

15. Ilina O. I., Gorbunova T. Yu., Gorbunov R. V. Perspektivy ispolzovaniya sistem vozobnovlyаемой energetiki na territorii Bolshoy Feodosii [Prospects for using renewable energy systems in the territory of the Big Feodosiya]. *Branta: Sbornik nauchnykh trudov Azovo-Chernomorskoy ornitologicheskoy stantsii* [Branta. Proceedings of the Azov-Black Sea Ornithological Station], 2014, issue 17. Special issue, pp. 143–152.

16. Keller M. V. Energeticheskie resursy vetra i ego ispolzovanie [Wind power resources and its use]. *Planovoe khozyaystvo* [Planned Economy], 1929, no. 8, pp. 243–256.

17. Kiseleva S. V., Gorbunova T. Yu. Issledovanie resursnykh vozmozhnostey razvitiya vetroenergetiki s uchetoм fiziko-geograficheskikh ogranicheniy i osobennostey prirodopolzovaniya (na primere Yugo-Vostochnogo Kryma) [Investigation of resource opportunities for the development of wind energy, taking into account physical and geographic constraints and features of nature management (on the example of the South-Eastern Crimea)]. *Alternativnaya yenergetika i ekologiya* [Alternative Energy and Ecology], 2016, 01–02 (189–190), pp. 12–24. doi: 10.15518/isjaee.2016.01-02.001

18. Vedy a I. P. (ed.) *Klimaticheskyy atlas Kryma* [Climatic Atlas of the Crimea], Simferopol, Tavriya-Plyus Publ., 2000. 120 p.

19. Krasovskiy N. V. *Ispolzovanie energii vetra v narodnom hozyaystve SSSR* [The use of wind energy in the national economy of the USSR], Leningrad, Poligrafkniga Publ., 1934. 20 p.

20. Krasovskiy N. V. *Ispolzovanie energii vetra dlya tseley elektrifikatsii* [Use of wind power for electrification purposes]. *Doklady IX Vsesoyuznogo elektrotehnicheskogo sezda* [Proceedings of the IX All-Union Electrotechnical Congress], 1936, pp. 1–36.

21. Krasovskiy N. V. *Kak ispolzovat energiyu vetra* [How to use wind energy], Moscow – Leningrad, Glavnaya redastiya energeticheskoy literatury Publ., 1936. 170 p.

22. Krasovskiy N. V. *O perspektivakh ispolzovaniya energii vetra* [On the prospects of using wind energy], Simferopol, Krympoligrafrestra Publ., 1932. 16 p.

23. Krasovskiy N. V., Sabinin G. Kh. Problema ispolzovaniya energii vetra [The problem of using wind energy]. *Trudy Tsentralnogo Aero-Gidrodinamicheskogo Instituta* [Proceedings of the Central Aero-Hydrodynamic Institute], 1923, issue 2, pp. 1–21.

24. Ramazanova Z. U. *Metody prognozirovaniya vetrovogo energeticheskogo potentsiala regiona* [Methods of Forecasting the Wind Energy Potential of the Region], Kiev, 2007. 14 p.

25. Resuleva N. Sh. *Vozobnovlyаемая energetika kak prioritetnoe napravlenie innovatsionnogo razvitiya AR Krym* [Renewable energy as a priority for innovative development of Crimea]. *Kultura narodov Prichernomor'ya* [Culture of the peoples of the Black Sea], 2011, no. 197, vol. 2, pp. 52–54.

26. Bagrov N. V. (ed.) *Solnechnaya energetika dlya ustoychivogo razvitiya Kryma* [Solar energy for sustainable development of the Crimea], Simferopol, DOLYa Publ., 2009. 294 p.

27. Bokov V. A. (ed.) *Ustoychivyy Krym. Energeticheskaya strategiya XXI veka* [Sustainable Crimea. Energy Strategy of the XXI century], Simferopol, Ekologiya i mir Publ., 2001. 400 p.

28. Fedosenko L. P., Denisenko O. G., Margalik S. V. *Matematicheskoe modelirovanie i metody otsenki resursov vetrovoy energetiki v USSR* [Mathematical modeling and methods for estimating the resources of wind power in the Ukrainian SSR], Kiev, IED Publ., 1989. 31 p.

29. Jones R. G., Noguer M., Hassel D. S., Hudgon D., Wilson S. S., Jenkins G. J., Witchell J. F. *Generating high resolution climate change scenarious using PRECIS*, Exeter, UK, Met. Office Hadley Centre Publ., 2004. 40 p.

30. NASA Surface meteorology and Solar Energy. Available at: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?skip@larc.nasa.gov>. (Accessed: 22.03.2016).

РАЗВИТИЕ МАЛОЙ АВТОНОМНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЛМЫКИЯ

Дегтярев Кирилл Станиславович, старший научный сотрудник, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, 119991, Российская Федерация, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1, email: kir1111@rambler.ru

Панченко Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5, email: pancheska@mail.ru

Сангаджиев Мерген Максимович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, 358000, Российская Федерация, г. Элиста, ул. Пушкина, 11, email: smm54724@yandex.ru

Манджиева Тамара Владимировна, кандидат экономических наук, доцент, Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, 358000, Российская Федерация, г. Элиста, ул. Пушкина, 11, email: altana98@yandex.ru

Эрдниева Галина Евгеньевна, бакалавр, Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, 358000, Российская Федерация, г. Элиста, ул. Пушкина, 11, email: erdnieva.galina1@mail.ru

В статье рассматривается возможность использования возобновляемых источников энергии в Калмыкии, где нет собственных источников электроэнергии, до 99 % которой республика получает из других регионов. Это приводит к удорожанию кВтч энергии, которая в свою очередь сказывается на себестоимости сельскохозяйственной продукции. Цель работы: проанализировать географические, геологические и климатологические характеристики региона для принятия единой программы электрификации республики. Основным методом изучения поставленных вопросов являлись натурные экспедиционные поездки в районы Калмыкии за последние пять лет, исследования литературных данных и отчетов ведомств и министерств, занимающихся вопросами сельского хозяйства, энергетики, землепользования. В работе участвовали как авторы, так и студенты, магистры и аспиранты Калмыцкого государственного университета в рамках выпускных квалификационных работ и научных изысканий. Результатами работ стали серии статей по опустыниванию, изучению процессов инсоляции, географии и геологии республики с целью выбора мест расположения ветрогенераторов и солнечных модулей на разных территориях Калмыкии. В качестве эксперимента в п. Адык, Черноземельского района установлена опытная установка солнечного модуля. Результаты работ могут быть использованы студентами и всеми, кто заинтересован во внедрении представленных модулей в сельское хозяйство, организациями, занимающимися внедрением этих технологий. Полученные результаты показывают целесообразность использования систем в сельском хозяйстве и отраслях промышленности Калмыкии. Возможность использования солнечных модулей на животноводческих стоянках является одним из главных факторов безопасного управления природными процессами в пустынных и полупустынных районах Республики Калмыкия.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, солнечная энергия, инсоляция, Калмыкия, инфраструктуры, природные процессы, безопасность

DEVELOPMENT OF A SMALL AUTONOMOUS SOLAR ENERGY IN THE REPUBLIC OF KALMYKIA

Degtyarev Kirill S., Senior Researcher, Lomonosov Moscow State University, 1 Lewninskie gory, GSP-1, Moscow, 119991, Russian Federation, e-mail: kir1111@rambler.ru

Panchenko Vladimir A., C.Sc. in Technical, Associate Professor, Senior Researcher, Federal Scientific Agro-Engineering Center VIM, 1-y Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russian Federation, e-mail: pancheska@mail.ru

Sangadzhiev Mergen M., C.Sc. in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikova, 11 Pushkin st., Elista, 358000, Russian Federation, e-mail: smm54724@yandex.ru

Mandzhieva Tamara V., C.Sc. in Economics, Associate Professor, Kalmyk State University named B.B. Gorodovikova, 11 Pushkin st., Elista, 358000, Russian Federation, e-mail: altana98@yandex.ru

Erdnieva Galina Ye., bachelor, Kalmyk State University named B.B. Gorodovikova, 11 Pushkin st., Elista, 358000, Russian Federation, e-mail: erdnieva.galina1@mail.ru

The article considers the possibility of using renewable energy sources in Kalmykia, where there are no own sources of electricity, up to 99 % of which the republic receives from other regions. This leads to an increase in the cost of kWh of energy, which in turn affects the cost of agricultural products. The aim of the work is to analyze the geographical and geological, climatological characteristics of the region for the adoption of a single electrification program for the republic. The main method of studying the questions posed was full-scale expedition trips to Kalmykia regions over the past five years, research of literature data and reports of departments and ministries dealing with agriculture, energy, and land use. Both authors and students, masters and graduate students of the Kalmyk State University participated in the work as part of the final qualification works and scientific research. The work resulted in a series of articles on desertification, the study of insolation processes, geography and geology of the republic in order to choose the location of wind generators and solar modules in different territories of Kalmykia. As an experiment in the village of Adyk, Chernozemelsky region, an experimental installation of the solar module was installed. The results of the work can be used by students and all those who are interested in the implementation of the submitted modules in agriculture, by organizations occupying the implementation of these technologies. The obtained results show the expediency of using systems in agriculture and other industries of Kalmykia. The possibility of using solar modules on livestock sites is one of the main factors of safe management of natural processes in the desert and semi-desert areas of the Republic of Kalmykia.

Keywords: renewable energy sources, solar energy, insulations, Kalmykia, infrastructure, natural processes, and safety

Целью данной работы является изучение возможности использования возобновляемых источников энергии и, в частности, солнечных модулей.

Предпосылки развития малой автономной энергетики, в частности, солнечной фотовольтаической и тепловой, на территории Калмыкии, а также в сопредельных частях юга России определяются сочетанием физико-географических, экономико-географических, социально-экономических, инфраструктурных, экологических факторов.

Опыт Калмыкии представляет интерес и для других регионов страны. Кроме того, развитие возобновляемой энергетики на ВИЭ в данном регионе и сходных по природным и хозяйственным условиям регионах способно решать задачи социально-экономического развития территорий в комплексе и с задействованием всего инновационного потенциала России в сфере возобновляемой энергетики.

Материалы и методы исследования. Калмыкия расположена на юге европейской части России, на сравнительно низких широтах, между 45⁰ и 48⁰ с. ш., и характеризуется более тёплым климатом по сравнению с большинством регионов России [7, 9].

Среднее годовое количество солнечной радиации, приходящей на горизонтальную поверхность на территории Калмыкии, составляет 1300–1500 кВтч/м² [2]. В сравнении с Московской областью это на 18–36 % больше.

При площади 75,9 тыс. кв. км теоретический (валовый) потенциал солнечной энергетики в Калмыкии составит 1100 кВт ч·75·10⁹ м² = 82,5·10¹⁵ Вт ч (82,5 тыс. ТВт ч), что в 80 с лишним раз превосходит всё годовое потребление электроэнергии в России.

Использование всего 0,001 % (1/100000) данного потенциала (при допущении использования 0,1 % территории Калмыкии под размещение фотоэлектрических батарей, КПД 10 % и КИУМ 10 %; 0,1 %·10 %·10 % = 0,001 %) даст более 0,8 ТВтч (800 ГВтч) электроэнергии в год, что почти вдвое превысит текущее потребление электроэнергии в самой Калмыкии.

По оценкам П.П. Безруких и др. [1], общий валовый потенциал солнечной энергии в Калмыкии – 12,9 млрд т.у.т. (что эквивалентно 105 тыс. ТВтч), Московской области – 6 млрд т.у.т. (49 тыс. ТВтч). Таким образом, в Калмыкии он выше в 2,2 раза в абсолютных величинах и в 1,3 раза на единицу площади.

Отметим, Калмыкия обладает достаточной площадью (не менее 90 % площади всей республики), пригодной для размещения генерирующих энергетических объектов: равнинная территория с преобладанием плоского или полого-холмистого рельефа и небольшой площадью, занятой лесными массивами, болотами, водоёмами, водотоками, участками с сильно пересечённой местностью, высокими углами наклона и развитыми эрозионными процессами – в совокупности около 400 тыс. га [4, 5], или чуть более 5 % территории (рис.).

Почти 90 % территории используется как естественное пастбище. Структура землепользования Калмыкии приведена в таблице.

Таблица

Структура землепользования Калмыкии [6]

Назначение	тыс. га	тыс. кв.км.	% к площади
Земли сельскохозяйственного назначения	6885,2	68,9	92,1 %
Земли населённых пунктов	62,4	0,6	0,8 %
Земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны и иного специального назначения	15,0	0,2	0,2 %
Земли лесного фонда	60,2	0,6	0,8 %
Земли водного фонда	59,1	0,6	0,8 %
Земли запаса (не учтенные в других категориях), включают в себя земли муниципальных образований, находящиеся за пределами границ населенных пунктов.	269,6	2,7	3,6 %
Всего	7473,1	74,7	100,0 %

Калмыкия имеет низкую плотность жилищной, промышленной, сельскохозяйственной, транспортной инфраструктуры, что также оставляет достаточно пространства для размещения новых объектов, в данном случае – генерирующих мощностей на основе ВИЭ.

Общее число личных домохозяйств Калмыкии можно оценить в величину не менее 30 тыс., из расчёта не менее 150 тыс. человек, живущих в частных домах с участками, и 5 человек на 1 домохозяйство. Таким образом, речь может идти, например, о не менее чем 30 тыс. солнечных батарей, что, при мощности каждой из них даже всего 0,1 кВт, означает суммарную мощность 3 МВт.



Рис. Географическое положение Республики Калмыкия

При этом возможно встраивание солнечных установок и в городскую инфраструктуру. В то же время именно сельские территории и хозяйства следует рассматривать в качестве первоочередных и наиболее перспективных потребителей солнечной энергии.

По данным Минсельхоза Калмыкии, в республике насчитывается не менее 4000 отдельных животноводческих точек (ЖТ), которые осуществляют выпас стада в тёплое время года. Чаще точки привязаны к линиям электропередач (ЛЭП), но далеко не всегда. В ряде случаев энергоснабжение отсутствует либо ненадёжно. Кроме того, привязка к ЛЭП ограничивает необходимую в животноводстве маневренность в размещении ЖТ и перемещении стад.

В данном случае, выходом также является установка солнечных генерирующих мощностей небольшой мощности, являющихся достаточно компактными и портативными – с возможностью перевозки на внедорожниках, монтажа и демонтажа при смене сезона или перегоне стада на новые участки.

Солнечные установки в данном случае способны работать на решение двух основных задач:

1) обеспечение комфортного быта чабанов (нагрев воды и приготовление пищи, работа электробытовых приборов, мобильная связь, телевидение, интернет);

2) решение некоторых простых и не слишком энергоёмких производственных задач, связанных с хранением и переработкой сельскохозяйственной

продукции – работа холодильных установок, небольших модулей по переработке, консервированию и упаковке молочной и мясной продукции.

Солнечные установки мощностью до 1 кВт на 1 ЖТ способны решать данные задачи и могут соответствовать критериям мобильности и портативности. В свою очередь, в пересчёте на 4000 ЖТ это означает 4 МВт установленной мощности.

Отдельный интерес предоставляет возможность использования «карманных» устройств минимальной мощности для использования чабанами в течение дня при выпасе и перемещении стада [14, 15].

Перспективность использования автономных солнечных установок в личных хозяйствах и сельхозпредприятиях и развития возобновляемой энергетики в целом обусловлена также инфраструктурными проблемами Калмыкии.

В республике практически отсутствует генерация собственной электроэнергии, она полностью подаётся из других регионов.

При этом уровень душевого потребления электроэнергии в республике – менее 1800 кВтч/год (всего 500 млн. кВтч в год), в 4 раза ниже, чем в среднем по России (7200 кВтч на душу населения; всего 1 000 млрд кВтч), в 1,7–3,8 раза ниже по сравнению с другими субъектами ЮФО и в 1,3 раза ниже, чем в среднем по соседнему СКФО [3].

Отчасти это связано с отсутствием крупных промышленных потребителей, что, в свою очередь, обусловлено экономическим кризисом 1990-х, после которого ряд производств так и не был восстановлен, а новые производства не появились. В то же время, на уровне частных хозяйств потребление электроэнергии тоже ниже, чем в других регионах.

В структуре потребления электроэнергии в Калмыкии на потребление её населением приходится 146 ГВтч, или 520 кВтч на душу населения, что в 1,3–1,7 раз ниже, чем в других субъектах ЮФО и в 1,06 раз ниже, чем в СКФО.

С отсутствием производства и низким уровнем потребления электроэнергии тесно связано и экономическое отставание Калмыкии. Данные показатели – потребление электроэнергии и валовый региональный продукт (ВРП), обнаруживают достаточно чёткую положительную корреляцию [8]. Душевой ВРП в Калмыкии примерно пропорционально ниже – 164 тыс. руб. при 390 тыс. в среднем по России (в Калмыкии ниже в 2,4 раза), 282 тыс. в среднем по ЮФО (в Калмыкии в 1,7 раз ниже) и 163 в среднем по СКФО (равен с душевым ВРП Калмыкии) (2014).

При этом протяжённость электросети в Калмыкии составляет 19,5 тыс. км [6]. В пересчёте на единицу площади – 260 м/км², это несколько выше, чем в среднем по России – 224 м/км² (всего 3,8 млн км) [7], а на душу населения (соответственно, 70 м и 26 м/чел) – в 2,7 раза ниже.

Это обусловлено низкой плотностью населения (см. выше) и характером расселения в Калмыкии – дисперсным, с преобладанием небольших населённых пунктов, численностью населения до нескольких сотен человек, со средним расстоянием между населёнными пунктами 15–20 км, в восточных районах – до 50 км.

Хотя почти 40 % всего населения Калмыкии сосредоточено в столице республики Элисте, остальное население – около 170 тыс. человек, рассредоточено по примерно 260 населённым пунктам, т.е. средняя численность жителей в населённом пункте – около 650 человек. При этом более 70 населённых пунктов, или 27 % от общего числа, имеют численность населения менее 100 чел., ещё 50 – численность населения 100–300 чел.

В итоге при стандартной сетевой схеме энергоснабжения приходится строить и обслуживать достаточно протяжённые ЛЭП, каждая из которых обслуживает незначительное число потребителей.

В результате Калмыкия сталкивается с неэффективной работой электро-энергетической инфраструктуры. Получается, что при удельной нагрузке, связанной с затратами на строительство и обслуживание энергосетей, большей в 1,2–2,7 раза (исходя из их протяжённости на единицу площади и душу населения), сети дают в 2,7–4 раза меньший удельный экономический эффект (исходя из потребления электроэнергии и ВРП на душу населения). Умножение данных величин даёт диапазон 3,2 – 10,8 раз.

Также для оценки эффективности работы сети можно использовать показатель отношения потребления электроэнергии к протяжённости сети – он составляет, исходя из цифр, приведённых выше, 500 млн кВтч/19,5 тыс. км = 25 тыс. кВтч/км электросетей, при среднем российском показателе 1000 млрд кВтч/3,8 млн км = 260 тыс. кВтч/км. Иными словами, сеть в Калмыкии используется, исходя из данного показателя, в 10 раз менее интенсивно, чем в России в среднем.

Опираясь на эти показатели, можно говорить, с некоторой долей условности, что электроэнергетическая сеть в Калмыкии работает в 10 раз менее эффективно, чем в среднем по России.

Данные расчёты, имеющие предварительный характер, сами по себе не дают ответа на вопрос о прямой экономической эффективности малой автономной солнечной энергетики по сравнению с сетевым энергоснабжением непосредственно в Калмыкии. Такие расчёты – задача следующих этапов, требующих более детального подхода, включая тестирование оборудования на месте. Однако они указывают на относительную эффективность малых автономных солнечных энергетических установок в Калмыкии по сравнению с другими регионами страны.

При этом большие расстояния в большинстве случаев, плохих дорогах, сложных погодных условиях и слабостью сервисных служб обуславливают ненадёжность энергоснабжения. Неблагоприятные погодные явления (сильные ветры, гололёд зимой) в сочетании с высокой степенью физического износа инфраструктуры обуславливают частые аварии с обрывом проводов и прекращением электроснабжения.

Наличие этих проблем создаёт дополнительный стимул о выборе оптимальных схем энергоснабжения в Калмыкии в средне- и долгосрочной перспективе, где местные ВИЭ должны сыграть, как минимум, очень важную роль в качестве фактора надёжности энергообеспечения для потребителей, создания новых производств и, во многих случаях, прямого снижения затрат на производство и поставки энергии.

Отдельно следует рассмотреть перспективность небольших населённых пунктов численностью населения до 500 человек (в среднем до 100 отдельных домохозяйств). Их в Калмыкии насчитывается 160. ВИЭ, в частности, солнечные установки и локальные сети, мощностью 10–100 кВт, в перспективе способны полностью обеспечивать их электроэнергией. Суммарно это означало бы ещё $160 \cdot (10–100 \text{ кВт}) = 1,6–16 \text{ МВт}$ (в среднем, около 5 МВт) установленной мощности.

Таким образом, суммируя потенциальную ёмкость рынка (потребления) малых автономных солнечных генерирующих мощностей, складывающуюся

из отдельных частных хозяйств, животноводческих точек, небольших населённых пунктов, мы получаем предварительную общую оценку в $3+4+5 = 12$ МВт общей установленной мощности.

Калмыкия сталкивается с рядом социально-экономических проблем, обусловленных слабостью и низким уровнем диверсификации экономики. Одно из явных свидетельств этого – депопуляция республики. Население Калмыкии с 1991 г. сократилось с 328 тыс. до 280 тыс. в 2015 (на 48 тыс. человек, или 15 %) и продолжает сокращаться примерно на 1–1,5 тыс. чел. в год, или на 0,3–0,5 % ежегодно. Несмотря на положительный естественный прирост, высокий уровень миграции, прежде всего – в экономически более благополучные регионы России, обуславливает общее сокращение численности населения.

Значительная часть населения Калмыкии живёт в тяжёлых бытовых условиях. В частности, обеспеченность жилищного фонда центральным отоплением – 24 % (в сельской местности – 5 %), горячим водоснабжением – 26 % (в сельской местности – 4 %).

Существуют острые проблемы с обеспеченностью водой, в том числе – питьевой [5, 9]. Площадь опустынивания (связанного, в частности, с перевыпасом скота в отсутствие мелиоративных мероприятий) в Калмыкии составляет на данный момент около 1 млн га, или 14 % территории. Часто возникают пыльные и песчаные бури, особенно в восточных и центральных районах.

Развитие энергетики на основе ВИЭ способно решить не только социально-экономические задачи (обеспечение большей комфортности проживания и труда, а также создание новых рабочих мест), но и способствовать улучшениям в сфере экологии. Степные и полупустынные экосистемы обладают повышенной уязвимостью к антропогенным воздействиям, в частности, к масштабному площадному или линейному нарушению почвенного покрова, связанного с добычей ископаемых углеводородов, прокладкой трубопроводов и ЛЭП. Использование автономных источников энергоснабжения, в частности, солнечных, способно существенно снизить нагрузку на экосистему.

Существует позитивный опыт, как зарубежный, так и российский, реализации проектов малого автономного энергоснабжения за счёт ВИЭ, носящих как экономическую, так и социальную направленность.

Один из примеров, близких к Калмыкии – Монголия, где была реализована программа автономного солнечного энергоснабжения сельских жителей «100 тыс. солнечных юрт», подробнее описание проекта и его результатов – в [10, 11].

В ряде регионов России также реализуются программы развития малой энергетики на местных источниках, в частности, на Камчатке (ещё с 1960-х) – геотермальная энергетика, в Республике Алтай – малая гидроэнергетика, солнечная и ветроэнергетика и ряд других регионов с отдельными проектами.

В Калмыкии в постсоветское время также идёт работа в данном направлении, хотя и с существенно меньшей интенсивностью [7]. Проекты развития энергетики на ВИЭ в Калмыкии можно разделить на две группы:

- 1) строительство крупных объектов – ветропарков;
- 2) установка ветрогенераторов и солнечных батарей небольшой мощности в личных и крестьянских хозяйствах.

К первой группе относятся ветропарки у посёлков Хар-Булак (в настоящее время не работает) и Песчаный (в настоящее время возводится и работает в тестовом режиме).

Вторая группа представлена примерно несколькими десятками ветрогенераторов и несколькими сотнями солнечных батарей, установленных на отдельных точках.

Строительство ветропарка – масштабный проект, осуществляемый силами крупных зарубежных частных компаний с привлечением кредитов западных банков и определённой поддержкой на региональном уровне.

Развитие малой автономной энергетики осуществляется, на данный момент, силами отдельных предпринимателей и частных лиц, действующих без какой-либо поддержки со стороны республиканских или федеральных властей.

Эти два направления энергетики выполняют принципиально различные задачи. Крупные ветропарки ориентированы на снабжение крупных потребителей (г. Элиста) и перспективу поставок энергии в другие регионы.

В то же время, они не решают проблем энергообеспечения для десятков тысяч небольших хозяйств, разбросанных по территории Калмыкии. В данном случае, оптимальный путь – именно малая автономная энергетика.

Кроме того, калмыцкий опыт показывает предпочтительность установки солнечных батарей, отличающихся компактностью, простотой в работе и стабильностью, связанной с характером самого энергоносителя [14, 15]. В то же время, теоретически, оптимальным вариантом выглядит комбинация нескольких источников, например, солнечной батареи, ветрогенератора, биогазовой установки небольшой мощности и дизель-генератора.

Калмыкия – территория с разнородными условиями; с точки зрения экономико-географических параметров её можно разбить на несколько районов, подробнее о территориальной структуре республики – в [7, 12, 13].

Наибольшие различия фиксируются между следующими частями Калмыкии:

- 1) западными и юго-западными районами республики;
- 2) центральными и восточными районами.

На западе, на сравнительно небольшой территории, занимающей 16 % площади Калмыкии, живёт около 60 % её населения. Там расположен г. Элиста и наиболее населённые сельскохозяйственные районы, специализирующиеся, в значительной степени, на растениеводстве.

Центральные и восточные районы преимущественно животноводческие (овцеводство и скотоводство), отличаются низкой плотностью населения (здесь, напротив, на более 60 % территории живёт менее 20 % населения республики), отсутствием городских населённых пунктов и менее крупными сельскими населёнными пунктами.

Отдельно следует выделить побережье Каспийского моря с городом Лагань, более высокой плотностью населения и своей хозяйственной спецификой, связанной с морскими промыслами, портовым хозяйством, а также добычей и транспортировкой ископаемого углеводородного сырья.

На западе и юго-западе целесообразно также строительство крупных генерирующих объектов (в частности, ветропарков), учитывая сочетание высокой концентрации потенциальных потребителей и природные условия – вершинные поверхности возвышенности Ергени с более сильными ветрами.

Кроме того, перспективно с точки зрения строительства ветропарков Каспийское побережье, что связано с теми же причинами: сравнительно высокая плотность потребителей и благоприятный ветровой режим.

Полученные результаты и их обсуждение. Сходные по ряду параметров условия наблюдаются и на соседних с Калмыкией территориях – в Астраханской области, южных частях Волгоградской и Ростовской областей, в Ставропольском крае и Дагестане, а также на всей территории, административно входящей в Южный и Северо-Кавказский Федеральны́й округ, включая Крым, Краснодарский край, Адыгею, Кабардино-Балкарию, Карачаево-Черкессию, Осетию, Ингушетию, Чечню.

Более того, сходные условия наблюдаются во всём южном поясе регионов России от Крыма до Забайкалья и далее до Хабаровского и Приморского края, а также в сопредельных районах Казахстана и других приграничных стран (Монголии и Китая).

Это, прежде всего, сочетание:

- высокого природного потенциала солнечной энергии;
- высокой доли сельского населения, значительной частью ведущего хозяйство сходного типа и в большинстве случаев сталкивающегося с теми же проблемами энергообеспечения, что и сельские жители Калмыкии.

Калмыкия на фоне сопредельных регионов ЮФО и СКФО отличается, с одной стороны, наиболее высокой остротой данных проблем, с другой – невысокой численностью населения. Все это делает развитие малой автономной солнечной энергетики наиболее востребованным. А в условиях Калмыкии она способна дать наиболее явный и отчётливый позитивный эффект, учитывая небольшую численность населения, как следствие – небольшой уровень потребления энергии в целом и, отсюда, возможность решения задач энергообеспечения населения за счёт ВИЭ в наиболее полном масштабе.

По сравнению же с регионами Южного Урала, Сибири и Дальнего Востока Калмыкия отличается логистическими преимуществами, позволяющими эффективнее решать задачи поставки, установки и обслуживания генерирующих мощностей и, в перспективе – разворачивать собственные производства непосредственно в Калмыкии и соседних регионах.

Калмыкию можно рассматривать как потенциальный пилотный регион реализации проектов развития малой автономной солнечной энергетики в рамках более масштабных программ, включающих весь юг европейской и азиатской частей России и сопредельных государств, прежде всего Казахстана, являющегося тесным экономическим и геополитическим союзником России (подробнее – в [10, 11]).

На данный момент в качестве минимально необходимого первого шага следует рассматривать информационную поддержку (направленную как на потенциальных потребителей, так и потенциальных поставщиков и инвесторов) энергообеспечения Калмыкии за счёт ВИЭ.

Наиболее быстро и успешно реализуемой программой представляется поставка солнечных фотовольтаических батарей для энергообеспечения животноводческих точек, частных и личных хозяйств. Речь, в данном случае, идёт о нескольких десятках тысяч точек, что позволило бы загрузить имеющиеся и создаваемые отечественные производственные мощности. В качестве первоочередных объектов следует рассматривать центральные и южные районы республики – с наибольшим количеством малых точек потребления энергии, высоким природным потенциалом ВИЭ и острой потребностью в надёжном энергообеспечении.

Комплексное развитие энергетики на основе ВИЭ требует дополнительных исследований и проработки, включая:

- детальный анализ уже имеющегося опыта Калмыкии и сходных регионов, в т.ч. с финансово-экономических позиций;
- создание ТЭО и бизнес-планов для ряда типовых объектов энергообеспечения Калмыкии;
- точные расчёты экономических потенциалов по источникам энергии и районам Калмыкии и выделение оптимальных зон развития;
- обеспечение информационной и организационной поддержки;
- обеспечение финансовой поддержки.

Выводы. Представляется целесообразной инициация дальнейших исследований в этом направлении (включая возможное создание рабочей группы), включающих:

- детальную оценку потенциальных рынков;
- проработку возможных механизмов финансирования (включая возможности льготного кредитования или лизинга, возможно – в рамках уже действующих программ стимулирования сельского хозяйства, использования ВИЭ, регионального развития);
- оценку производственных возможностей российских предприятий – производителей ФС;
- детальную оценку зарубежного опыта развития сельских территорий с помощью ВИЭ;
- проработку логистической, сбытовой, организационной стороны;
- очерчивание круга возможных участников проекта (федеральных, региональных и муниципальных, частных), принципов и структуры их взаимодействия.

Также представляется целесообразным соединением усилий и реализация совместных программ с Республикой Казахстан.

Список литературы

1. Безруких П. П. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива (показатели по территориям) / П. П. Безруких и другие. – Москва : ИАЦ Энергия, 2007. – 272 с.
2. Дегтярев К. С. Социально-экономические и экономико-географические аспекты развития малой автономной энергетики на возобновляемых источниках в Республике Калмыкия / К. С. Дегтярев // Промышленная энергетика. – 2015. – № 6. – С. 57–61.
3. Дегтярёв К. С. Экономические и социально-географические аспекты развития возобновляемой энергетики в Республике Калмыкия / К. С. Дегтярёв, С. П. Кошкин, М. М. Сангаджиев // Энергетик. – 2016. – № 8. – С. 32–36.
4. Дегтярев К. С. Новые возможности автономного энергоснабжения на основе ВИЭ в сельских районах России / К. С. Дегтярев, А. А. Соловьев, Д. А. Соловьев // Академия энергетика. – 2016. – № 4 (72). – С. 40–45.
5. Дегтярев К. С. Оценка биоэнергетического потенциала сельского хозяйства Республики Калмыкия по районам / К. С. Дегтярев, Т. И. Андреев, М. Ю. Берёзкин, С. П. Кошкин, М. М. Сангаджиев, Т. В. Манджиева // Экология России: на пути к инновациям. – 2015. – Вып. 12. – С. 184–196.
6. Дегтярёв К. С. Малая энергетика на основе ВИЭ в сельских районах: зарубежный опыт и российские возможности / К. С. Дегтярёв, А. М. Залиханов // Возобновляемая и малая энергетика – 2016 : доклады XIII Международной ежегодной конференции. – Москва : Экспоцентр, 2016.
7. Климатическая база данных. – Режим доступа: <http://ru.climate-data.org/region/686/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения: 25.07.2017).

8. Предпосылки развития энергетики на основе возобновляемых источников энергии в Республике Калмыкия в контексте геоэкологических проблем / К. С. Дегтярев, Т. И. Андреев, А. М. Залиханов, А. А. Соловьев // Геоэкологические проблемы современности : доклады VII Международной научной конференции (Владимир, 9–10 октября 2015 г.). – Владимир, 2015. – С. 47–51.

9. Сангаджиев М. М. Особенности недропользования на территории Республики Калмыкия / М. М. Сангаджиев. – Элиста : Калмыцкий ун-т, 2015. – 144 с.

10. Сератирова В. В. Структурная оптимизация использования земельного фонда Калмыкии / В. В. Сератирова, В. А. Бананова, В. Г. Лазарева // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 1.

11. Социальная специфика Калмыкии и её современное состояние / К. С. Дегтярев, Т. В. Манджиева, М. М. Сангаджиев, А. Н. Намысова // Безопасность в образовательных и социоприродных системах : материалы Международной научно-практической конференции. – Элиста : Калм. гос. ун-т, 16–17 мая 2014 г. – С. 193–201.

12. Эрдниев О. В. Структура земельного фонда Калмыкии и перспективы его дальнейшего использования / О. В. Эрдниев. – Режим доступа: <http://oren-icn.ru/index.php/enzoren/stepene/142-sim2012/1985-2012-06-05-04-27-42>, свободный. – заглавие с экрана. – Яз. рус. (Дата посещения: 29.07.2014).

13. Regional and local geographical potentials of renewable energy sources in Russia / A. Soloviev, K. Degtyarev, A. Zalikhanov, K. Chekarev // Book of abstracts of International Geographical Union Regional Conference Geography, Culture and Society for Our Future Earth, 17–21 August 2015, Moscow, Russia. – Russian Federation: Russian Federation, 2015. – Vol. 3701 of C12.09 Environment Evolution. – P. 716–716.

14. Panzenko V. A. Review and applications of solar modules developed and produced by GNU VIESH / V. A. Panzenko // Research in Agricultural Electric Engineering. – 2014. – Vol. 2, № 3. – P. 82–89.

15. Panzenko V. A. The development and testing of folding, sectional and flexible solar modules / V. A. Panzenko // Research in Agricultural Electric Engineering. – 2015. – Vol. 3, № 3. – P. 90–97.

References

1. Bezrukih P. P., et al. *Spravochnik po resursam vozobnovlyaemykh istochnikov energii Rossii i mestnym vidam topliva (pokazateli po territoriyam)* [Reference book on resources of renewable energy sources of Russia and local types of fuel (indicators by territories)], Moscow, IATs Energiya Publ., 2007. 272 p.

2. Degtyarev K. S. Sotsialno-ekonomicheskie i ekonomiko-geograficheskie aspekty razvitiya maloy avtonomnoy energetiki na vozobnovlyaemykh istochnikakh v Respublike Kalmykiya [Social and economic and economic-geographical aspects of the development of small autonomous energy on renewable sources in the Republic of Kalmykia]. *Promyshlennaya energetika* [Industrial Power], 2015, no. 6, pp. 57–61.

3. Degtyarev K. S., Koshkin S. P., Sangadzhiev M. M. Ekonomicheskie i sotsialno-geograficheskie aspekty razvitiya vozobnovlyaemoy energetiki v Respublike Kalmykiya [Economic and social and geographical aspects of renewable energy development in the Republic of Kalmykia]. *Energetik*, 2016, no. 8, pp. 32–36.

4. Degtyarev K. S., Solovov A. A., Solovov D. A. Noveye vozmozhnosti avtonomnogo energosnabzheniya na osnove VIE v selskikh rayonakh Rossii [New possibilities of autonomous power supply based on RES in rural areas of Russia]. *Akademiya energetiki* [Academy of Energy], 2016, no. 4 (72), pp. 40–45.

5. Degtyarev K. S., Andreenko T. I., Berezkin M. Yu., Koshkin S. P., Sangadzhiev M. M., Mandzhieva T. V. Otsenka bioenergeticheskogo potentsiala selskogo khozyaystva Respubliki Kalmykiya po rayonam [Estimation of bioenergy potential of agriculture of the Republic of Kalmykia by regions]. *Ekologiya Rossii: na puti k innovatsiyam* [Ecology of Russia: on the Way to Innovations], 2015, issue 12, pp. 184–196.

6. Degtyarev K. S., Zalikhanov A. M. Malaya energetika na osnove VIE v selskikh rayonakh: zarubezhnyy opyt i rossiyskie vozmozhnosti [Small energy based on renewable energy sources in rural areas: foreign experience and Russian capabilities]. *Vozobnovlyaemaya i malaya energetika – 2016 : doklady XIII Mezhdunarodnoy ezhegodnoy konferentsii* [Renewable and small energy – 2016. Proceedings of the XIII International Annual Conference], Moscow, Ekspotsentr Publ., 2016.

7. *Klimaticheskaya baza dannykh* [Climatic database]. Available at: <http://www.climate-data.org/region/686/> (Accessed 25.07.2017).

8. Degtyarev K. S., Andreenko T. I., Zalikhanov A. M., Solovev A. A. Predposylki razvitiya energetiki na osnove vozobnovlyаемых istochnikov energii v Respublike Kalmykiya v kontekste geoeologicheskikh problem [Preconditions for the development of energy on the basis of renewable energy sources in the Republic of Kalmykia in the context of geoeological problems]. *Geoeologicheskie problemy sovremennosti : doklady VII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (Vladimir, 9–10 oktyabrya 2015 g.)* [Geoeological Problems of modernity. Proceedings of the VII International Scientific Conference (Vladimir, October 9–10, 2015)], Vladimir, 2015, pp. 47–51.

9. Sangadzhiev M. M. *Osobennosti nedropolzovaniya ne territorii Respubliki Kalmykiya* [Features of subsoil use not in the territory of the Republic of Kalmykia], Elista, Kalmyk University Publ. House, 2015. 144 p.

10. Seratirova V. V., Bananova V. A., Lazareva V. G. Strukturnaya optimizatsiya ispolzovaniya zemelnogo fonda Kalmykii [Structural optimization of the use of the Kalmykia land fund]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2012, no. 1.

11. Degtyarev K. S., Mandzhieva T. V., Sangadzhiev M. M., Namysova A. N. Sotsialnaya spetsifika Kalmykii i ee sovremennoe sostoyanie [Social specificity of Kalmykia and its current state]. *Bezopasnost v obrazovatelnykh i sotsioprirodnykh sistemakh : materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Safety in Educational and Socio-Natural Systems International Scientific and Practical Conference], Elista, Kalmyk State University Publ. House, May 16–17, 2014, pp. 193–201.

12. Erdniev O. V. *Struktura zemelnogo fonda Kalmykii i perspektivy ego dalneyshego ispolzovaniya* [Structure of the Kalmykia land fund and prospects of its further use]. Available at: <http://oren-icn.ru/index.php/enzoren/stepene/142-sim2012/1985-2012-06-05-04-27-42>. (Accessed: 29.07.2014)

13. Solovev A., Degtyarev K., Zalikhanov A., Chekarev K. Regional and local geographical potentials of renewable energy sources in russia. *Book of abstracts of International Geographical Union Regional Conference Geography, Culture and Society for Our Future Earth, 17–21 August 2015, Moscow, Russia*, Russian Federation : Russian Federation, 2015, vol. 3701 of C12.09 Environment Evolution, pp. 716–716.

14. Panzenko V. A. Review and applications of solar modules developed and produced by GNU VIESH. *Research in Agricultural Electric Engineering*, 2014, vol. 2, no. 3, pp. 82–89.

15. Panzenko V. A. The development and testing of folding, sectional and flexible solar modules. *Research in Agricultural Electric Engineering*, 2015, vol. 3, № 3, pp. 90–97.