРГЕТИКИ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ В РЕСПУБЛИКЕ
КАЛМЫКИЯ**

**Специальность 25.00.24 – экономическая, социальная, политическая и
рекреационная география**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата географических наук

Москва, 2019 г.

Работа выполнена в Научно-исследовательской лаборатории возобновляемых источников энергии географического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» (МГУ имени М.В.Ломоносова)

Научный руководитель

Соловьев Александр Алексеевич
доктор физико-математических наук,
профессор, главный научный сотрудник
географического факультета МГУ
имени М.В.Ломоносова

Официальные оппоненты

Лопатников Дмитрий Леонидович
доктор географических наук, старший
научный сотрудник Института
географии РАН

Макар Светлана Владимировна
доктор экономических наук, ведущий
научный сотрудник Финансового
университета при Правительстве РФ

Ведущая организация

**Балтийский федеральный
университет им. Эммануила Канта**

Защита диссертации состоится 29 ноября 2019 г. в 14:00 на заседании диссертационного совета Д002.046.01 при ФГБУН Институт географии Российской академии наук по адресу 119017, г. Москва, Старомонетный переулок, 29.

Факс: (495) 959-00-33, e-mail: d00204601@igras.ru, borodina@igras.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института географии Российской академии наук и на интернет-сайте: <http://www.igras.ru/2174>

Автореферат разослан «___» _____ 2019 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,
кандидат географических наук,
старший научный сотрудник

Т.Л. Бородина

Общая характеристика работы

Актуальность темы связана с возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ) и проблемами социально-экономического развития регионов России.

Республика Калмыкия сталкивается с комплексом социально-экономических проблем. Вместе с тем, она обладает высоким потенциалом возобновляемых источников энергии (ВИЭ) – одним из наиболее высоких в России. ВИЭ можно рассматривать как существенный, в перспективе, фактор экономического развития республики.

Объект исследования – энергетика на основе возобновляемых источников энергии.

Предмет исследования – географические факторы её развития и размещения.

Цель исследования – географическое обоснование использования потенциала энергетике на основе возобновляемых источников в Республике Калмыкия.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Анализ физико-географической, экономико-географической, социально-экономической специфики Калмыкии, топливно-энергетического комплекса Калмыкии, объёмов и структуры производства и потребления энергии в республике;
2. Исследование географической составляющей потенциала ВИЭ в Калмыкии, объёма и структуры данного потенциала с актуализацией по источникам энергии и районам республики и выявлением потенциальных точек роста энергетике на ВИЭ в Калмыкии.
3. Изучение подходов регионального освоения энергетике на ВИЭ на примере Калмыкии и сходных территорий, с анализом стимулов и препятствий развития.

Методологическая и информационная основа. Использовались труды экономико-географов и экономистов Н.Н. Баранского, В.Л. Бабурина, С.Ю. Глазьева, А.П. Горкина, В.Н. Кондратьева, Е.Е. Лейзеровича, И.М. Маергойза, П.М. Поляна, А.Н. Ракитникова, Ю.Г. Саушкина, Л.В. Смирнягина, Дж.Фридмана и др., в области возобновляемой энергетике – Ж.И. Алфёрова, О. Андерсена, П. П. Безруких, В.И. Висаррионова, А.Е. Копылова, В. Смила, Д.С. Стребкова, В.Е. Фортова, и др., отечественные и зарубежные официальные статистические данные, информация СМИ, экспертные оценки и собственные полевые наблюдения.

Были применены методы экономико-географического анализа территории, статистического отраслевого анализа, оценки потенциалов ВИЭ (валового, географического, технического, экономического, доступного), картографического анализа, проводились полевые исследования и экспертные интервью. Выведен ряд ключевых количественных экономико-географических показателей Калмыкии, проведено районирование территории республики на их основе, данные представлены в виде таблиц и карт.

Научная новизна работы. В настоящее время в России на региональном и локальном уровнях проводятся исследования ВИЭ с целью определения их валового и технического потенциала, а также выделения площадей, наиболее пригодных для возможного размещения генерирующих мощностей. В основе определения валового потенциала лежат имеющиеся данные по солнечной радиации, ветровому режиму, объёмам сельскохозяйственного производства. Технический потенциал рассчитывается на основе валового потенциала с учётом технологических ограничений размещения и работы энергетического оборудования. Для определения перспективных площадок для строительства энергетических станций на основе ВИЭ проводится анализ подстилающей поверхности и структуры землепользования.

Данная работа носит сходный характер и использует, в том числе, данную информационную и методологическую основу. В то же время, она содержит новизну, заключающуюся в следующем:

- 1) Оценка предпосылок и потенциала развития возобновляемой энергетики в данном регионе (субъекте РФ) впервые проведена на основе его комплексного экономико-географического анализа, а также с учётом физико-географических, геоэкологических и социально-экономических факторов и территориальной дифференциации региона.
- 2) Проведены расчёты экономической эффективности для территории, обоснована экономическая целесообразность строительства генерирующих мощностей на основе ВИЭ в Калмыкии.
- 3) Проведена экономико-географическая типология (микрорайонирование) территории Калмыкии, учитывающая предшествующий опыт районирования республики, но с более высокой степенью детализации и на основе количественных экономико-географических параметров, актуальных для развития возобновляемой энергетики.
- 4) Предложена перспективная схема территориальной организации возобновляемой энергетики в регионе, на основе его экономико-географической типологии и расчётов экономической эффективности размещения объектов генерации в определённых точках.

Практическая значимость. Результаты работы могут быть рекомендованы для принятия инвестиционных решений коммерческим организациям и производителям в сфере возобновляемых источников энергии, а также представителям федеральных и региональных органов при разработке и осуществлении программ развития Калмыкии и других регионов. Положения и выводы диссертации, могут быть использованы в лекциях в рамках дисциплин, посвященных географии и экономики энергетики, рациональному природопользованию и географии инновационного процесса.

Апробация работы и публикации. По теме диссертации автором опубликовано 42 научных статьи, в том числе более 10 статей в изданиях перечня ВАК РФ, и 2 монографии.

Положения диссертации были доложены на конференциях:

- XVI Международная конференция «Возобновляемая и малая энергетика - 2019. Энергосбережение. Автономные системы энергоснабжения стационарных и подвижных объектов», Россия, Москва, НИУ МЭИ, 2 июля 2019.
- Круглый стол «Распределённая возобновляемая энергетика для сельских территорий» в рамках «Агросалона-2018», Москва, Крокус-Экспо, Россия, 11 октября 2018.
- Международная ежегодная конференция «Возобновляемая и малая энергетика – 2018 Энергосбережение. Автономные системы энергоснабжения стационарных и подвижных объектов» Москва, Конгресс-Центр Экспоцентра, Россия, 17-18 апреля 2018;
- 7-я Международная научно-техническая конференция «Инновации в сельском хозяйстве», Москва, ВИЭСХ, 13-14 декабря 2016;
- XIII Международная ежегодная конференция «Возобновляемая и малая энергетика-2016», Москва, Экспоцентр, 7-8 июня 2016;
- 10-я Международная научно-техническая конференция «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве», Москва, ВИЭСХ, 24-25 мая 2016;
- Семинар «Культурный ландшафт» и секция культурной географии Московского отделения Русского географического общества, Москва, Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, ауд.2104, 16 марта 2016 года;
- XII Международная научно-практическая конференция «Возобновляемая и малая энергетика-2015», Москва, Экспоцентр на Красной Пресне, Конгресс-центр, Россия, 8-9 июня 2015;
- Международная научно-практическая конференция «Безопасность в образовательных и социоприродных системах», 16-17 мая 2014 г., Элиста, Калмыцкий гос. ун-т, Республика Калмыкия, Элиста, 2014;
- Научно-практическая конференция «Энергетические технологии», 03.07.2014, Москва, ВИЭСХ, Россия, 2014;
- XI Международная ежегодная конференция «Возобновляемая и малая энергетика 2014», Москва, Конгресс-центр Экспоцентра, Россия, 2014;
- Региональная научно-практическая конференция «Природно-ресурсный потенциал Прикаспия и сопредельных территорий: проблемы его рационального использования», Республика Калмыкия, Элиста, 2014;
- 5-я Международная научно-техническая конференция «Инновации в сельском хозяйстве», 16-17.12.2014, ВИЭСХ, 2014;

- X Международная ежегодная конференция «Возобновляемая и малая энергетика 2013», Москва, Экспоцентр, Россия, 2013.

Структура и объём работы. Работа состоит из введения, трёх глав основного текста, заключения, списка литературы и 103 приложений. Основное содержание работы изложено на 158 с. и содержит 29 рисунков и 35 таблиц. Список использованных источников включает 294 наименования на русском и иностранном языках.

Глава 1 включает описание методологии исследований возобновляемых источников энергии и закономерности развития энергетики на их основе, самостоятельный анализ господствующих тенденций развития возобновляемой энергетики в мире и России. В рамках историко-методологической направленности обсуждаются географические подходы к энергетике на основе ВИЭ в XX – начале XXI века. Обосновывается ключевая роль экономических и географических факторов развития возобновляемой энергетики.

Глава 2 посвящена оценке ресурсов ВИЭ на территории Калмыкии, физико-географических, экономико-географических предпосылок и имеющегося опыта их использования. Основной акцент сделан на солнечной энергетике, ветроэнергетике и биоэнергетике на отходах сельского хозяйства. Проводится сопоставление с другими регионами России и странами со сходными природно-хозяйственными условиями. Обосновывается положение Калмыкии в качестве одной из оптимальных ниш для развития возобновляемой энергетики в России, проводится анализ критериев экономической эффективности использования ВИЭ на её территории, оценка препятствий для развития возобновляемой энергетики.

Глава 3 содержит выполненное автором экономико-географическое районирование Калмыкии с территориальной привязкой ВИЭ, оценку их ресурсов и перспективных форматов развития по экономико-географическим районам. В качестве результирующего заключения предложена перспективная схема размещения генерирующих мощностей на основе ВИЭ.

Положения диссертационной работы, выносимые на защиту

1. В мире наблюдается снижение темпов роста возобновляемой энергетики, сопровождающееся концентрацией генерирующих мощностей в территориальных нишах с наиболее благоприятным комплексом условий.

Высокий валовый (природный, теоретический) потенциал ВИЭ, на несколько порядков перекрывающий текущие потребности человечества в энергии, в сочетании с их экологическими преимуществами, обусловил интерес к их масштабному использованию. Со второй половины XX века, идёт активное развитие возобновляемой энергетики, в первой очередь – ветроэнергетики, с начала XXI века – солнечной энергетики, на базе современных технологий.

Однако, примерно с конца 2000-х – начала 2010-х гг. в мире фиксируется снижение темпов роста энергетики на основе ВИЭ (рис. 1).

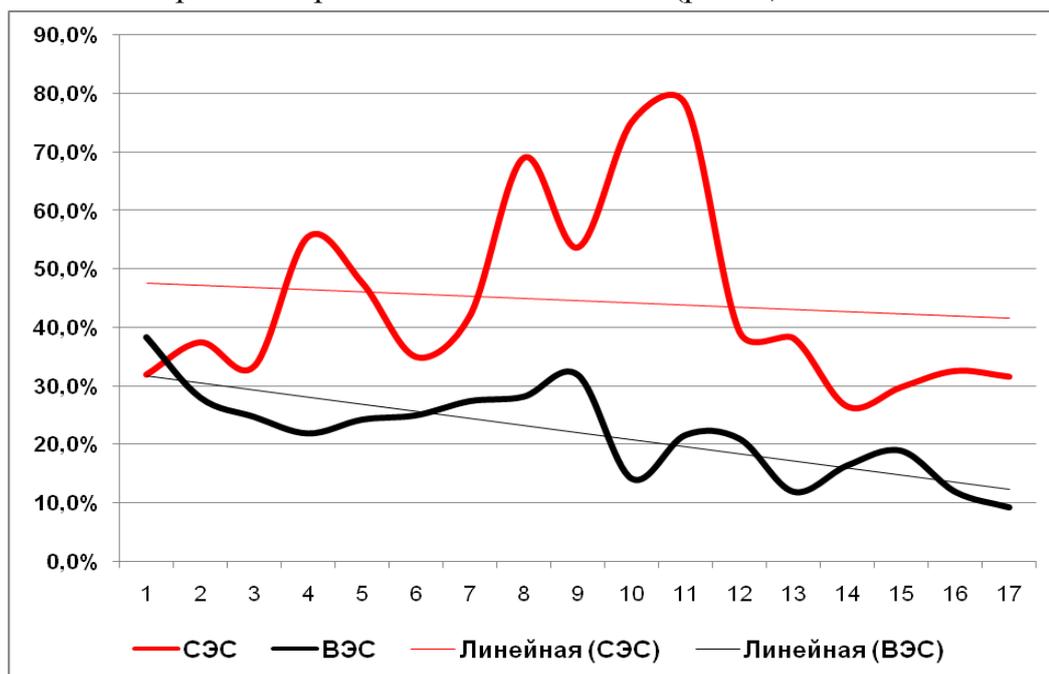


Рис. 1. Темпы роста солнечных фотовольтаических мощностей в мире в 2001-2017 гг. (составлено автором по данным IRENA)

При этом доля ВИЭ в мировом энергобалансе остаётся невысокой. В целом с начала 1970-х до настоящего времени, она выросла с величины чуть более 12% до величины чуть менее 14%. Прежде всего, это произошло за счёт ветровой, далее – солнечной энергетики, но даже их совокупная доля в мировом потреблении энергии не превышает 1,5%, и 6% - в мировой выработке электроэнергии. Прогнозируется дальнейшее снижение темпов роста. Одновременно наблюдаются следующие тенденции:

- Локомотивом роста энергетики на ВИЭ становятся азиатские страны (прежде всего, Китай), вносящие основной вклад в прирост мощностей и производства, начиная с 2010-х гг.;
 - Мощности и производства энергии на ВИЭ во всё большей степени локализуются в наиболее благоприятных физико-географических и экономико-географических нишах. Наиболее яркий пример территориальной дифференциации ВИЭ – привязка более 90% мощностей и производства геотермальной энергетики к региону Тихоокеанского «Огненного пояса». Также, в качестве лидеров солнечной энергетики выступают европейские страны Средиземноморья, ветроэнергетики – европейские страны, обращённые к побережью Атлантики, биоэнергетики – страны Центральной и Южной Америки.
- Развитие энергетики на основе ВИЭ в России также обнаруживает сходные тенденции. В частности, производство древесного топлива (древесные пеллеты и брикеты, биоэтанол) привязано к предприятиям лесоперерабатывающего

комплекса на Северо-западе европейской части России, в Сибири и на Дальнем Востоке; практически все проекты солнечной энергетики реализуются на юге страны, ветроэнергетики – большей частью, в прибрежных зонах (рис.2-3).

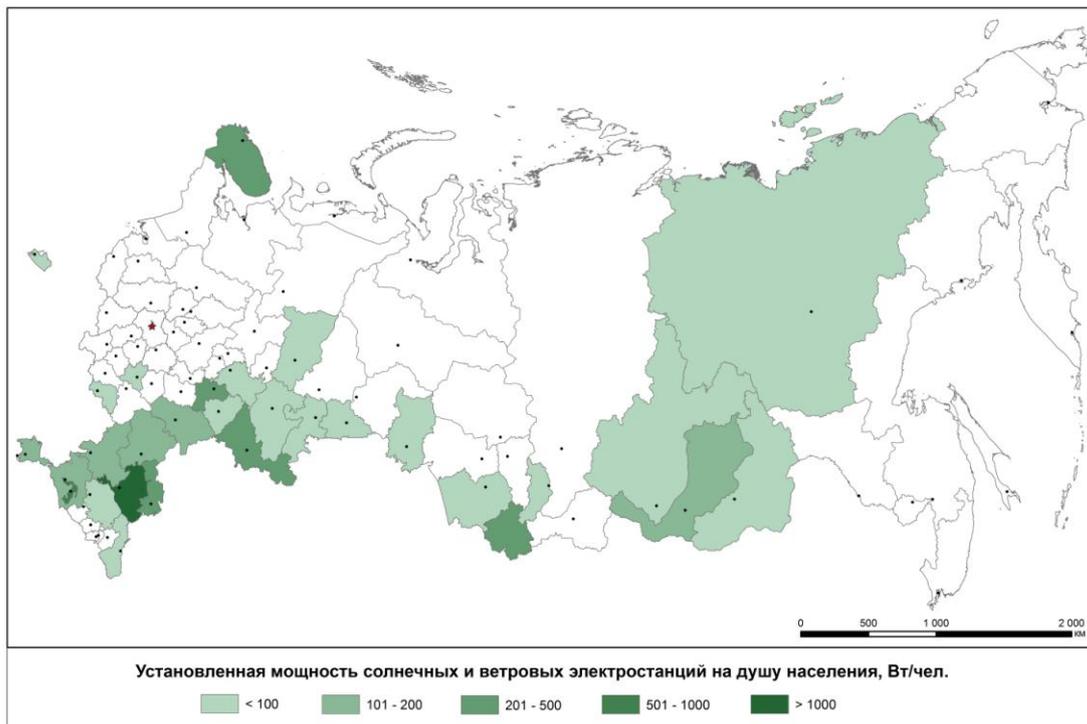


Рис.2. Запланированные к 2024 году и строящиеся ветровые и солнечные электроэнергетические мощности по регионам России (составлено автором)

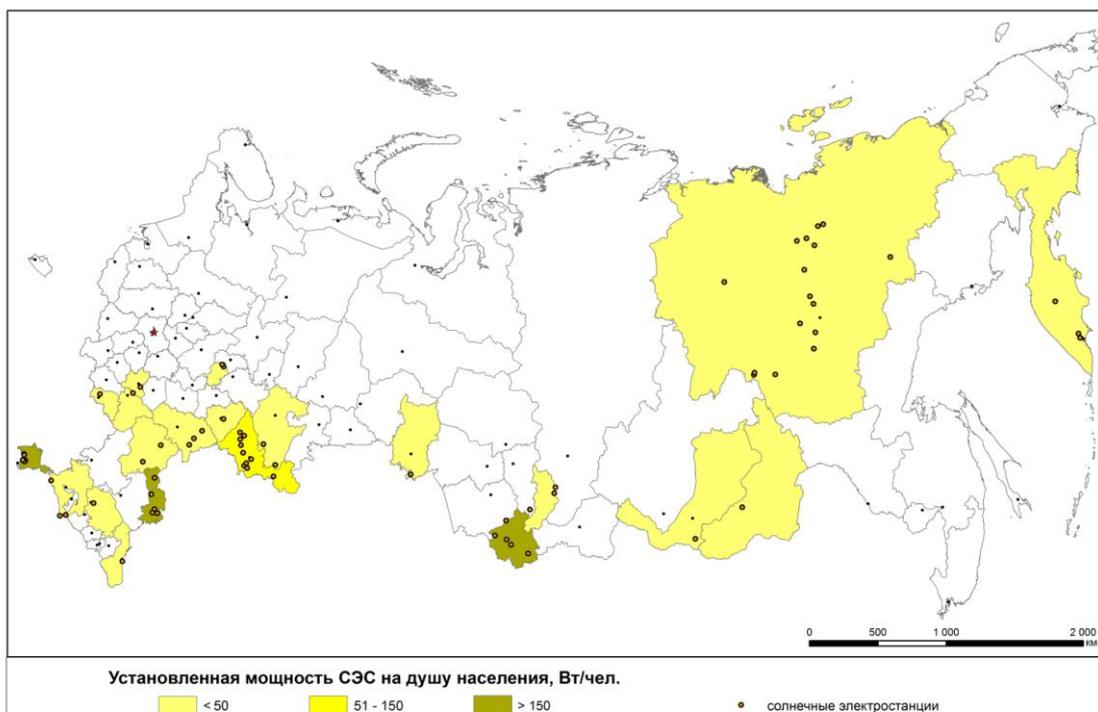


Рис.3. Действующие солнечные электростанции в России по ситуации на конец 2017 – начало 2018 гг. (составлено автором)

Экономический эффект использования ВИЭ остаётся недостаточным, если рассматривать только внутренние издержки (internal costs) производства энергии. В частности, на уровень ценового паритета с энергетикой на основе ископаемого топлива выходят ветровые электростанции на суше. Несмотря на несколько более высокий уровень инвестиционных затрат, на временных интервалах от 5-10 лет средневзвешенная стоимость вырабатываемой на них энергии становится ниже. Также выдерживают ценовую конкуренцию геотермальные станции и гидроэлектростанции, но их размещение ограничено определёнными региональными геологическими и физико-географическими условиями. В случаях с морскими (оффшорными) и солнечными электростанциями периоды окупаемости в среднем существенно выше – от 15-25 лет, что может превосходить сроки службы оборудования. При этом, речь идёт о простых сроках окупаемости. В то же время, экономическая эффективность ВИЭ может быть существенно выше при благоприятных природных условиях.

2. Республика Калмыкия является одним из регионов России с наиболее мощными предпосылками развития энергетики на основе возобновляемых источников.

В структуре валового потенциала ВИЭ основное место занимают солнечная и, в несколько меньшей степени, ветровая энергия. На них приходится, соответственно, примерно 2/3 и 1/3 теоретически доступного потенциала. Доля остальных ВИЭ не превышает 1%-2%, хотя на локальном уровне она может быть существенно выше. Тем не менее, на солнечный и ветровой потенциалы повсеместно приходится более 90% всего потенциала ВИЭ, доступного к использованию.

В свою очередь, валовый солнечный потенциал на территории России максимален на Юге европейской части – в среднем 1339 кВтч/м² в год на территориях, принадлежащих Южному и Северокавказскому ФО. Для сравнения, в Центре европейской части России (ЦФО) – 1061 кВтч, на Севере (СЗФО) – 866 кВтч, в Поволжье (ПФО) – 983 кВтч, на территориях к востоку от Урала (УрФО, ЗФО и ДФО) – 1057 кВтч.

Валовый ветроэнергетический потенциал в среднем по СКФО и ЮФО также в среднем в 1,5 раз выше, чем в других регионах России - 6,7 млн. кВтч/км² в год на высоте 30 метров, тогда, как на остальных территориях России – от 4,1 до 4,9 млн. кВтч/км².

В качестве регионального ВИЭ дополнительный интерес на Юге России представляет биоэнергия на основе отходов сельского хозяйства.

В свою очередь, в пределах данного региона Калмыкия отличается высокой концентрацией солнечной энергии (1389 кВтч/ м²) и средней – ветровой энергии (6,6 млн. кВтч/км²).

При этом потенциал ВИЭ на душу населения в Калмыкии существенно выше, чем в соседних регионах. По солнечной и ветровой энергии в совокупности он составляет 5,6 млн. кВтч (3,8 млн. по солнечной и 1,8 млн. по ветровой энергии), тогда, как в среднем по СКФО и ЮФО – 0,5 млн. кВтч. Высокий душевой потенциал ВИЭ в Калмыкии определяется низкой плотностью населения – 3,6 чел./км², что в среднем в 12 раз ниже, чем в соседних субъектах.

Низкая плотность населения означает и низкую плотность инфраструктуры, и наличие больших по площади земельных участков, которые могли бы быть использованы для генерации энергии на основе ВИЭ.

Плотность солнечной и ветровой энергии на 1 км² территории Калмыкии составляет 1,4 млрд. кВтч, что, при коэффициенте использования 0,1, означает выработку 140 млн. кВтч. Это эквивалентно потреблению 28% всей электроэнергии в Калмыкии. Иными словами, отчуждение всего 4 км², или примерно 0,005% (1/20000) площади республики под ВЭС и СЭС теоретически способно полностью покрыть потребности Калмыкии в электроэнергии (500 ГВтч) и поставлять избыток в другие регионы. Это означало бы создание примерно 400-500 МВт генерирующих мощностей и модернизацию сетевой инфраструктуры, а инвестиционные затраты проекта такого масштаба составили бы величину более 50 млрд. рублей.

Дополнительный возобновляемый ресурс Калмыкии – биоэнергия, связанная с отходами сельского хозяйства. Объёмы сельскохозяйственного производства и поголовье скота на душу населения в Калмыкии – самые высокие в России.

Суммарная энергетическая ценность отходов растениеводства и животноводства в Калмыкии – около 6 млрд. кВтч в год. Это более, чем в 10 раз, превышает текущее потребление электроэнергии в республике и существенно выше общего энергопотребления (4,9 млрд. кВтч). Из-за проблем со сбором сырья и использования отходов сельхозпроизводства также в других целях может быть задействована небольшая часть этого потенциала, но даже в этом случае он, теоретически, может иметь существенный вес в энергобалансе. По показателям сельскохозяйственного биопотенциала на душу населения – 21,3 тыс. кВтч, Калмыкия далеко превосходит другие субъекты РФ (на 2-м месте Тамбовская область с 14,3 кВтч).

При исключительно высоком потенциале ВИЭ Калмыкия сталкивается с большими проблемами в энергоснабжении. В Калмыкии практически полностью отсутствует собственная генерация электроэнергии, которая поставляется из соседних регионов, а распределительная сеть отличается высокой степенью физического износа – более 70%.

Кроме того, размещение населения и производства Калмыкии дисперсно, с большими расстояниями между населёнными пунктами, и энергосеть должна обслуживать большое количество удалённых мелких потребителей, что

обуславливает её большую протяжённость – почти 70 метров на душу населения, тогда, как в России в среднем – 25 метров (в 2,6 раз меньше).

В то же время, потребление электроэнергии в Калмыкии на душу населения в 4,2 раза ниже, чем в среднем по России (соответственно, 1,8 тыс. и 7,5 тыс. кВтч в год). Соответственно, отношение потребления электроэнергии к протяжённости электросетей в России в целом составляет 288 млн. кВтч/км, в Калмыкии – 27 млн., или почти в 11 раз меньше.

В свою очередь, ВРП Калмыкии на душу населения в 2,1 раза ниже, чем средний душевой ВВП России, соответственно 239 тыс. и 511 тыс. рублей (2017). При большей – также в 2,6 раз, протяжённости электроэнергетической сети на душу населения, это означает, что эффективность её работы можно с некоторой долей условности оценить в величину в $2,1 \times 2,6 = 5,5$ раз меньшую.

В Калмыкии также одни из самых высоких в России тарифов на электроэнергию – около 5 руб./кВтч для физических лиц и более 7-8 руб./кВтч для юридических лиц. При низких средних доходах стоимость электроэнергии относительно покупательной способности населения в Калмыкии самая высокая среди всех субъектов РФ.

Таким образом, существуют две группы предпосылок развития возобновляемой энергетики (прежде всего, автономной) в Калмыкии:

- 1) «позитивные» - исключительно высокий потенциал ВИЭ на единицу площади и на душу населения.
- 2) «негативные», обусловленные проблемами, связанными с «традиционным» сетевым энергообеспечением на основе ископаемых источников энергии, что заставляет рассматривать местные ВИЭ в качестве альтернативы. Их комбинация создаёт в Калмыкии наилучшие в России условия для развития энергетики на основе ВИЭ.

3. Республика Калмыкия может быть разделена на пять экономико-географических районов, различающихся с точки зрения предпосылок развития энергетики на основе ВИЭ.

Территория Республики Калмыкия отличается существенной физико-географической и экономико-географической неоднородностью, что имеет значение и для оценки предпосылок развития возобновляемой энергетики, различающихся в зависимости от набора природно-хозяйственных условий. Автором проведена экономико-географическая типология Республики Калмыкия. Она учитывает проводившееся ранее деление Калмыкии на природно-хозяйственные зоны - Западную, Центральную и Восточную, ландшафтное районирование, а также проведённое Е.Е. Лейзеровичем экономико-географическое микрорайонирование Калмыкии с выделением Элистинского, Сарпинского и Черноземельского районов.

В то же время, предлагаемая в данной работе типология основана на более дифференцированном подходе и опирается на ряд количественных экономико-географических показателей. Это, прежде всего, показатели, связанные с населением и направлением развития сельского хозяйства, составляющего основу реального сектора экономики Калмыкии. Анализ данных по населению и сельскому хозяйству показывает, что Калмыкия подразделяется на следующие территории:

1. Густонаселённый запад с преимущественно растениеводческой специализацией хозяйства;
2. Редконаселённые центр и восток с чёткой животноводческой специализацией хозяйства и почти отсутствующим растениеводством;
3. Три отдельных ареала – северный, южный (Ики-Бурульский район) и юго-восточный (Лаганский район), отличающихся каждый своей спецификой и по ряду позиций.

Исходя из этого, мы можем выделить следующие экономико-географические районы Калмыкии (рис. 4):

- Западный (Городовиковское, Яшалтинское, Приютненское, Целинное РМО и г. Элиста);
- Центрально-Восточный (Кетченеровское, Юстинское, Яшкульское, Черноземельское РМО);
- Юго-Восточный (Лаганское РМО);
- Северный (Сарпинское, Малодербетовское, Октябрьское РМО);
- Южный (Ики-Бурульское РМО).

Каждый из них обладает своей спецификой географического положения, природных условий, параметров расселения и хозяйства.



Рис. 4. Экономико-географическое районирование Калмыкии (составлено автором)

С точки зрения предпосылок использования ВИЭ основные различия также можно провести между Западным и Центрально-Восточным районами.

Территория с максимальными скоростями ветра, сравнительно высокими значениями солнечной радиации и, в то же время, высокой плотностью потребителей и развитой инфраструктурой – Западный район, а также прикаспийская часть Юго-Восточного района. На данных территориях возможно создание крупномасштабных генерирующих мощностей на основе ВИЭ, включая ветропарки и крупные солнечные электростанции.

Предпосылки для развития малой автономной энергетики, учитывая, как природный потенциал ВИЭ, так и характер расселения и инфраструктуры Калмыкии, сильны повсеместно, включая и Западный район. В то же время, территории, где это может быть наиболее востребовано – Южный и Центрально-Восточный районы.

4. Перспективная схема размещения объектов генерации на основе ВИЭ в Калмыкии включает три энергетических узла в окрестностях городов Элиста, Городовиковск и Лагань, а также ряд малых автономных точек генерации.

Перспективная схема (рис. 5) размещения включает два уровня: большая сетевая и малая автономная энергетика.

В первом случае выделяется энергетический узел в районе Элисты (Западный район). Кроме того, узлы меньшего масштаба возможны в окрестностях городов Лагань и Городовиковск, соответственно, в Западном и Юго-Восточном районах – также в силу сочетания благоприятных природных и инфраструктурных условий. В свою очередь, малая автономная энергетика привязывается к малым рассредоточенным потребителям. В общем случае, чем более удалена точка и чем меньше там объём энергопотребления, тем целесообразнее автономное энергообеспечение.

Сетевое снабжение электроэнергией в настоящее время присутствует практически во всех населённых пунктах Калмыкии, однако высокая степень износа сети означает необходимость её модернизации, в связи с чем, в перспективе могут быть рассмотрены альтернативы сетевого и автономного энергоснабжения.

Оценка сравнительной экономической эффективности энергообеспечения за счёт автономных энергетических установок на основе ВИЭ и сетевого энергообеспечения за счёт ЛЭП проведена на основе следующих параметров:

- Потребление электроэнергии в данном пункте;
- Расстояние данного пункта от ближайшего источника энергии (соответственно, протяжённость ЛЭП);
- Стоимость прокладки ЛЭП;
- Стоимость автономного комплекса на основе ВИЭ;
- Стоимость электроэнергии для потребителей;
- Схема финансирования.

В работе использованы следующие допущения:

- Затраты ложатся на потребителя энергии, соответственно, он выступает в качестве инвестора;
- Потребление электроэнергии в населённом пункте – из расчёта 1000 кВтч/чел. в год, что соответствует среднему уровню потребления электроэнергии населением Калмыкии;
- Стоимость прокладки 1 км ЛЭП – 1 млн. руб./км;
- Затраты на установку автономного генерирующего комплекса на основе ВИЭ и дизельного генератора - 100 тыс. руб./1 квт установленной мощности;
- КИУМ автономного генерирующего комплекса – 10%;
- Тарифы на электроэнергию для населения – 5 руб./кВтч, цены постоянны;
- В автономном комплексе 30% всей электроэнергии будет вырабатываться за счёт генератора (остальное – за счёт ВИЭ), для выработки 1 кВтч электроэнергии требуется 0,25 л дизельного топлива, а его стоимость составляет 45 руб./л ч.

При данных допущениях инвестиционные затраты на обеспечение электроэнергией посёлка с населением 100 чел. и удалённого на 10 км составит 12 млн. рублей при установке автономного комплекса и 10 млн. рублей при проведении сетевого

энергообеспечения. В то же время, годовые операционные затраты для автономного комплекса будут на 0,16 млн. рублей ниже, что означает простой срок окупаемости 12,5 лет – это длительный срок, но позволяющий рассматривать перспективность данного варианта. Тем более, он перспективен при небольших изменениях исходных параметров. Например, при расстоянии не 10, а 12 км инвестиционные затраты сравниваются, и автономное энергоснабжение выигрывает уже на инвестиционной стадии.

Также, при росте цен на электроэнергию и дизельное топливо на 5% в год (что является реалистичным и даже несколько заниженным вариантом) простой срок окупаемости автономного комплекса относительно сетевого энергообеспечения снижается до примерно 8,5 лет. Внутренняя норма доходности (ВНД) данного варианта на интервале 25 лет составит 13,4%; иными словами, при ставке дисконтирования 13,4% дисконтированный срок окупаемости составит 25 лет. При дисконтировании со ставкой 10% он составит 15 лет.

Данный уровень точности недостаточен для принятия решения в том или ином конкретном случае. Однако такого рода грубые расчёты позволяют определить условия, при которых вариант автономного энергоснабжения за счёт ВИЭ может быть рассмотрен в качестве альтернативы сетевому энергоснабжению с позиций прямой экономической эффективности.

При данных допущениях, это населённые пункты с населением 100 человек и менее, удалённые на 10 км и более. В то же время, среднее расстояние между населёнными пунктами в Калмыкии – около 17 км (меньше в Западном районе, но выше в Центрально-Восточном районе – более 20 км).

Кроме того, реальная стоимость прокладки ЛЭП, скорее всего, превысит 1 млн. руб./км, что подтверждают имеющиеся данные о затратах на создание и модернизацию энергосети в Калмыкии и других регионах. Это позволяет рассматривать и пункты с населением до 200 человек в качестве перспективных. Данные пункты обозначены в предлагаемой схеме генерации и образуют второй уровень – малого автономного энергообеспечения.

Очевидно, что ещё более перспективными с данных позиций являются и несколько тысяч отдельных хозяйств и животноводческих точек (кроме того, использовать ВИЭ в качестве вспомогательного источника энергии могли бы десятки тысяч домохозяйств Калмыкии), но обозначить их на схеме на данном этапе не представляется возможным.

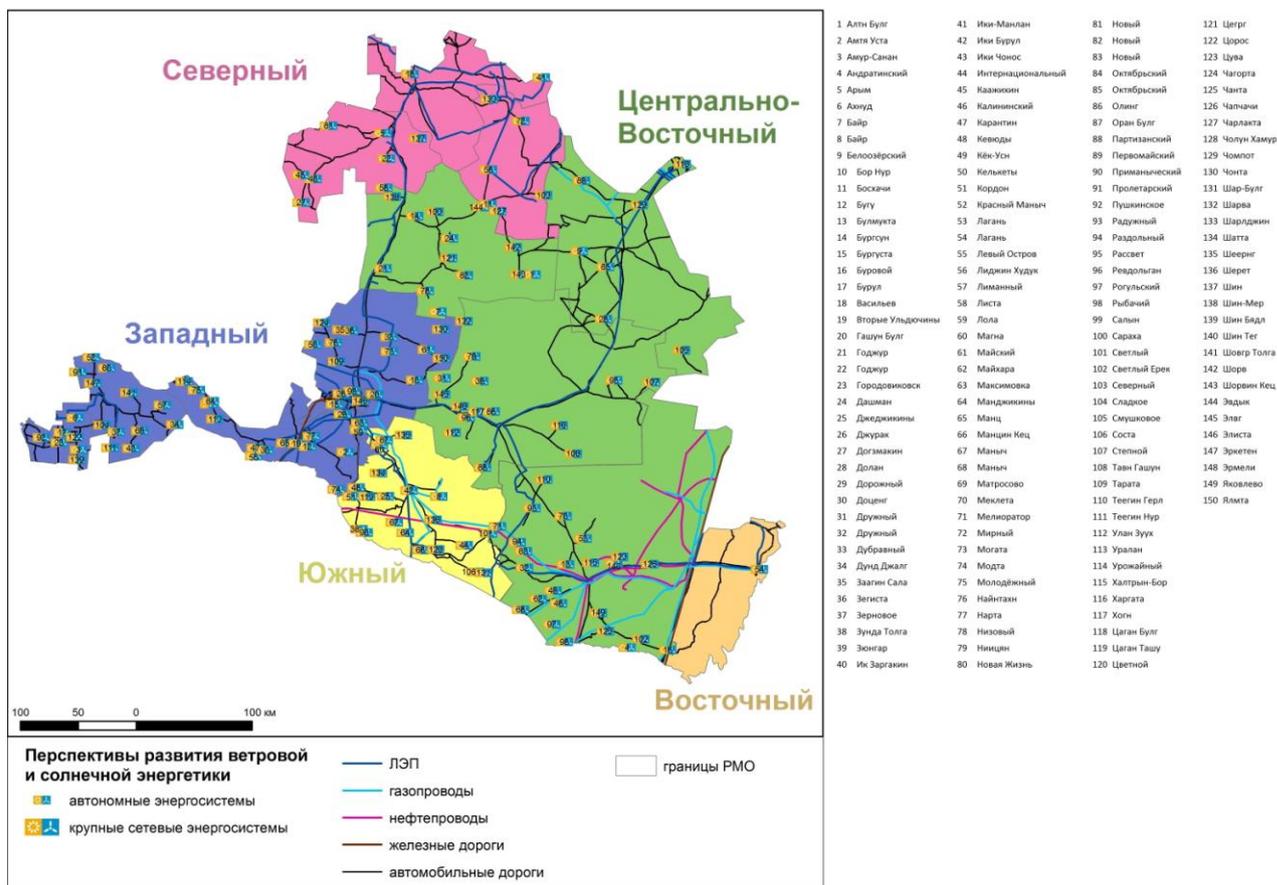


Рис. 5. Перспективная схема развития и размещения объектов генерации электроэнергии на основе ВИЭ (составлено автором)

Следует отметить текущую реализацию проектов энергетики на основе ВИЭ в Калмыкии. На уровне крупной сетевой генерации заявлен ряд проектов солнечной и ветроэнергетики, локализующихся преимущественно в окрестностях Элисты. Общая мощность проектируемых солнечных электростанций по ситуации на начало 2019 года – около 125 МВт, ветроэлектростанций – 225 МВт.

Отметим, что выработка на них может составить около 500 ГВтч, что равно всему текущему потреблению электроэнергии в Калмыкии.

Однако на данный момент не реализован ни один проект, в том числе те, что, по плану, должны были быть введены к эксплуатации в 2015-2018 гг.

В свою очередь, энергетика на ВИЭ на локальном уровне развивается в Калмыкии примерно с середины 2000-х – начала 2010-х гг. и включает:

- отдельные экспериментально-демонстрационные комплексы;
- оснащение солнечными батареями и ветрогенераторами ряда инфраструктурных объектов (дорожное освещение, детские площадки и др.);
- оснащение частных хозяйств ветрогенераторами и солнечными установками.

По экспертным оценкам, можно говорить о нескольких десятках ветроустановок и до нескольких сотен солнечных панелей, установленных в отдельных хозяйствах во второй половине 2000-х и начале 2010-х гг. Среди них были широко

представлены ветрогенераторы и солнечные батареи российского производства. География размещения автономных установок малой мощности включает западные, центральные, восточные, южные районы Калмыкии – Приютненский, Целинный, Кетченеровский, Яшкульский, Черноземельский, Ики-Бурульский. В случае с оснащениями объектов городской и дорожной инфраструктуры инициатива и финансирование исходят от региональных властей. Что касается установки солнечных панелей и ветрогенераторов в хозяйствах, они осуществляются за счёт самих хозяйств силами отдельных частных предпринимателей. Внедрение энергетики на ВИЭ на локальном уровне сдерживается рядом факторов, включающих низкий уровень информированности потребителей, отсутствие поддержки со стороны органов власти, крупных финансовых и организационных агентов развития, низкий платежеспособный спрос населения, а также низкий уровень информированности потенциальных поставщиков мощностей о Калмыкии и её сильных сторонах в качестве потенциального рынка.

В то же время, за последние годы осведомлённость о ВИЭ выросла, накоплен некоторый опыт, и спрос на солнечные батареи и ветрогенераторы растёт. Точки продажи и обслуживания установок на основе ВИЭ появились и в самой Калмыкии. При этом, поставляется оборудование как российского, так и зарубежного, преимущественно китайского производства.

Также идут научно-исследовательские и экспериментальные работы с целью поиска оптимальных решений для потребителей малого масштаба в условиях Калмыкии.

Дальнейшее развитие энергетики на ВИЭ в Калмыкии при сохранении имеющегося «инерционного» сценария с большой вероятностью будет означать постепенное наращивание оснащённости отдельных точек автономными устройствами (прежде всего, солнечными батареями и ветрогенераторами) небольшой мощности.

При определённой поддержке (в настоящее время оказываемой сетевой энергетике) малая автономная энергетика на ВИЭ способна развиваться существенно быстрее, обеспечивая позитивный социально-экономический эффект в целом, поскольку не сопряжена с комплексом сложностей и рисков разного характера, присущих крупным проектам.

5. Выделены территории с наилучшими предпосылками для развития малой автономной энергетики на ВИЭ в Калмыкии, которые могут рассматриваться в качестве пилотных при реализации соответствующих проектов и программ.

Для определения таких территорий мы используем показатели в баллах, привязанные к определённым количественным значениям, характеризующим потенциал ВИЭ. Потенциал ВИЭ по районам Калмыкии лежит в некотором

диапазоне количественных значений, указанных выше, для каждого источника энергии:

- для солнечной энергии, в привязке к широтному положению, от 48° до 45° широты – от 1840 до 1950 кВтч/м² в год (приход на горизонтальную поверхность при ясном небе), с разницей между месяцами с максимальным (июнь) и минимальным (декабрь) поступлением радиации от 4,8 до 3,8 раз;
- для ветровой энергии мы можем выделить территории со среднегодовыми скоростями ветра более 5 м/с и менее 5 м/с;
- для биоэнергии диапазон значений доступного к использованию потенциала на душу населения по РМО – от 80 до 2414 кВтч.

В зависимости от нахождения в нижней трети, середине или верхней трети данного диапазона району может быть присвоен определённый балл – 1, 2 или 3, определяющий благоприятность условий развития малой автономной энергетики на ВИЭ (чем выше балл, тем они благоприятнее).

Для биоэнергии (A) используется разбивка 0-800 (1 балл), 801-1600 (2) и >1600 (3) кВтч на душу населения; для солнечной энергии (S) нахождение выше 47° (1), между 47° и 46° (2) и ниже 46° (3); для ветровой энергии (W) - > (3) или <5 м/с (1). Далее выводится средний балл.

Ранжирование по данным показателям (табл. 1) демонстрирует наиболее благоприятные условия в Южном районе.

Таблица 1. Сравнительный физико-географический потенциал ВИЭ по районам Калмыкии, баллы

ЭГР/РМО	A	S	W	Средний
Западный (без Элисты)	2	2	3	2,3
Городовиковское	2	2	3	2,7
Яшалтинское	3	2	1	2,0
Приютненское	2	2	3	2,3
Целинное	1	2	3	2,0
Центрально-Восточный	1	2	1	1,3
Кетченеровское	1	1	1	1,0
Юстинское	1	1	1	1,0
Яшкульское	1	2	1	1,3
Черноземельское	1	3	1	1,7
Юго-Восточный / Лаганское	1	3	3	2,7
Северный	2	1	1	1,3
Сарпинское	2	1	1	1,3
Малодербетовское	1	1	1	1,0
Октябрьское	2	1	1	1,3
Южный / Ики-Бурульское	3	3	3	3,0

Для оценки экономико-географических предпосылок использованы следующие показатели (табл. 2):

- число населённых пунктов (N) с населением 200 чел. и менее: разброс по РМО составил от 0 в Юго-Восточном районе (Лаганское РМО) до 32 в Черноземельском РМО (Центрально-Восточный район) (рис. 8);
- средняя людность (P) населённых пунктов: разброс от менее 400 в Южном районе (Ики-Бурульское РМО) до более 1100 чел. в Юго-Восточном (Лаганское РМО); в данном случае более высокие баллы получают меньшие значения;
- среднее расстояние (L) между населёнными пунктами: разброс от менее 8 км в Городовиковском РМО (Западный район) до 28 км в Лаганском РМО (Юго-Восточный район).

В данном случае, максимальное значение набирает Центрально-Восточный район.

Таблица 2. Сравнительный экономико-географический потенциал ВИЭ по районам Калмыкии, баллы

ЭГР/РМО	N	P	L	Средний
Западный	2	3	1	2,0
Городовиковское	1	2	1	1,3
Яшалтинское	2	2	1	1,7
Приютненское	2	3	2	2,3
Целинное	2	2	2	2,0
Центрально-Восточный	2	3	3	2,7
Кетченеровское	2	3	2	2,3
Юстинское	1	2	3	2,0
Яшкульское	2	2	3	2,3
Черноземельское	3	3	3	3,0
Юго-Восточный / Лаганское	0	1	3	1,3
Северный	1	2	1	1,3
Сарпинское	1	2	2	1,7
Малодербетовское	1	1	2	1,3
Октябрьское	1	2	2	1,7
Южный / Ики-Бурульское	3	3	1	2,3

Далее объединяем средний физико-географический и экономико-географический баллы. При этом, целесообразно экономико-географической составляющей задать больший вес, исходя из более чётко определяемых и существенных различий.

Используется соотношение 2:1. Например, если для Западного района средний физико-географический балл составляет 2,3, а экономико-географический – 2,0, то интегральный составит $(2,3 + 2,0 \cdot 2) / 3 = 2,1$.

Максимальное интегральное значение – у Южного района (табл. 3) и Черноземельского РМО в Центрально-Восточном районе. Последнее отличается также самой низкой плотностью населения в Калмыкии – 0,9 чел./км².

Также сравнительно благоприятны условия Приютненского и Целинного РМО (Западный район) и Яшкульского РМО (Центрально-Восточный район).

Таблица 3. Сравнительный интегральный потенциал малой автономной энергетики на ВИЭ по районам Калмыкии, баллы

ЭГР/РМО	Средний физико-географический показатель	Средний экономико-географический показатель	Итоговое значение
Западный	2,3	2,0	2,1
Городовиковское	2,7	1,3	1,8
Яшалтинское	2,0	1,7	1,8
Приютненское	2,3	2,3	2,3
Целинное	2,0	2,0	2,0
Центрально-Восточный	1,3	3,0	2,2
Кетченеровское	1,0	2,3	1,9
Юстинское	1,0	2,0	1,7
Яшкульское	1,3	2,3	2,0
Черноземельское	1,7	3,0	2,6
Юго-Восточный / Лаганское	2,7	1,3	1,8
Северный	1,3	1,5	1,3
Сарпинское	1,3	1,7	1,6
Малодербетовское	1,0	1,3	1,2
Октябрьское	1,3	1,7	1,6
Южный /Ики-Бурульское	3,0	2,3	2,5

Территории – экономико-географические районы и отдельные РМО с наиболее благоприятным комплексом предпосылок развития малой автономной энергетики образуют единый ареал в юго-западной и южной частях Калмыкии, включающий Южный район и соседствующие с ним Черноземельское и Яшкульское РМО Центрально-Восточного района, Целинное и Приютненское РМО Западного района (рис. 6).



Рис. 6. Территории с наиболее благоприятным комплексом предпосылок развития малой автономной энергетики на основе ВИЭ

Выводы

1. В мире с 2010-х гг. после активной фазы 1990-х – 2000-х гг. наблюдается общее снижение темпов роста энергетики на основе ВИЭ, что вписывается в общую динамику длинных экономических волн (циклов). Параллельно происходит смещение центров развития возобновляемой энергетики – из США в Западную Европу в течение 1990-х гг. и в Восточную Азию, прежде всего – Китай, в 2010-е годы. В настоящее время данный регион является основным локомотивом роста энергетики на основе ВИЭ.

2. Развитие и территориальная организация возобновляемой энергетики определяется сложным взаимодействием ряда факторов, включающих: отношения в системе Центр – Периферия, экономическая и политическая специфика регионов и комплекс физико-географических факторов. Географические факторы, связанные с природными условиями и ресурсами, играют ключевую роль в территориальном размещении объектов генерации на основе ВИЭ и весе возобновляемой энергетики в энергобалансе стран и регионов. Актуальной задачей в ближайшей перспективе является поиск оптимальных ниш – прежде всего, географических, для развития энергетики на основе ВИЭ.

3. На территории России одной из таких оптимальных ниш является Республика Калмыкия. Она, наряду с другими регионами Юга европейской части России, отличается максимальной на территории нашей страны концентрацией валового потенциала ВИЭ на единицу площади, но на порядок превосходит соседние субъекты РФ по его величине на душу населения. При этом, Калмыкия не имеет собственной генерации электроэнергии и сталкивается с серьёзными проблемами в энергообеспечении, что также позволяет рассматривать автономную генерацию на основе местных ВИЭ в качестве альтернативы.

4. По критериям плотности и расселения населения, а также направления развития сельского хозяйства Калмыкию можно разделить на 5 экономико-географических районов: Западный, Центрально-Восточный, Юго-Восточный, Северный и Южный. Они различаются также с точки зрения предпосылок развития энергетики на основе ВИЭ в силу различий в комплексе физико-географических и экономико-географических условий.

5. Основные различия прослеживаются между Западным и Центрально-Восточным районами. Западный район отличается наиболее высокой в Калмыкии плотностью населения, урбанизацией, развитием транспортной инфраструктуры и преимущественно растениеводческим направлением развития сельского хозяйства. Центрально-Восточный район, напротив, наименее населён, а в его сельском хозяйстве доминирует животноводство. В данной связи Западный район обладает наилучшими в Калмыкии предпосылками для создания крупных энергетических узлов на основе ВИЭ – ветропарков и крупных солнечных станций. В свою очередь, Центрально-Восточный район перспективен, прежде всего, для развития малого автономного энергообеспечения.

6. Предварительные оценки экономической эффективности показывают, что на территории Калмыкии создание автономных комплексов на основе ВИЭ в качестве альтернативы сетевому электроснабжению может иметь прямой экономический эффект для потребителей на приемлемом для них временном интервале около 10 лет, а в некоторых случаях – уже на инвестиционной стадии. Прежде всего, это относится к потребителям уровня населённых пунктов с населением 100-200 чел. и менее, удалённых от ближайших источников энергии на 10-20 км и более.

7. Принципиально возможная схема размещения объектов генерации электроэнергии на основе ВИЭ в Калмыкии включает два уровня: 1) Крупные сетевые ветропарки и солнечные станции (окрестности городов Элиста и Городовиковск в Западном экономическом районе и Лагань в Юго-Восточном); 2) Малые автономные генерирующие мощности (сельские населённые пункты), прежде всего – с населением менее 200 чел.

8. В качестве территории с наиболее благоприятным для Калмыкии комплексом условий развития малой автономной энергетики на основе ВИЭ можно выделить Южный экономико-географический район, представленный Ики-Бурульским РМО, а также Приютненское РМО в Западном районе и Черноземельское – в Центральном-Восточном районе. Они отличаются, с одной стороны, высокими значениями валового потенциала ВИЭ; с другой, большим количеством малых удалённых потребителей. Данные районы можно рассматривать в качестве пилотных при проведении соответствующих предпроектных изысканий и реализации проектов и программ на территории Калмыкии.

Основные публикации по теме диссертации в журналах из перечня ВАК

1. Дегтярев К.С. Потенциал возобновляемых источников энергии в Республике Калмыкия // ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. СЕРИЯ 5. ГЕОГРАФИЯ. 2019. № 1.
2. Дегтярев К. С. Геоэкологический аспект развития энергетики на возобновляемых источниках в Республике Калмыкия // Проблемы региональной экологии. — 2018. — № 4. — С. 54–58.
3. Соловьёв А. А., Дегтярёв К. С. Атомная и возобновляемая энергетика как факторы снижения экологических рисков и роста эколого-экономической эффективности энергетики // Энергетическая политика. — 2017. — № 2. — С. 60–71.
4. Дегтярев К.С., Панченко В.А., Сангаджиев М.М., Манджиева Т.В., Эрдниева Г.Е. Развитие малой автономной солнечной энергетики в Республике Калмыкия // Геология, география и глобальная энергия. 2017. № 3 (66). С. 161-173.
5. Соловьёв А.А., Дегтярев К.С., Залиханов А.М. Оценка потенциала и предпосылок развития возобновляемой малой автономной энергетики на сельских территориях Калмыкии // Вестник аграрной науки Дона. 2017. Т. 2. № 38. С. 23-31.
6. Дегтярёв К. С., Кошкин С. П., Сангаджиев М. М. Экономические и социально-географические аспекты развития возобновляемой энергетики в Республике Калмыкия // Энергетик. — 2016. — № 8. — С. 32–36.
7. Дегтярев К. С. , Залиханов А. М. , Соловьёв А. А. , Соловьёв Д. А. План ГОЭЛРО и возобновляемые источники энергии // Энергетическая политика. — 2016. — № 3. — С. 55–64.

8. Дегтярев К. Социально-экономические и экономико-географические аспекты развития малой автономной энергетики на возобновляемых источниках в Республике Калмыкия // Промышленная энергетика. — 2015. — № 6. — С. 57–61.
9. Сангаджиев М., Дегтярев К., Манджиева Т., Намысова А. Современное состояние потенциала ресурсов возобновляемых источников энергии в северо-западной части Прикаспия на примере Калмыкии. // Наука и бизнес: пути развития. — 2014. — № 12. — С. 7–12.
10. Дегтярев К., Манджиева Т. Энергетика на возобновляемых источниках в Калмыкии // Сельский механизатор. — 2013. — № 9. — С. 28–31.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Введение

Глава 1. ВИЭ и энергетика на их основе в мире и в России: методика исследований и закономерности развития.

- 1.1. Понятие возобновляемых источников энергии и возобновляемой энергетики. Методика исследований ВИЭ на региональном уровне, понятие и оценки потенциалов ВИЭ и возобновляемой энергетики.
- 1.2. Развитие энергетики на основе ВИЭ в мире в конце XX – начале XXI века.
- 1.3. Развитие энергетики на основе ВИЭ в России в XX – начале XXI века.
- 1.4. Географические аспекты энергетики на основе ВИЭ.
- 1.5. Экономические аспекты энергетики на основе ВИЭ.
- 1.6. Оценка перспектив развития энергетики на основе ВИЭ в мире и в России.
- 1.7. Выводы.

Глава 2. Оценка ресурсов, предпосылок и опыта использования ВИЭ в Калмыкии.

- 2.1. Калмыкия в качестве объекта исследования с точки зрения перспектив развития возобновляемой энергетики. Географическое положение и природно-ресурсные предпосылки развития возобновляемой энергетики в Калмыкии.
- 2.2. Население, хозяйство и топливно-энергетический комплекс Калмыкии. Экономико-географические предпосылки развития возобновляемой энергетики Калмыкии.
- 2.3. Подходы к оценке экономической эффективности возобновляемой энергетики на территории Калмыкии.
- 2.4. Геоэкологические предпосылки развития возобновляемой энергетики в Калмыкии.
- 2.5. Опыт развития энергетики на основе ВИЭ в Калмыкии в постсоветское время.
- 2.6. Опыт развития энергетики на основе ВИЭ в регионах России и зарубежных странах со сходными с Калмыкией условиями.

2.7. Предварительная оценка рыночного потенциала возобновляемой энергетики Калмыкии.

2.8. Выводы.

Глава 3. Экономико-географическое районирование Калмыкии и территориальная привязка возобновляемой энергетики.

3.1. Экономико-географическое районирование Калмыкии.

3.2. Оценка ресурсов и предпосылок развития возобновляемой энергетики по экономико-географическим районам.

3.3. Перспективная схема размещения генерирующих мощностей на основе ВИЭ на территории Калмыкии.

3.4. Выводы.

Заключение.

Библиографический список.

Приложения.