

УДК 91:620.9

DOI 10.52815/0204-3653_2024_4199_4
EDN:

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ОСНОВА ОЦЕНКИ И РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Дегтярев Кирилл
Научный сотрудник, к. г. н.,
научно-исследовательская
лаборатория возобновляемых
источников энергии,
географический факультет,
МГУ имени М.В. Ломоносова
E-mail: kir1111@rambler.ru

Соловьев Дмитрий
Старший научный сотрудник,
к. ф.-м. н., Объединенный
институт высоких температур
Российской академии наук
E-mail: solovev@guies.ru

Аннотация. В статье на примере ряда российских регионов рассмотрены источники информации и базы данных, используемые для оценки ресурсов территории и перспектив развития энергетики на основе возобновляемых энергетических ресурсов. Приведены показатели, требуемые для анализа предпосылок развития возобновляемой энергетики и районирования территории по объёму и спектру ВИЭ. Сформулированы недостатки имеющейся системы информации и рекомендации по формированию баз данных на региональном уровне, позволяющих провести комплексную оценку территории с точки зрения предпосылок развития возобновляемой энергетики.

Ключевые слова:

возобновляемые источники энергии, география возобновляемых энергетических ресурсов, базы данных возобновляемых энергетических ресурсов, региональные исследования, регионы России.

Введение

В России объявлен курс на экономическое развитие с низким уровнем выбросов углерода в атмосферу. Активизация действий в этом направлении произошла после присоединения Российской Федерации к Парижскому соглашению по климату в 2015 г., после чего был принят ряд нормативных актов и программ низкоуглеродного развития [1]. Сейчас активно проводятся исследования, реализуются проекты, направленные на снижение эмиссии парниковых газов. Достижение поставленной цели невозможно без масштабного развития энергетики на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) – гидроэнергии, ветровой, солнечной, геотермальной и биоэнергии. В свою очередь, для развития возобновляемой энергетики на региональном уровне требуется детальная и точная информация об имеющихся в регионе возобновляемых энергетических ресурсах, факторах, способствующих и препятствующих развитию возобновляемой энергетики. Сбор и анализ такой информации является сложной и трудоёмкой задачей. Это связано, во-первых, с возобновляемыми источниками энергии как таковыми, представляющими собой разнородный набор и требующими различных методов и подходов к их оценке. Во-вторых, для анализа предпосылок развития возобновляемой

энергетики на территории требуется многостороннее исследование разнородной физико-географической и экономико-географической информации. Кроме того, для оценки экономической эффективности возобновляемой энергетики в данном регионе требуется специфическая информация, связанная с состоянием топливно-энергетического комплекса территории, инвестиционными и операционными затратами энергетических проектов, тарифами на энергию.

Показатели, используемые для оценки возобновляемых энергетических ресурсов территории

Физико-географическая и экономико-географическая информация, необходимая для оценки возобновляемых энергоресурсов территории и предпосылок развития возобновляемой энергетики, включает набор прямых и косвенных данных.

Прямые данные дают возможность провести непосредственную количественную оценку имеющихся на территории возобновляемых энергетических ресурсов и, при наличии дополнительной информации технологического и экономического характера, сделать анализ экономической эффективности и возможного масштаба их использования. В число прямых данных можно включить информацию о солнеч-

Вынос до 150 знаков

ной радиации, скоростях ветра, расходах воды в сечениях рек, данные об отходах сельского хозяйства, бытовых, лесоперерабатывающих отраслей, результаты измерений геотермического градиента и теплового потока, поступающего из земных недр к поверхности.

Ряд источников, содержащих прямую информацию, представлен в [2]. Прежде всего, это атласы и электронные ГИС, содержащие данные о значениях, пространственном и временном распределении приходящей на Землю солнечной радиации и скоростях ветра. Там же описана методика сбора и обработки данной информации.

Однако далеко не во всех случаях имеются детальные и точные прямые данные. В настоящее время в большей степени доступны прямые данные по солнечной и ветровой энергии, в меньшей или существенно меньшей – по гидроэнергетическим, геотермальным и биоэнергетическим ресурсам. В связи с этим для первичного выявления территорий, потенциально благоприятных для развития возобновляемой энергетики, можно использовать информацию косвенного характера, которую следует назвать общегеографической.

В данном случае источниками являются справочная информация и картографический материал, а также статистические, отраслевые и корпоративные данные, содержащие сведения по следующим позициям:

1. Географическое положение региона: широта, внутриконтинентальное или прибрежное положение, наличие на данной или соседней территории крупных географических объектов (гор, крупных рек и водоёмов).
2. Принадлежность региона к определённым климатическим и природно-растительным зонам и подзонам.
3. Геологическое строение территории – как в инженерно-геологическом, так и в геотермальном аспекте.
4. Рельеф местности.
5. Водные ресурсы: годовой сток рек, густота речной сети.
6. Лесные ресурсы территории.
7. Лесное хозяйство региона и объёмы лесопереработки.

8. Сельское хозяйство региона: сборы сельскохозяйственных культур, поголовье скота.

9. Численность населения региона, соотношение городского и сельского населения, численность населения по населённым пунктам, расстояния между населёнными пунктами.

10. Структура землепользования.

11. Развитие транспортной сети: протяжённость, густота, состояние.

12. Состояние энергетического комплекса региона: объём и структура генерации энергии, размещение генерирующих мощностей, баланс производства и потребления энергоресурсов и энергии, структура энергопотребления по источникам, характеристики и состояние магистральной и распределительной энергосетей, обеспеченность потребителей энергией, стоимость энергии в регионе.

Для оценки может потребоваться и специфическая информация, обычно не представленная в открытых источниках (отчасти это относится и к представленному выше перечню) и требующая дополнительных исследований, включая собственные полевые исследования, привлечение экспертов, запросы в те или иные организации.

В частности, для оценки объёма отходов растениеводства, который можно задействовать в энергетических целях, необходима информация об их текущем использовании. Для оценки количества отходов животноводства необходимы данные о способах содержания скота и также о текущих способах использования отходов. Для оценки количества отходов лесопереработки требуются данные о технологиях лесозаготовки и переработки и использовании отходов в настоящее время. Также требуются непосредственные оценки количества образующихся коммунальных и бытовых отходов и способов их утилизации (получить предварительные оценки можно косвенно, исходя из данных о численности населения). Более или менее точное определение доступного потенциала гидроресурсов и геотермальных ресурсов во многих случаях требует проведения дополнительных

полевых исследований. Значительная часть информации, дающей возможность судить о гидроэнергетическом и геотермальном потенциале территории, отсутствует на специализированных сайтах и требует поиска среди научно-исследовательской литературы.

Кроме того, для оценки экономических параметров возобновляемой энергетики требуется информация об имеющихся технологиях солнечной, ветровой, геотермальной, гидро- и биоэнергетики, инвестиционных и операционных затратах. В самом общем виде эта информация может содержаться на сайтах энергетических агентств и компаний, но детальный анализ требует обращения к компаниям-производителям, и данная информация не всегда ими предоставляется, являясь, в том числе, предметом коммерческой тайны.

Также отдельных исследований требуют логистика региона, трудовые ресурсы, институциональные и социальные факторы, способствующие или препятствующие развитию возобновляемой энергетики в регионе.

Предметом отдельных исследований с использованием разных источников (включая материалы СМИ и интервью с экспертами) является история развития возобновляемой энергетики в регионе, анализ успешного и неуспешного опыта, препятствий для развития возобновляемой энергетики и способов их преодоления.

Опыт оценки возобновляемых энергетических ресурсов и районирования территорий

Автором проводились исследования потенциала возобновляемой энергетики Республики Калмыкия, как в целом, так и на уровне микрорайона [3, 4].

В качестве объекта исследования данная территория была выбрана на основе анализа общегеографических данных, в частности:

- территория расположена в южной части Русской равнины, что предполагает высокие по сравнению с большинством других российских регионов значения солнечной радиации, поступающей на по-



верхность Земли в сочетании с относительно сглаженным сезонным графиком её поступления в силу низкоширотного положения территории;

- положение территории на побережье Каспийского моря, между Каспийским и Черноморским морями в сочетании с открытыми степными ландшафтами позволяет предположить высокие скорости ветра;
- развитое сельское хозяйство позволяет предположить наличие большого количества сельскохозяйственных отходов и, как следствие, предпосылки для развития биоэнергетики;
- территория Калмыкии является малонаселённой, практически не имеет крупных промышленных производств, как следствие, отличается небольшими величинами собственного потребления энергии, что позволяет не только закрыть значительную часть энергетических потребностей республики, но и поставлять «зелёную» энергию в другие регионы;
- республика сталкивается с проблемами в энергообеспечении, связанными с отсутствием собственных генерирующих мощностей и высокой степенью износа распределительной сети, что придаёт дополнительную актуальность вопросу организации энергообеспечения региона с опорой на местные возобновляемые энергоресурсы.

Далее оценки, касающиеся физико-географических условий региона, были уточнены с помощью баз данных, содержащих прямые количественные оценки (скорости ветра, приходящая солнечная радиация). Ряд данных, касающихся экономического положения республики, сельского хозяйства, состояния энергетического комплекса, структуры земель и их использования, был уточнён с использованием государственных статистических и отраслевых источников.

Были выявлены различия между районами Калмыкии по следующим показателям:

- приходящая солнечная радиация;
- скорость ветра;

- плотность населения и характер его расселения (дисперсность расселения, среднее расстояние между населёнными пунктами, средняя численность населения в населённом пункте);
- преобладающие направления сельского хозяйства, количественные показатели, относящиеся к растениеводству и животноводству (сбор зерновых, поголовье скота);
- особенности энергетической инфраструктуры.

На этой основе выявлены территории с наиболее благоприятными предпосылками развития возобновляемой энергетики, включая малую автономную энергетику, проведено районирование территории Калмыкии, а также сделаны оценки экономической эффективности малой автономной генерации на основе ВИЭ.

Для работы использовался широкий спектр разнородной информации и баз данных. Их можно разделить на 3 основные группы:

1. Справочная и учебная литература физико-географического и экономико-географического характера, карты и атласы, включая, в частности:

- Справочник по климату СССР. – Л., Гидрометеиздат, 1990;
- Национальный атлас РФ (URL: <https://nationalatlas.ru/>);
- Атлас ресурсов возобновляемой энергии на территории России: Научное издание / Т. И. Андреев, Т. С. Габдерахманова, О. В. Данилова и др. – РХТУ им. Д. И. Менделеева Москва, 2015. – 160 с;
- ГИС «Возобновляемые источники энергии России» (URL: <https://gisre.ru/>);

2. Данные государственной федеральной и региональной статистики и аналитические отчёты, в том числе:

- Статистические ежегодники «Калмыкия в цифрах» (URL: <https://30.rosstat.gov.ru/folder/41218>);
- Государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (URL: <https://gisee.ru/>);
- Министерство по земельным и имущественным отношениям Республики

Калмыкия – государственная кадастровая оценка земель в республике, доклад о состоянии и использовании земель (URL: <http://btirk.ru/gosudarstvennaya-kadastrovaya-otsenka/>);

- Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Калмыкия – доклады об экологической ситуации в республике (URL: <http://www.kalmpriroda.ru/dokumenty/>);
 - Министерство жилищно-коммунального хозяйства и энергетики Республики Калмыкия – данные о состоянии энергетического комплекса республики (URL: <http://mtr-rk.kalmregion.ru/>);
 - Региональная служба по тарифам Республики Калмыкия (URL: <http://tarif.kalmregion.ru/>) – данные по тарифам на электрическую и тепловую энергию для оценки экономической эффективности автономной возобновляемой энергетики в условиях данного региона.
3. Отраслевые источники информации, включая:

- АО «АТС» (Администратор торговой системы) (URL: <https://www.atsenergo.ru/ats/about>) – для получения информации о планируемых проектах в сфере ВИЭ;
- «Газпром газораспределение Элиста» (URL: <http://gpgrelista.ru/>) – источник информации об обеспеченности территории газовым топливом и потреблении газа;
- ПАО «Россети Юг» (URL: <https://kalmenergo.rosseti-yug.ru/>) – информация о состоянии энергетического комплекса республики;
- данные ФСК «ЕЭС» по стоимостным показателям линий электропередач – для сравнительной оценки экономической эффективности сетевой и автономной энергетики.

Позже была проведена сходная, хотя и менее детальная работа по регионам России [5]. На основе общегеографической информации было проведено зонирование территории страны [6] с точки зрения величины и спектра возобновляемых энергоресурсов. На примере четырех регионов – Вологодской, Липецкой, Ростовской областей и Республики Кабардино-Балкария было проведено сравнение возобновляемых энергетических

ресурсов в разных природно-хозяйственных зонах и выявлены территории с наибольшими ресурсами того или иного типа и с наиболее широким спектром ВИЭ (таблица 1).

В качестве критериев оценки ресурсообеспеченности выступали следующие ключевые показатели:

- приходящая солнечная радиация (в свою очередь, в максимальной степени это функция от широты местности);
- среднегодовые скорости ветра (на высоте 10 метров);
- величина местного речного стока (как показатель для предварительной оценки гидроэнергетических ресурсов территории);
- запасы древесины (показатель для предварительной оценки биоэнергетических ресурсов территории на отходах лесного и лесоперерабатывающего хозяйств);
- сбор зерновых (показатель для оценки биоэнергетических ресурсов территории на отходах сельского хозяйства);
- показатель площади, приходящейся на одного сельского жителя (фактически, это косвенный показатель, с одной стороны, наличия свободных пространств для размещения энергетических объектов на основе ВИЭ, с другой – перспективности развития малой автономной энергетики через оценку средних расстояний между потенциальными потребителями).

На представленном рисунке (рис. 1) визуализированы данные по 8 показателям для 4 регионов России, отражающие их обеспеченность возобновляемыми энергоресурсами. Это позволяет наглядно сравнить регионы по каждому из рассматриваемых параметров, выявляя их потенциал в использовании различных видов возобновляемых источников энергии.

Территория Вологодской области, расположенная в лесной зоне, отличается минимальными показателями, характеризующими солнечные, ветровые и сельскохозяйственные биоэнергоресурсы, но наибольшими (среди равнинных территорий) величинами, определяющими лесные и гидро-биоэнергоресурсы.

В лесостепной и степной зонах – в Ростовской и Липецкой областях, напротив, высоки показатели солнечных, ветровых и биоэнергоресурсов сельского хозяйства при минимальных значениях по лесным биоэнергоресурсам и гидроэнергоресурсам.

Далее на юг и с переходом к кавказской горной системе, в нашем случае – на территории Кабардино-Балкарии, резко растут показатели гидроэнергетических ресурсов и продолжается рост солнечной энергии, а также увеличение ресурсов древесной биомассы при некотором снижении, относительно степной зоны, биоэнергетических

Таблица 1. Сравнение обеспеченности возобновляемыми энергоресурсами регионов, лежащих в разных природно-хозяйственных зонах [5]

Регион	Вологодская область	Липецкая область	Ростовская область	Кабардино-Балкария
Координаты	58–62° с. ш. 36–48° в. д.	52–53° с. ш. 38–40° в. д.	46–50° с. ш. 39–44° в. д.	43–44° с. ш. 42–45° в. д.
Площадь, тыс. км ²	145	24	101	13
Численность сельского населения, тыс. чел.	314	399	1331	417
Солнечная радиация в январе, кВт·ч/м ²	10,3	28,2	32	45,8
Среднегодовые скорости ветра (на высоте 10 метров), м/с	2,5	4,5	4,6	н/д
Местный речной сток, м ³ /га	2906	1331	426	2887
Запасы древесины, м ³ /га	116,4	13,5	2,2	28,2
Сборы зерновых, кг/га	1200	1380	1199	925
Площадь на одного сельского жителя, га/чел.	46,1	6	7,6	3

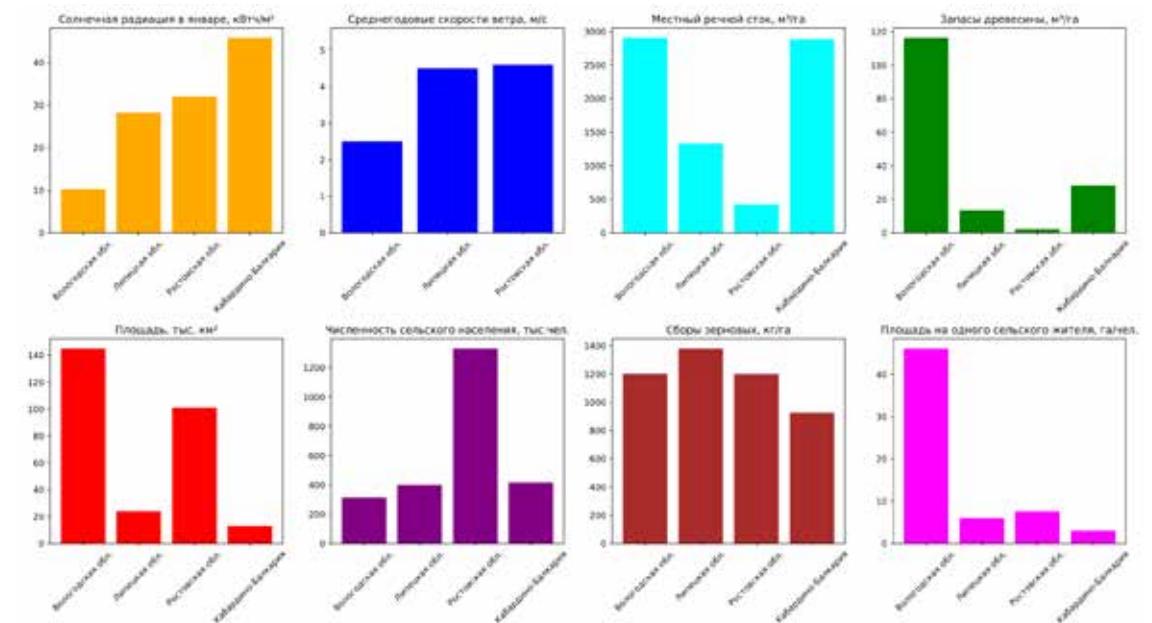


Рис. 1. Сравнительный анализ обеспеченности регионов России, лежащих в разных природно-хозяйственных зонах, возобновляемыми энергоресурсами по ключевым показателям [5]

показателей сельского хозяйства. Оценка ветровых энергоресурсов в горных районах требует отдельных исследований на локальном уровне.

В дополнение, низкая плотность сельского населения на севере европейской части России и, как следствие, большие свободные площади и большие расстояния между потребителями создают там дополнительные предпосылки для автономного энергообеспечения территорий на основе местных ВИЭ. В то же время низкая плотность потребителей с высокой вероятностью указывает на сравнительно небольшие объемы энергопотребления и, как следствие, невысокие потребности в возобновляемой энергии в абсолютных величинах.

Основные источники информации для данной работы:

1. Данные по солнечной радиации и скоростям ветра NASA – NASA Power Data Access Viewer. URL: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

2. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество: Справочное издание // Росгидромет. Санкт-Петербург, 2019.

3. Лесные ресурсы. Росстат. URL: https://www.gks.ru/bgd/regl/B11_14p/Iss-WWW.exe/Stg/d02/15-39.htm

4. Регионы России. Социально-экономические показатели – 2021 г. Росстат. URL: https://gks.ru/bgd/regl/b21_14p/Main.htm

Отличие от предыдущего исследования (по Республике Калмыкия) в том, что в данном случае использовалась информация по лесным и водным ресурсам (практически отсутствующим в Калмыкии). В то же время исследование с опорой на данные источники носило неизбежно поверхностный характер и позволило предварительно выявить различия в потенциально перспективных направлениях развития возобновляемой энергетики в регионах, находящихся в разных природно-хозяйственных условиях, но не более того.

Заключение

Оценка и районирование территорий в целях развития возобновляемой энергетики требует широкого спектра данных из разных областей, включая:

- физико-географическую информацию;
- экономико-географическую информацию;
- детальную информацию по отраслям и производствам региона (энергетика и ЖКХ, сельское и лесное хозяйства, транспорт);
- технологическую и экономическую информацию, касающуюся систем генерации на основе ВИЭ и транспортировки энергии;
- данные социологических и институциональных исследований.

Источники информации для оценки и районирования территорий в целях развития возобновляемой энергетики можно разделить на следующие группы:

- справочная и учебная литература физико-географического и экономико-географического характера, базы данных, карты и атласы;
- данные государственной федеральной и региональной статистики и аналитические отчёты;
- отраслевые источники информации – федеральные и региональные агентства, ведущие компании в сфере энергетики и ЖКХ, сельского, водного и лесного хозяйств;
- другие источники информации, представленные широким спектром, включающим научно-исследовательские статьи, СМИ, интервью с экспертами, представителями государственных структур, бизнеса, населения.

Полученную информацию можно разделить на две основные группы:

- прямая, дающая непосредственные количественные характеристики возобновляемых энергоресурсов (в частности, скорости ветра или количество приходящей на поверхность Земли солнечной радиации);

- косвенная, позволяющая предварительно оценить ресурсообеспеченность территории и возможности использования возобновляемых энергоресурсов.

С использованием открытых источников, большей частью размещённых в интернете, прежде всего, справочной географической литературы и картографического материала, а также данных государственной статистики, возможно выявление принципиальных различий в обеспеченности возобновляемыми энергоресурсами между регионами и предварительные оценки потенциально перспективных направлений развития возобновляемой энергетики.

Однако в большинстве случаев достаточно детальные и полные оценки энергоресурсов территории и возможностей развития возобновляемой энергетики требуют дополнительных исследований с привлечением широкого спектра источников информации (региональной, отраслевой, корпоративной, научно-исследовательской), включая дополнительные полевые исследования.

Практически отсутствуют ресурсы, как электронные, так и печатные, где была бы представлена комплексная разносторонняя информация, позволяющая получить целостное представление о ресурсах возобновляемой энергетики на региональном уровне. В связи с этим очевидно насущной задачей является, с одной стороны, интеграция имеющейся информации по регионам в единую базу данных, представленную в электронном виде, а также проведение дополнительных региональных исследований с целью её пополнения и расширения. В наибольшей степени это относится к гидроэнергетике, биоэнергетике и геотермальной энергетике.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание № 075-00270-24-00) и в рамках госзадания «Географические основы устойчивого развития энергетических систем» № 121051400082-4.

GEOGRAPHICAL INFORMATIONAL BACKGROUND FOR EVALUATION AND ZONING OF TERRITORIES FOR THE PURPOSES OF RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT

Degtyarev Kirill, Research Associate, Faculty of Geography, Candidate of Geographical Sciences, Research Laboratory of Renewable Energy Sources, Research Fellow, Lomonosov Moscow State University. E-mail: kirill111@rambler.ru

Solovyev Dmitry, Senior Researcher, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences, Institute of Energy Strategy. E-mail: solovev@guies.ru

Abstract. Using the example of a number of Russian regions, the article examines the sources of information and databases used to assess the renewable energy resources of the territory and the prospects for the development of energy based on renewable energy resources. The article presents the indicators required to analyze the prerequisites for the development of renewable energy in the territories and the zoning of the territory in terms of the volume and range of renewable energy resources. The study also enunciates the shortcomings of the existing information system and recommendations on the design of databases at the regional level, allowing for a comprehensive assessment of the territory from the point of view of the background for the development of renewable energy.

Keywords: renewable energy sources, geography of renewable energy resources, databases of renewable energy resources, regional studies, regions of Russia.

Библиографический список

1. Дегтярев К. С., Синюгин О. А., Березкин М. Ю. Развитие финансово-рыночных инструментов низкоуглеродного развития в России // Окружающая среда и энергетика. 2023. № 2. С. 16–29.
2. Рафикова Ю. Ю., Нефедова Л. В., Калиева К. Т. Информационное обеспечение оценки потенциала солнечной энергетики в России // Информационные ресурсы России. 2023. № 4. С. 35–45.
3. Дегтярев К. С. Потенциал возобновляемых источников энергии в Республике Калмыкия // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2019. № 1. С. 75–82.
4. Дегтярев К. С. Экономико-географическое районирование Республики Калмыкия // Известия Русского географического общества. 2020. Т. 152, № 1. С. 31–46.
5. Дегтярев К. С. Подходы к географической экспертизе и районированию территорий для развития возобновляемой энергетики // Окружающая среда и энергетика. 2022. № 4. С. 10–26.
6. Дегтярев К. С., Соловьев Д. А. Проблемы и перспективы развития возобновляемой энергетики России в новых условиях // Энергетическая политика. 2022. № 6. С. 56–69.

Bibliography:

1. Degtyarev K. S., Sinyugin O. A., Berezkin M. Yu. Development of Financial and Market Instruments of Low-Carbon Development in Russia // Journal of Environmental Earth and Energy Study. 2023. № 2. p. 16–29.
2. Rafikova Yu., Nefedova L., Kalieva K. Information Support for Assessing the Potential of Solar Energy in Russia.
3. Degtyarev K. S. Potential of Renewable Energy Sources in the Republic of Kalmykia. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya. 2019;(1):75–82. (In Russ.).
4. Degtyarev K. S. Economy-geographical Subdivision of Kalmykia. Proceedings of the Russian Geographical Society. 2020;152(1):31–46. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0869607120010036>
5. Degtyarev K. S. Approaches to a Geographic Expert Evaluation and Zoning of Territories for Renewable Energy Development // Journal of Environmental Earth and Energy Study. 2022. № 4. p. 10–26.
6. Degtyarev K. S., Solovyev D. A. Problems and Outlook of Renewable Energy Development in Russia in the New Conditions // Energy Policy. 2022. № 6. p. 56–69 (In Russ.).