

УДК 911.9:338.45:620.91(100)

К.С. Дегтярев¹

ПОТЕНЦИАЛ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЛМЫКИЯ

Республика Калмыкия является аграрным, малонаселенным регионом с комплексом требующих решения инфраструктурных и социально-экономических проблем, включая проблемы энергообеспечения. Нуждается в актуализации регионального планирования развития современных природно-хозяйственных систем с учетом территориальной организации объектов диверсифицированной энергетики и рационального использования возобновляемых природных энергоресурсов. Рассмотрены вопросы оптимизации регионального планирования Калмыкии с выявлением экономико-географической типологии и перспективной территориальной схемы развития энергетики на основе возобновляемых сетевых и распределенных источников энергии.

Ключевые слова: экономико-географическое районирование, сельское хозяйство, возобновляемые источники энергии, Калмыкия

Введение. В постсоветское время в России наблюдается рост интереса к энергетике, основанной на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ), в рамках общемирового тренда. В настоящее время Россию можно отнести к странам с фрагментированным комплексом солнечной энергетики – геотермальным и фотовольтаическим [Акимова, 2015], в котором представлены отдельные технологические звенья производства и потребления энергии с перспективой наращивания новых мощностей. В то же время, тенденции развития энергетики на ВИЭ носят неоднозначный характер [Andersen, 2013], и актуальной задачей является поиск оптимальных экологических и экономических ниш для развития энергетики на основе ВИЭ.

Калмыкия относится к регионам России, где до сих пор не исследовались вопросы регионального планирования природно-хозяйственных комплексов с использованием возобновляемых ресурсов энергии. При этом существует определенный зарубежный опыт развития энергетики на основе ВИЭ на сходных территориях [Jayawardena, 2012; Mongolia, 2014].

Наиболее перспективная географическая ниша для развития энергетики на основе ВИЭ – сельские территории с небольшой плотностью населения, испытывающие трудности с «традиционным» сетевым энергообеспечением при избыточном валовом потенциале ВИЭ. Географическая специфика, определяющая высокий потенциал ВИЭ, становится предпосылкой формирования инновационного экономического факторного пространства [Березкин с соавт., 2013], учитывая инновационный характер возобновляемой энергетики как направления экономического развития, и создания территориальной природно-хозяйственной системы (ТПХС) [Бабурин, 2011, 2012], каркасом которой могут стать объекты распределенной генерации энергии на основе ВИЭ. При оценке предпосылок

развития возобновляемой энергетики в Калмыкии ключевым является комплекс экономико-географических факторов, поскольку валовый потенциал ВИЭ достаточен для многократного удовлетворения потребностей в энергии. При средней величине поступающей солнечной радиации около 1000 кВтч/м² в год, потенциал солнечной энергии составляет, при площади Калмыкии, равной 75 тыс. км², около 75 трлн кВтч, что примерно в 22 000 раз превосходит общий объем потребления энергоресурсов в Республике Калмыкия (3,3 млрд кВтч). Валовый потенциал ветряной энергии Калмыкии оценивается в величину более 8 трлн кВтч [Безруких, 2007]. Использование даже 0,1% всего теоретического потенциала ВИЭ в Калмыкии означает выработку энергии в объеме, сопоставимом со всем производством и потреблением энергии в России. При этом географический потенциал, связанный с возможностями пространственного размещения объектов генерации, также избыточен, поскольку Калмыкия отличается низкой плотностью населения и инфраструктуры. Препятствия развитию энергетики на основе ВИЭ в Калмыкии могут носить экономический, рыночный, технологический характер, а также могут быть связаны с правовыми, организационными, информационными и другими не природными факторами.

Материалы и методы. В основе работы лежит экономико-географический анализ. Использован картографический метод, экономико-географическая типология Калмыкии и схема размещения объектов генерации на основе ВИЭ, представленная в виде карты. Источниками информации являются статистические данные, материалы исследований Калмыкии в предыдущие годы, собственные полевые наблюдения, данные и оценки экспертов.

Результаты исследований и их обсуждение. Территория Калмыкии отличается низкой плотностью и преобладанием сельского населения и неболь-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория возобновляемых источников энергии, науч. с., e-mail: kir1111@rambler.ru

ших населенных пунктов. Сельское хозяйство – основа экономики республики. Калмыкия может быть разделена на 5 экономико-географических районов [Борликов, 2000; Дегтярев, 2015]:

I – Запад (г. Элиста, Городовиковский, Яшалтинский, Приютненский, Целинный районы);

II – Центр (Кетченеровский, Юстинский, Яшкульский, Черноземельский районы);

III – Восток (Лаганский район);

IV – Север (Сарпинский, Малодербетовский, Октябрьский районы);

V – Юг (Ики-Бурульский район).

Они различаются по ряду ключевых физико-географических и экономико-географических параметров (рис. 1, табл. 1).

Для расчета параметров, включая информацию по площади, населению, показателям сельского хозяйства районов, энергопотребления, использовались данные Росстата [Управление Федеральной службы государственной статистики, http://astrastat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/astrastat/ru/statistics/kalmStat/]

Различия между районами, как природного, так и хозяйственного характера, определяют и предпосылки развития энергетики.

Запад физико-географически привязан к возвышенностям Ергени и Ставропольской. Отличается сравнительно благоприятными природными условиями – в Городовиковском и Яшалтинском районах годовое количество осадков достигает 400–500 мм. Является наиболее густонаселенным и урбанизированным, с развитой транспортной инфраструктурой. В сельском хозяйстве доминирует растениеводство, прежде всего – производство зерновых, при сравнительно слабом развитии животноводства.

Центр расположен на Прикаспийской низменности. Это территория с наибольшей континентальностью климата, минимальным количеством осадков, максимальными различиями суточных и сезонных температур и наибольшим количеством часов с солнечным сиянием в году. Это наименее плотно заселенная территория Калмыкии с наиболее дисперсным населением. Сельское хозяйство представ-

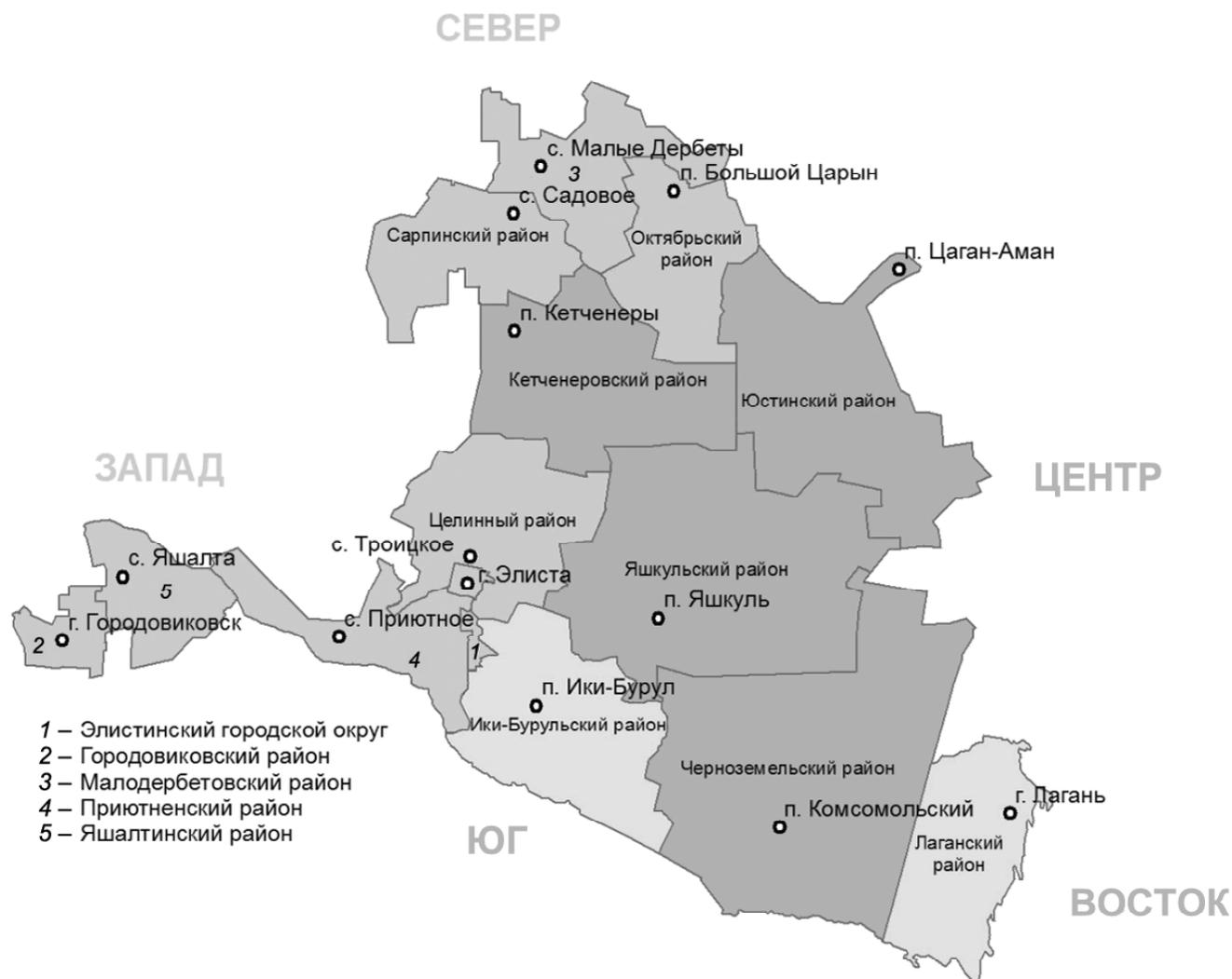


Рис.1. Экономико-географическое районирование Республики Калмыкия

Fig.1. Economical-geographic zoning of the Republic of Kalmykia

Таблица 1

Различия между экономико-географическими районами Калмыкии по ключевым параметрам развития

Показатель	Район					
	Элиста	Запад*	Центр	Восток	Север	Юг
Площадь, тыс. км ²	0,2	11,8	40,5	4,7	11,1	6,4
Население, тыс. чел. (на начало 2016 г.)	108,6	62,8	47,0	18,5	31,2	10,6
Средняя плотность населения, чел./ км ²	543,0	5,3	1,2	3,9	2,8	1,6
Число населенных пунктов	5	88	93	6	39	28
Среднее число жителей в населенном пункте, чел.	21 720	714	506	3 090	800	377
Доля населения, живущая в крупных (1000 и более чел.) населенных пунктах, %	99,4	68,8	54,5	93,3	67,5	36,8
Среднее расстояние между населенными пунктами, км	6,3	11,6	20,9	28,0	16,9	15,1
Плотность наземной транспортной сети, км/1000 км	542	77	36	72	53	52
Сбор зерновых на душу населения, кг (на 01.01.2017)	18	5 103	20	18	2 950	7 976
Поголовье КРС на душу населения, гол. (на 01.03.2017)	0,02	1,5	4,2	0,9	3,0	6,1
Поголовье овец и коз на душу населения, гол. (на 01.03.2017)	0,1	5,7	32,1	5,9	7,7	20,2

* Без учета муниципального округа Элисты.

лено развитым животноводством при почти полном отсутствии растениеводства.

Восток географически и хозяйственно привязан к побережью Каспийского моря. Это территория с наименее развитым сельским хозяйством, минимальными душевыми показателями развития растениеводства и животноводства.

Север отличается благоприятными природно-климатическими условиями и, как следствие, комплексно развитым сельским хозяйством, включающим как растениеводство, так и животноводство.

Юг привязан к наиболее возвышенной части Ергеней. Лидирует одновременно по душевым показателям растениеводства и животноводства.

При анализе районов с точки зрения ВИЭ и перспектив развития энергетики на их основе отметим два разных направления – большая сетевая и малая автономная энергетика.

В первом случае выделяется энергетический узел в районе Элисты, где уже планируются и осуществляются проекты строительства ветропарков и солнечных фотовольтаических станций. Кроме того, узлы меньшего масштаба возможны в окрестностях городов Лагань и Городовиковск – также в силу сочетания благоприятных природных и инфраструктурных условий.

В качестве перспективных районов для развития малой автономной энергетики на ВИЭ, следует рассматривать все сельские территории Калмыкии. Для выделения более благоприятных районов мы используем сравнительные показатели.

Району присваиваются показатели в баллах: 1, 2 или 3 балла, где 1 – наименее, 3 – наиболее благоприятные для Калмыкии предпосылки развития малой автономной энергетики на ВИЭ.

Отдельно рассматриваются физико-географические и экономико-географические предпосылки. Первые определяются величиной валового (природ-

ного) потенциала ВИЭ – солнечной, ветровой и биоэнергии. Отнесение биоэнергии к природному потенциалу является условным, поскольку он связан с сельским хозяйством.

Потенциал солнечной энергии определяется широтным положением районов. Калмыкия расположена в пределах 45–48 °с. ш. С севера на юг среднегодовая норма солнечной радиации, приходящей на земную поверхность, меняется примерно от 3,4 до 3,9 кВтч/м² в сутки (от 1351 до 1424 кВтч/м² в год), а разница между среднесуточным поступлением в наиболее и наименее солнечный месяц – примерно с 8 до 6 раз [Стребков, 2015].

Определение валового потенциала ветроэнергетики является более сложной задачей. Здесь мы можем ориентироваться только на результаты метеонаблюдений в отдельных точках. Среднегодовые скорости ветра выше (более 5 м/с на высотах 7–12 м) на возвышенностях и в прибрежных районах – в точках наблюдения Элисте, Городовиковске и Лагани. В остальных пунктах они находятся в диапазоне 4,2–4,7 м/с [Справочник по климату СССР, 1990].

Расчет валового ветроэнергетического потенциала, исходя из скорости ветра – в свою очередь, отдельная и сложная задача. В общем случае энергия ветра пропорциональна кубу его скорости и на единицу площади может быть рассчитана по формуле:

$$W_b = 1/40 \times \rho T \times S \times \sum_{i=1}^n v_i^3 \times t_i,$$

где: ρ – плотность воздуха, кг/м³; $T = 8700$ – число часов в году; S – площадь территории, м²; v_i – среднесуточная скорость ветра в диапазоне i , м/сек; t_i – вероятность нахождения скорости в диапазоне i [Безруких, 2007].

При некоторых упрощениях – если плотность воздуха принимается в качестве стандартной и рав-

ной 1,265 кг/м², а изменчивость скорости ветра в течение года не учитывается, мы получаем энергию ветра при скорости 5 м/с, равную 34 392 Втч (34,4 кВтч)/м² в год; при скорости 4,5 м/с – 25 072 Втч (25,1 кВтч)/м² в год.

Для оценки предпосылок биоэнергетики мы используем рассчитанную ранее [Дегтярев с соавт., 2015] величину валового биоэнергетического потенциала, связанного с отходами растениеводства и животноводства. Он меняется от 4 до 14 т. у. т./км² (от 0,03 до 0,11 кВтч/м² в год) по районам.

По каждому источнику энергии району присваивается определенный балл, которые далее суммируются. Хотя все величины могут быть выражены в одних единицах (кВтч), потенциалы разных источников не сводимы к одному в силу нестабильности каждого отдельно взятого энергоносителя. Они способны не заменять, а взаимно дополнять друг друга. Таким образом, максимальный интегральный балл получает район с максимальными значениями по каждому источнику энергии. Интегральный балл физико-географических предпосылок максимален для Юга и Запада, имеет средние значения для остальных районов (табл. 2).

При оценке экономико-географических предпосылок ключевыми показателями являются показатели расселения: количество небольших населенных пунктов – с населением менее 200 человек, средняя численность населения в населенном пункте и расстояние между населенными пунктами.

Выполненные нами оценочные расчеты показывают, что прямая экономическая эффективность малой автономной энергетики на ВИЭ достигается для объектов с населением менее 100–200 человек и удаленных на 10–20 км и более от других населенных пунктов и узлов распределительной электроэнергетической сети [Соловьев, Дегтярев, Залиханов, 2017]. Средний показатель энергопотребления в таком поселке составляет около 1200 кВтч на душу населения.

Рассмотрим два варианта энергообеспечения поселка: 1 – модернизацию (прокладку) ЛЭП протяженностью 20 км; 2 – создание автономной генерации на основе ВИЭ.

В первом случае прокладывается ЛЭП, стоимость которой, исходя из затрат в 1–2 млн руб./км [Сборник ..., 2012], составит 10–40 млн рублей.

Объем потребления электроэнергии в поселке численностью 100–200 человек составляет 120–240 тыс. кВтч в год. Для выработки такого количества энергии потребуется 100–200 кВт установленной мощности ВИЭ (солнечных панелей и ветрогенераторов). Исходя из средней стоимости в 150 тыс. рублей/1кВт, общие инвестиционные затраты составят 15–30 млн рублей. Затраты в данном случае оказываются сопоставимыми уже на инвестиционной стадии.

Данная стоимость автономной системы ВИЭ приведена на основе анализа сведений из разных источников, включая информацию Администратора торговой системы НП Совет Рынка о проектах ВИЭ, прошедших конкурсный отбор [Результаты... <http://www.atsenergo.ru/vie/proresults>], информацию поставщиков оборудования – ветрогенераторов, солнечных модулей, систем в сборе [Телеком-СТВ, http://www.telstv.ru/?page=ru_solar_modules, Рязанский завод, <http://www.rmcip.ru/solarcells/category/id/23>, Ветряные электростанции, <https://moskva.tiu.ru/Vetrogenerator, EDS Group, http://energy-ds.ru/catalog/generating/vetrogenerator.html>], экспертные оценки.

Выровненная стоимость электроэнергии из автономных возобновляемых источников (levelized cost of energy, LCOE) в данном случае составит в интервале 20 лет, без учета операционных затрат и дисконтирования, 6,25 руб./кВтч (производство электроэнергии за 20 лет составит 2,4–4,8 млн кВтч, инвестиционные затраты – 15–30 млн руб.; искомая величина получается в результате деления второго показателя на первый).

В свою очередь, LCOE в варианте прокладки ЛЭП, рассчитанные по той же схеме (объем инвестиций 10–40 млн рублей, потребление электроэнергии за 20 лет 2,4–4,8 млн кВтч), составят от 2,8 до 16,67 руб./кВтч.

Сравнение рисков и степени надежности источников затруднено из-за различной природы рисков. В случае с автономной системой ВИЭ риски связа-

Таблица 2

Сравнительная благоприятность физико-географических предпосылок развития малой автономной энергетики на основе ВИЭ по экономико-географическим районам Калмыкии

Экономико-географический район	Солнечная энергия		Ветряная энергия			Биоэнергия			Средний балл (с точностью до целочисленных значений)
	кВтч/м ² в год	балл	м/с	кВтч/м ² в год	балл	кг у.т./ м ² в год	кВтч/м ² в год	балл	
Запад	1 351	2	5,0	34,4	3	0,014	0,112	3	3
Центр		2	4,5	25,1	2	0,008	0,063	2	2
Восток	1 424	3	5,0	34,4	3	0,004	0,032	1	2
Север	1 278	2	4,5	25,1	2	0,009	0,074	2	2
Юг	1 424	3	5,0	34,4	3	0,010	0,083	2	3

ны с недостаточной стабильностью самих источников энергии, что требует установки резервных генерирующих мощностей (например, дизельного генератора), покрывающих часть потребностей в энергии. В случае с прокладкой ЛЭП риски связаны с возможными проблемами в работе распределительной системы. В частности, одна из проблем, с которой часто сталкивается Калмыкия и регионы со сходными условиями – экстремальные погодные явления (сильные ветры, гололед), ведущие к авариям в сети. Другая группа рисков для потребителей энергии при сетевом снабжении связана с ценами на нее, которые не контролируются потребителями и имеют тенденцию к росту. В данном случае независимость от внешних сетевых источников энергии становится дополнительным преимуществом.

Для менее крупных и более удаленных объектов – отдельных животноводческих точек и хозяйств, включая домохозяйства, числом 30–50 тысяч, преимущества автономного энергоснабжения еще более очевидны, но, на данном этапе не представляется возможным учесть их и включить в расчеты и схемы.

Среднюю численность населения в населенном пункте и среднее расстояние между населенными пунктами по районам мы увязываем в соотношение L/P , представляющее собой интегральную характеристику, где L – среднее расстояние между населенными пунктами, P – средняя численность населения в населенном пункте (табл. 3).

В данном случае районами с наиболее благоприятными предпосылками оказываются Центр и Юг.

Суммируя средний физико-географический и средний экономико-географический баллы по районам, выводим интегральный балл (табл. 4). В итоге максимальной степенью благоприятности предпосылок развития малой автономной энергетики на ВИЭ выделяется Юг, в несколько меньшей степени – Запад и Центр. Следует добавить, что степень благоприятности можно рассматривать с двух позиций:

1 – абсолютного объема мощностей автономных генерирующих мощностей, которые могут быть установлены в данном районе, в абсолютном исчислении (кВт, МВт);

2 – доли, которую автономные генерирующие мощности на основе ВИЭ могут составить в энергобалансе района.

Интегральный балл учитывает, по возможности, обе эти позиции одновременно.

Перспективная схема объектов генерации энергии. На основе проведенного выше районирования и расчетов предлагается схема территориального размещения потенциальных энергетических узлов сетевой и распределенной энергетики на возобновляемых энергоресурсах (рис. 2). Она включает:

– три потенциальных крупных энергетических узла развития «большой» сетевой энергетики – Элиста, Городовиковск и Лаганы;

– населенные пункты с населением менее 200 человек, где наиболее перспективным представляется создание малых автономных мощностей на основе ВИЭ.

Из расчетов и схемы следует, что в качестве первоочередных объектов предпроектных изыска-

Таблица 3

Сравнительная благоприятность экономико-географических предпосылок развития малой автономной энергетики на основе ВИЭ по экономико-географическим районам Калмыкии

Экономико-географический район	Количество населенных пунктов с населением менее 200 чел.	Балл	Среднее расстояние между населенными пунктами, км, L	Среднее число жителей в населенном пункте, чел., P	L/P	Балл	Средний балл (округленный до целых)
Запад (без Элисты)	47	3	11,6	0,714	16,2	1	2
Центр	58	3	20,9	0,506	41,3	3	3
Восток	0	1	28,0	3,090	9,1	1	1
Север	16	1	16,9	0,800	21,1	2	2
Юг	21	2	15,1	0,377	40,1	3	3

Таблица 4

Предпосылки развития малой автономной энергетики по районам Калмыкии, интегральная величина

Экономико-географический район	Средний физико-географический балл	Средний экономико-географический балл	Средний интегральный балл	Степень перспективности
Запад (без Элисты)	3	2	2,5	Высокая
Центр	2	3	2,5	Высокая
Восток	2	1	1,5	Минимальная
Север	2	2	2,0	Средняя
Юг	3	3	3,0	Максимальная

– три потенциальных энергоузла, включающих крупные сетевые ВЭС, СЭС и биоэнергетические станции в окрестностях крупных населенных пунктов с благоприятной спецификой географического положения – Элисты (основной узел), Городовиковска и Лагани;

– ряд объектов малой автономной генерации, привязанных к небольшим населенным пунктам.

– Юг и некоторые части Запада и Центра могут рассматриваться в качестве пилотных территорий при продвижении программ развития малой автономной энергетики на ВИЭ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Акимова В.В. Типология стран по уровню развития солнечной энергетики // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2015. № 4. С. 89–95.

Бабурин В.Л. Двупространственная модель территориальной организации общества // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2011. № 1. С. 3–8.

Бабурин В.Л. Развитие территориальных природно-хозяйственных систем как основы экономики // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2012. № 5. С. 5–12.

Безруких П.П. и др. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России (показатели по территориям). М.: ИАЦ Энергия, 2007. 272 с.

Березкин М.Ю., Синюгин О.А., Соловьев А.А. География инноваций в сфере традиционной и возобновляемой энергетик мира // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2013. № 1. С. 28–32.

Борликов Г.М., Лачко О.А., Бакинова Т.И. Экология. Природопользование аридных территорий. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2000. 84 с.

Дегтярев К.С. Социально-экономические и экономико-географические аспекты развития малой автономной энергетики на возобновляемых источниках в Республике Калмыкия // Промышленная энергетика. 2015. № 6. С. 57–61.

Дегтярев К.С., Андреев Т.И., Березкин М.Ю. и др. Оценка биоэнергетического потенциала сельского хозяйства Республики Калмыкия по районам // Экология России: на пути к инновациям. Астрахань, 2015. Вып. 12. С. 184–196.

Сборник «Укрупненные стоимостные показатели линий электропередачи и подстанций напряжением 35–1150 кВ» 324 тм – т 1 для электросетевых объектов ОАО «ФСК ЕЭС». Дата введения: 09.07.2012.

Соловьев 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. № 2(38). С. 23–31.

Справочник по климату СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1990. Вып. 13. Ч. III. С. 98.

Стребков Д.С. Физические основы солнечной энергетики. М.: Изд-во ФГБНУ ВИЭСХ, 2015. 160 с.

Andersen Otto. Unintended consequences of renewable energy problems to be solved. Springer-Verlag London, 2013.

Jayawardena Migara S. et al. Capturing the sun in the land of the blue sky. Providing portable solar power to nomadic herders in Mongolia // The World Bank. December 2012.

Mongolia development impacts of solar-powered electricity services // The World Bank Asia Sustainable and Alternative Energy Program. January 2014.

Электронные ресурсы:

Ветряные электростанции в Москве [Электронный ресурс]: URL: <https://moskva.tiu.ru/Vetrogeneratoriy> (дата обращения 03.04.2018).

Результаты отборов проектов // Администратор торговой системы НП Совет Рынка [Электронный ресурс]: URL: <http://www.atsenergo.ru/vie/proresults> (дата обращения 03.04.2018).

Рязанский завод металлокерамических приборов [Электронный ресурс]: URL: <http://www.rmcip.ru/solarcells/category/id/23> (дата обращения 03.04.2018).

Телеком-СТВ [Электронный ресурс]: URL: http://www.telstv.ru/?page=ru_solar_modules (дата обращения 03.04.2018).

Управление Федеральной службы государственной статистики по Астраханской области и Республике Калмыкия [Электронный ресурс]: URL: http://astratstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/astratstat/ru/statistics/kalmStat/ (дата обращения 03.04.2018).

EDS Group [Электронный ресурс]: URL: <http://energy-ds.ru/catalog/generating/vetrogeneratoriy.html> (дата обращения 03.04.2018).

Поступила в редакцию 13.12.2017

После доработки 20.07.2018

Принята к публикации 08.10.2018

K.S. Degtyarev¹

POTENTIAL OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE REPUBLIC OF KALMYKIA

The Republic of Kalmykia is an agricultural and sparsely populated region with a number of infrastructure and socio-economic problems to be solved, including the energy supply. It requires the up-to-date regional planning of modern natural-economic systems with account of the territorial structure of diversified energy generating objects and the management of renewable energy resources. The article considers the issues of regional planning in Kalmykia suggesting the economic-geographic typology and prospect of development of both centralized and distributed renewable energy sources.

Key words: economic-geography zoning, agriculture, renewable energy sources, Kalmykia

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Research Laboratory for Renewable Energy Sources, Research Scientist; e-mail: kir1111@rambler.ru

REFERENCES

- Akimova V.V.* Tipologiya stran po urovnyu razvitiya solnechnoj ehnergetiki [Typology of countries in terms of the level of solar power development] // Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2015. № 4. S. 89–95. (in Russian).
- Andersen Otto.* Unintended consequences of renewable energy problems to be solved. Springer-Verlag London, 2013.
- Baburin V.L.* Dvuprostranstvennaya model' territorial'noj organizacii obshchestva [Bi-spatial model of the territorial organization of society] // Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2011. № 1. S. 3–8 (in Russian)
- Baburin V.L.* Razvitie territorial'nyh prirodno-hozyajstvennyh sistem kak osnovy ehkonomiki [Development of social-economic systems as a basis of economies] // Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2012. № 5. S. 5–12 (in Russian).
- Beryozkin M.Yu., Sinyugin O.A., Solov'ev A.A.* Geografiya innovacij v sfere tradicionnoj i vozobnovlyaej ehnergetik mira [Geography of innovations in the sphere of traditional and renewable energy sectors in the world] // Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2013. № 1. S. 28–32 (in Russian).
- Bezrukih P.P. i dr.* Spravochnik po resursam vozobnovlyaejmyh istochnikov ehnergii Rossii (pokazateli po territorijam) [Reference book on the resources of renewable energy sources in Russia (territorial indicators)]. M.: IAC EHnergiya, 2007. 272 s. (in Russian).
- Borlikov G.M., Lachko O.A., Bakinova T.I.* Ekologiya. Prirodopol'zovanie aridnyh territorij [Ecology. Nature management of arid territories]. Rostov-na-Donu: SKNC VSH, 2000. 84 s. (in Russian).
- Degtyarev K.S.* Social'no-ekonomicheskie i ekonomiko-geograficheskie aspekty razvitiya maloj avtonomnoj ehnergetiki na vozobnovlyaejmyh istochnikah v Respublike Kalmykiya [Social-economic and economic-geographic aspects of the development of small autonomous power production based on renewable energy sources in the Republic of Kalmykiya] // Promyshlennaya energetika. 2015. № 6. S. 57–61 (in Russian).
- Degtyarev K.S., Andreenko T.I., Beryozkin M.Yu. i dr.* Ocenka bioehnergeticheskogo potenciala sel'skogo hozyajstva Respubliki Kalmykiya po rajonom [Assessment of the bioenergy potential of agriculture by the districts of the Republic of Kalmykiya] // Ehkologiya Rossii: na puti k innovacijam. Astrahan', 2015. Vyp. 12. S. 184–196 (in Russian).
- Jayawardena Migara S. et al.* Capturing the sun in the land of the blue sky. Providing portable solar power to nomadic herders in Mongolia // The World Bank. December 2012.
- Mongolia development impacts of solar-powered electricity services // The World Bank Asia Sustainable and Alternative Energy Program. January 2014.
- Sbornik «Ukrupnyonnye stoimostnye pokazateli linij ehlektroperedachi i podstancij napryazheniem 35–1150 kV» 324 tm – t1 dlya ehlektrosetevykh ob'ektov OAO «FSK EEHS» [Consolidated indices of electric power transmission lines and electric substations with 35–1150 kV voltage » 324 tm – t1 for electrical grid facilities of the OAO FSK EEHS]. Data vvedeniya: 09.07.2012 (in Russian).
- Solov'ev A.A., Degtyarev K.S., Zalihanov A.M.* Ocenka potenciala i predposylok razvitiya vozobnovlyaejmyh maloj avtonomnoj ehnergetiki na sel'skih territorijah Kalmykii [Assessment of potential and preconditions of the small autonomous renewable energy development in rural areas of Kalmykiya] // Vestnik agrarnoj nauki Dona. 2017. № 2(38). S. 23–31 (in Russian).
- Spravochnik po klimatu SSSR [Reference book on the climate of the USSR]. L.: Gidrometeoizdat, 1990. Vyp. 13. Ch. III. S. 98 (in Russian).
- Strebkov D.S.* Fizicheskie osnovy solnechnoj ehnergetiki [Physical bases of the solar power]. M.: FGBNU VIEHSHKH, 2015. 160 s. (in Russian).
- Web sources:*
- Vetryanye ehlektrostanicii v Moskve [Wind power stations in Moscow] [EHlektronnyj resurs]: URL: <https://moskva.tiu.ru/Vetrogeneratory> (access date 03.04.2018) (in Russian).
- Rezul'taty otborov proektov [Results of project selection] // Administrator torgovoj sistemy NP Sovet Rynka [EHlektronnyj resurs]: URL: <http://www.atsenergo.ru/vie/proresults> (access date 03.04.2018) (in Russian).
- Ryazanskij zavod metallokeramicheskikh priborov [The Ryazan cermet devices plant] [EHlektronnyj resurs]: URL: <http://www.rmcp.ru/solarcells/category/id/23> (access date 03.04.2018) (in Russian).
- Telekom-STV [EHlektronnyj resurs]: URL: http://www.telstv.ru/?page=ru_solar_modules (access date 03.04.2018).
- Upravlenie Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Astrahanskoj oblasti i Respublike Kalmykiya [Department of the Federal State Statistical Service for the Astrakhan oblast and the Republic of Kalmykiya] [EHlektronnyj resurs]: URL: http://astrastat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/astrastat/ru/statistics/kalmStat/ (access date 03.04.2018) (in Russian).
- EDS Group [EHlektronnyj resurs]: URL: <http://energy-ds.ru/catalog/generating/vetrogeneratory.html> (access date 03.04.2018).

Received 13.12.2017

Revised 20.07.2018

Accepted 08.10.2018