

Б. Г. САНИЕЕВ*, **, И. Ю. ИВАНОВА*, **, Т. Ф. ТУГУЗОВА*, **, Н. А. ХАЛГАЕВА*, **

*Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН, г. Иркутск

**Иркутский научный центр СО РАН

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА КАК ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗОНЕ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Дано краткое описание проблем энергоснабжения в центральной экологической зоне Байкальской природной территории: наличие протяженных линий электропередачи, децентрализованных потребителей, электроснабжение которых осуществляется от дизельных электростанций, и большого количества мелких котельных на угле. В связи с особым статусом зоны большое значение приобретают вопросы снижения антропогенной нагрузки, в том числе от объектов энергетики. Одним из способов решения этой проблемы является использование возобновляемых источников энергии. Приведено зонирование исследуемой территории по показателям ветро- и гелиопотенциала и установлено распределение потенциала возобновляемых природных энергоресурсов в течение года. Выявлено, что потенциал ветровой энергии имеет максимальное значение в осенне-зимний период, малых водотоков — в весенне-летний период, приход солнечной радиации имеет ярко выраженный летний максимум. Малые ГЭС, ветро- и фотоэлектрические станции следует применять прежде всего для электроснабжения децентрализованных потребителей с целью уменьшения объемов использования дизельного топлива. Для снижения выбросов вредных веществ в атмосферу при сжигании угля на мелких котельных возможно применение систем солнечного теплоснабжения, тепловых насосов, а также перевод котельных на древесное топливо (в том числе древесные брикеты). Возобновляемая энергетика позволит повысить надежность и качество энергоснабжения потребителей, что в свою очередь скажется на комфортности проживания населения и привлекательности территории для туристических и рекреационных целей.

Ключевые слова: проблемы энергоснабжения, гидро-, ветро-, гелио-, геотермальные и биоресурсы, ветроустановки, фотоэлектрические станции, тепловые насосы.

A brief account is given of the electric power supply problems in the central ecological zone of the Baikal natural territory, namely: long-distance power transmission lines, decentralized consumers, electric power to which is supplied from diesel power plants, and large number of small coal-fired boilers. Since the zone has a special status, the issues related to minimizing the anthropogenic load, including from electric power generating facilities, acquire ever greater significance. A line of attack on this problem would be through the use of renewable energy sources. A zoning of the study territory according to the indicators of wind and helio-potential is provided. We determined the distribution of the potential of renewable natural energy resources within a year. It is found that the wind energy potential has the maximum value during the autumn-winter period, with that of small streams corresponding to the spring-summer period; the potential incoming solar radiation has a clearly pronounced summer maximum. Small hydropower electric plants and wind/photoelectric stations should be used primarily for electric power supply of decentralized consumers in order to decrease the amounts of diesel fuel used. For minimizing the air emissions of harmful substances from burning coal by small boilers, it is possible to use solar heat supply systems and thermocompressors as well as transferring boilers to wood fuel (including wood briquettes). Renewable power generation will improve dependability and quality of electric power supply of consumers thereby bettering the comfort conditions for human life and enhancing the attractiveness of the territory for touristic and recreational purposes.

Keywords: energy supply problems, hydro-, wind-, helio-, geothermal and bioresources, wind power stations, photoelectric stations, thermocompressors.

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ

Экологическое зонирование Байкальской природной территории (БПТ) определено в Федеральном законе «Об охране озера Байкал» и включает в себя три экологические зоны: зону атмосферного влияния, буферную и центральную [1]. Центральная экологическая зона (ЦЭЗ) БПТ охватывает оз. Байкал с островами, прилегающую к нему водоохранную зону и особо охраняемые природные территории. Ее границы практически совпадают с границей объекта Всемирного природного наследия «Озеро Байкал» и проходят по внешним границам трех заповедников, трех национальных парков, четырех заказников, а также главным водоразделам байкальских хребтов. Особо охраняемые природ-

ные территории в пределах ЦЭЗ занимают 2,5 млн га [2], что составляет немногим меньше половины площади этой зоны, не учитывая акватории озера.

В ЦЭЗ имеется достаточно большое количество потребителей электроэнергии различных категорий: от относительно крупных городов до мелких населенных пунктов и туристических баз. Значительная часть из них снабжается электроэнергией централизованно от иркутской или бурятской энергосистем, в некоторых районах — по протяженным линиям электропередачи. Автономное электроснабжение от небольших дизельных электростанций преобладает на северо-западном побережье оз. Байкал. Следует отметить, что использование дизельного топлива связано не только с большими затратами бюджетных средств на выравнивание тарифов для населения из-за высокой стоимости топлива, но и с опасностью загрязнения бассейна озера во время его транспортировки. Это обусловлено тем, что доступ в некоторые населенные пункты и базы отдыха, такие как бухта Песчаная, пос. Большие Коты в Иркутской области, с. Байкальское, Мыс Котельниковский, пос. Хакусы в Республике Бурятия, затруднен и возможен только летом с помощью водного транспорта или зимой по льду озера.

Источники тепловой энергии в большинстве населенных пунктов ЦЭЗ представляют собой мелкие котельные на угле (установленная мощность от 0,5 до 3 Гкал/ч), снабжающие теплом социальные объекты: школы, больницы, детские сады, административные здания и т. д. Такие котельные, как правило, не оборудованы системами очистки уходящих газов, высота труб менее 10–15 м, вследствие чего происходит загрязнение приземного слоя атмосферы.

Вместе с тем в Федеральном законе «Об охране озера Байкал» [1] установлен особый режим хозяйственной деятельности на территории ЦЭЗ, в связи с чем к энергоснабжению потребителей должны предъявляться повышенные требования с точки зрения экологической безопасности.

Одним из приоритетных направлений решения как уже существующих проблем, так и дальнейшего развития энергоснабжения в этой зоне является использование возобновляемых природных энергетических ресурсов. Реализация этого мероприятия позволила бы повысить надежность и качество энергоснабжения, а также снизить антропогенную нагрузку от энергоисточников на органическом топливе.

ПОТЕНЦИАЛ ПРИРОДНЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Территория центральной экологической зоны располагает гидро-, гелио-, ветро-, биоэнергетическими и геотермальными ресурсами и отличается наилучшими в Байкальском регионе показателями практически всех возобновляемых энергоресурсов [3]. Целесообразность использования каждого из них для целей энергоснабжения существенно различается по территории. Для эффективного использования потенциала возобновляемых энергоресурсов необходимо знать не только их среднегодовые показатели, но и значения внутригодовых изменений. Это позволит более качественно выбирать места размещения и обосновывать оптимальную мощность возобновляемых источников энергии [4].

Гидроэнергетический потенциал ЦЭЗ заключен в наличии большого количества крупных рек, а также малых рек и ручьев. Практически вся территория покрыта сетью множества водотоков — их насчитывается около 500, что говорит о достаточно высокой возможности использования этого вида ресурса. Около 90 % всех водотоков относятся к малым и очень малым. Большинство рек имеют горный характер и отличаются бурным течением с высокими скоростями [5].

Анализ статистических данных [6] показал, что практически для всех небольших рек зоны характерны высокие амплитуды колебаний стока, причем, кроме весеннего паводка, достаточно часто бывают летние и осенние повышения стока, вызываемые дождями и усилением при дожде таяния снегов в истоках рек. В зимний период и в начале весны (с ноября по апрель) расход воды в реках в десятки раз ниже, чем в летний. Такое распределение потенциала малых водотоков не совпадает с графиком коммунально-бытового потребления электроэнергии, имеющим зимний максимум, что обуславливает возможность только сезонного использования гидроэнергетического потенциала — в летне-осенний период.

Ветроэнергетический потенциал имеет наибольшие значения в основном в центральной части рассматриваемой территории — на побережье Ольхонского, Иркутского, Баргузинского и Прибайкальского районов, где среднегодовая скорость ветра достигает 3–5 м/с [7, 8]. В отдельных местах Ольхонского района среднегодовая скорость ветра превышает 6 м/с (рис. 1).

Внутригодовое распределение ветропотенциала на территории ЦЭЗ имеет в большинстве случаев осенне-зимний максимум и летний минимум, что является предпосылкой для его эффективного ис-

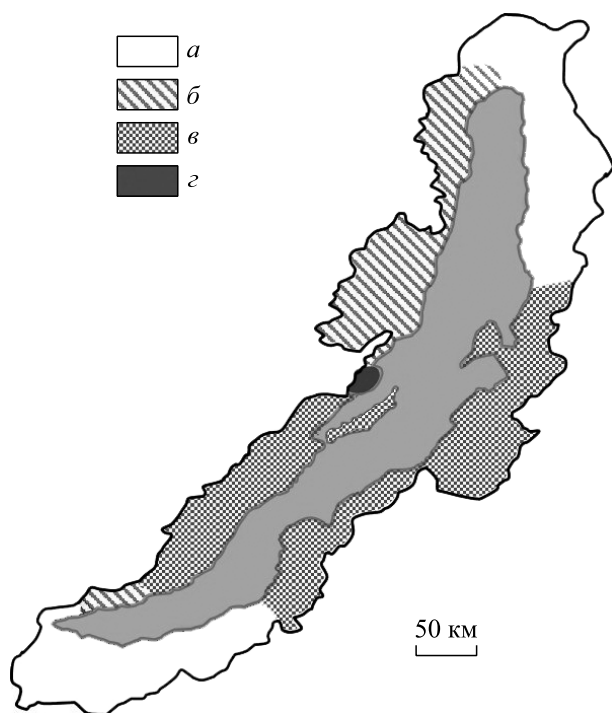


Рис. 1. Зонирование территории по среднегодовой скорости ветра, м/с.

a — 1–2, *б* — 2–3, *в* — 3–5, *г* — 5 и более.

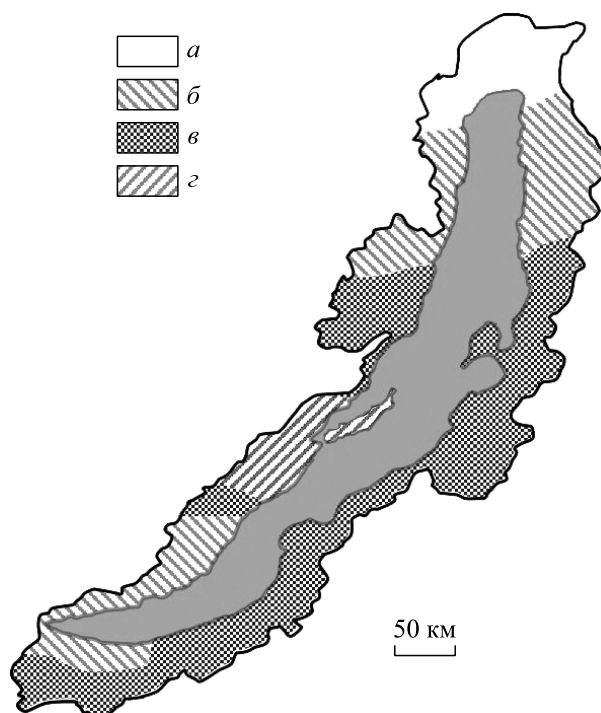


Рис. 2. Зонирование территории по суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность, кВт·ч/м².

a — 1100–1150, *б* — 1150–1200, *в* — 1200–1250, *г* — 1250–1300.

пользования в целях электроснабжения коммунально-бытовых потребителей, изолированных от энергосистем, поскольку подобное распределение соответствует графику потребления электроэнергии этой категории потребителей [9].

Гелиоэнергетический потенциал ЦЭЗ не уступает южным районам европейской части РФ. Приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность изменяется от 1100 кВт·ч/м² на севере до 1300 кВт·ч/м² в центральной части [10, 11] (рис. 2). Характер распределения гелиопотенциала в течение года имеет ярко выраженный весенне-летний максимум и практически не зависит от широтного местоположения пунктов, расположенных как в северных районах зоны, так и в южных.

Геотермальные ресурсы сосредоточены в складчатой системе Байкальского рифта (Усть-Селенгинская, Баргузинская впадины) и относятся к категории низкопотенциального тепла. В гидротермах рифта зарегистрировано до 60 групп термальных источников, имеющих температуру от 20 до 80 °С [12]. По данным [13], суммарный дебит всех источников позволяет считать запасы термальных вод перспективными для использования в целях теплоснабжения.

Территория ЦЭЗ богата *лесными ресурсами* — лесистость составляет 74,6 %. Однако их использование ограничено в силу природоохранного статуса территории: все леса зоны отнесены к защитным, в них разрешены только выборочные рубки [5]. В то же время в ряде населенных пунктов функционируют мелкие лесозаготовительные и деревообрабатывающие производства, вследствие чего на территории скапливается довольно большое количество отходов, и локальное их применение может быть вполне оправданным.

НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Имеющийся потенциал возобновляемых энергоресурсов на территории ЦЭЗ в настоящее время практически не используется, за исключением мелких локальных объектов. Единственным относительно крупным объектом, введенным в эксплуатацию в ноябре 2012 г. в с. Онгурен (Иркутская область), стал энергокомплекс, включающий дизельную электростанцию и возобновляемые энергоис-

точники. Суммарная установленная мощность составляет 196 кВт, в том числе 100 кВт — дизельная электростанция, 81 кВт — фотоэлектрические модули и 15 кВт — ветроустановки. В течение 2013 г. 43 % электроэнергии, потребляемой в с. Онгурен, выработано возобновляемыми энергоисточниками, что позволило сэкономить более 40 т дизельного топлива. Данные по выработке электроэнергии служат иллюстрацией благоприятных условий использования фотоэлектрических модулей в летние месяцы [14].

В особой экономической зоне «Байкальская гавань» в с. Турка (Республика Бурятия), несмотря на то что объект подключен к электросистеме, в настоящее время для энергоснабжения административного здания функционирует энергокомплекс в составе ветрогенераторов (12 кВт), солнечной водонагревательной установки (0,216 Гкал/ч) и тепловых насосов (80,4 кВт). Двухконтурная солнечная установка используется для нужд горячего водоснабжения, в перспективе предполагается задействовать ее для отопления.

В то же время показатели имеющегося природного потенциала позволяют говорить о целесообразности его применения для целей электроснабжения потребителей, изолированных от энергосистем либо расположенных на протяженных распределительных линиях электропередачи, а также для теплоснабжения (в дополнение к эксплуатации котельных на органическом топливе). Однако следует подчеркнуть, что из-за неравномерности проявления в течение года потенциала природных энергоресурсов применение возобновляемых источников для энергоснабжения невозможно без энергоисточника на органическом топливе и системы аккумулирования энергии [15, 16].

Для улучшения условий электроснабжения децентрализованных потребителей, снижения опасности загрязнения акватории оз. Байкал и сокращения затрат на производство электроэнергии целесообразно использовать малые и мини-ГЭС, ветро- и фотоэлектрические станции. Малые водотоки никак не задействованы в гидроэнергетике рассматриваемых районов, но на них вполне возможно строительство малых и мини-ГЭС мощностью от десятков до сотен киловатт для электроснабжения небольших потребителей (например, расположенных на притоках р. Баргузин).

Самые благоприятные условия для строительства ветроэнергетических станций имеются в устьях Селенги и Баргузина, в Ольхонском районе, а также на турбазах побережья оз. Байкал. Хорошие условия для сооружения фотоэлектрических станций наблюдаются практически на всей территории зоны (например, пос. Хужир, с. Онгурен, турбазы на побережье).

Использование возобновляемых природных энергоресурсов целесообразно рассматривать и для решения проблемы загрязнения атмосферы вредными выбросами от котельных на угле (наряду с переводом их на экологически чистые энергоносители — электроэнергию или природный газ), поскольку имеются ограничения на применение того или иного вида энергоносителя в зависимости от транспортной и электросетевой схем. Практически на всей территории ЦЭЗ актуально применение систем солнечного теплоснабжения в качестве дополнительного источника к действующим котельным. В местах проявления термальных источников (в основном базы отдыха и санатории в Республике Бурятия) возможно как использование непосредственно тепла самих источников, так и применение на их основе тепловых насосов.

Также рационален перевод котельных на сжигание отходов лесозаготовки и деревообработки, в том числе в виде брикетов и пеллет. Значительное количество древесных отходов скапливается в Баргузинском районе Республики Бурятия, где активно ведутся лесозаготовки и деревообработка. В пгт Усть-Баргузин в настоящее время функционирует предприятие по производству древесных брикетов, которые сжигают на котельных поселка вместе с дровами или углем для улучшения процесса горения. В 2016 г. планируется перевод всех котельных Баргузинского района, расположенных на территории ЦЭЗ, на древесное топливо, в частности древесные брикеты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возобновляемая энергетика находит широкое применение практически во всех развитых странах. Основная причина этого — жесткое экологическое законодательство, быстро растущая цена и ограниченность топливных ресурсов. Лидирующие позиции в ветроэнергетике занимают Китай, США, Германия, Испания и Индия, на долю которых приходится около 75 % мощности ветроэлектростанций. До недавнего времени страны Европейского союза, прежде всего Германия, Италия и Испания, выступали в качестве лидеров и в солнечной энергетике, но в последние годы они уступают свои позиции США и Китаю.

Для использования возобновляемых источников энергии в ЦЭЗ БПТ имеются как ресурсные, так и экологические предпосылки, учитывая особый статус природоохранной территории. Малые гидроэлектростанции, ветро-, гелио- и геотермальные установки могут стать рациональным дополнением к существующим источникам энергии в ЦЭЗ, сокращая объемы потребляемого органического топлива и снижая тем самым выбросы загрязняющих веществ от объектов энергетики, что обуславливает дополнительный экологический эффект. Кроме того, использование возобновляемых источников энергии позволит повысить надежность и качество энергоснабжения потребителей, тем самым улучшив комфортность проживания населения и повысив привлекательность территории для туристических и рекреационных целей.

В то же время возобновляемые энергоисточники более капиталоемкие по сравнению с традиционными, что вызывает необходимость определять дополнительные факторы при обосновании их применения.

Все это обуславливает проведение более детальных исследований влияния экологических факторов при оценке сравнительной эффективности применения возобновляемых источников для энергоснабжения потребителей центральной экологической зоны Байкальской природной территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Федеральный закон** от 01.05.1999 г. № 94-ФЗ «Об охране озера Байкал» [Электронный ресурс]. — <http://base.garant.ru/2157025/> (дата обращения 01.12.2015).
2. **Сайт ФГУНПП «Росгеолфонд»**, Сибирский филиал [Электронный ресурс]. — www.geol.irk.ru (дата обращения 03.12.2015).
3. **Иванова И. Ю., Тугузова Т. Ф., Халгаева Н. А.** Возобновляемые природные энергоресурсы Байкальского региона и целесообразность их использования // География и природ. ресурсы. — 2011. — № 2. — С. 137–140.
4. **Иванова И. Ю., Тугузова Т. Ф., Халгаева Н. А.** Определение оптимальной мощности возобновляемого источника энергии для изолированного от энергосистемы потребителя // Изв. РАН. Сер. энергетика. — 2014. — № 3. — С. 22–28.
5. **Плюснин В. М., Владимиров И. Н.** Территориальное планирование центральной экологической зоны Байкальской природной территории. — Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2013. — 407 с.
6. **Атлас** распределения возобновляемых природных энергоресурсов в Прибайкалье / Ред. А. А. Кошелев. — Иркутск: Изд-во Ин-та систем энергетики СО РАН, 1999. — 54 с.
7. **Справочник** по климату СССР. Вып. 22: Иркутская область и западная часть Бурятской АССР. Ч. 3: Ветер / Отв. ред. Н. С. Брекен. — Л.: Гидрометеиздат, 1967. — 232 с.
8. **Справочник** по климату СССР. Вып. 23: Бурятская АССР и Читинская область. Ч. 3: Ветер / Отв. ред. И. М. Постовая. — Л.: Гидрометеиздат, 1967. — 188 с.
9. **Минин В. А., Рожкова А. А.** Оценка эффективности совместной работы дизельных электростанций с ветроэнергетическими установками // Электрические станции. — 2014. — № 6 (995). — С. 29–32.
10. **Справочник** по климату СССР. Вып. 22: Иркутская область и западная часть Бурятской АССР. Ч. 1: Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние / Отв. ред. Н. С. Брекен. — Л.: Гидрометеиздат, 1966. — 72 с.
11. **Справочник** по климату СССР. Вып. 23: Бурятская АССР и Читинская область. Ч. 1: Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние / Отв. ред. В. И. Залозная, Н. Г. Постникова. — Л.: Гидрометеиздат, 1966. — 64 с.
12. **Безруких П. П., Арбузов Ю. Д., Борисов Г. А.** Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. — СПб.: Наука, 2002. — 314 с.
13. **Dorofeeva R. P.** Geothermal regime and deep temperatures of the Siberian platform // Proceed. of World Geothermal Congress. Melbourne, Australia, 19–25 April 2015. — Melbourne: Melbourne Univ., 2015. — P. 1–7.
14. **Сайт ОГУЭП «Облкоммунэнерго»**, г. Иркутск [Электронный ресурс]. — <http://212.119.253.206> (дата обращения 10.02.2014).
15. **Lundsager P., Baring-Gould E. I.** Isolated systems with wind power // Wind power in power systems. — New York: John Wiley & Sons, Ltd., 2005. — P. 299–329.
16. **Hunter R., Elliot G.** Wind/diesel systems. — Cambridge: Cambr. Univ. Press, 1994. — 264 p.

Поступила в редакцию 28 декабря 2015 г.