

Повышение эффективности энергоснабжения в децентрализованной зоне с использованием возобновляемых природных энергетических ресурсов на примере Иркутской области

И.Ю. Иванова^a, Т.Ф. Тугузова^b, Н.А. Халгаева^c

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, ул. Лермонтова 130, Иркутск, Россия

^anord@isem.sei.irk.ru, ^btuguzova@isem.sei.irk.ru, ^ckhalgaeva@isem.sei.irk.ru

Статья поступила 28.12.2015, принята 19.01.2016

В статье дано краткое описание специфики и проблем энергоснабжения изолированных от энергосистемы (децентрализованных) потребителей в Иркутской области, получающих электроэнергию от дизельных электростанций. Основная проблема — это дальность и сезонность доставки топлива, что значительно увеличивает его стоимость для энергоисточников у таких потребителей. Одним из способов решения проблемы является использование возобновляемых природных энергоресурсов. В статье рассмотрено наличие потенциала ветро-, гелио- и гидроресурсов, проведено зонирование территории области по этим показателям. Большое значение для эффективного использования возобновляемых природных энергоресурсов, особенно для потребителей, изолированных от энергосистем, имеет распределение потенциала в течение года. Представлено характерное для рассматриваемой территории внутригодовое распределение средних скоростей ветра, прихода солнечной радиации и расхода воды в малых реках. Выявлено, что максимальное значение потенциала ветровой энергии приходится на осенне-зимний период, малых водотоков — на весенне-летний период, приход солнечной радиации имеет ярко выраженный летний максимум. Аргументирована целесообразность использования природных энергоресурсов с целью экономии дизельного топлива и снижения зависимости децентрализованных потребителей от его поставок. Приведен пример практического использования возобновляемого энергокомплекса в с. Онгурен Ольхонского района, рекомендованы первоочередные проекты по применению возобновляемых источников энергии различных типов, дана экономическая оценка их эффективности. Реализация этих проектов позволит не только снизить объем дорогостоящего дизельного топлива, но и повысить надежность и качество энергоснабжения потребителей, что в свою очередь скажется на комфортности проживания населения.

Ключевые слова: энергоснабжение; децентрализованные потребители; возобновляемые природные энергетические ресурсы; потенциал; целесообразность использования.

Enhancement of energy supply efficiency in a decentralized area through the use of renewable natural energy resources on the example of Irkutskaya oblast

I.Yu. Ivanova^a, T.F. Tuguzova^b, N.A. Khalgaeva^c

Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 130, Lermontov St., Irkutsk, Russia

^anord@isem.sei.irk.ru, ^btuguzova@isem.sei.irk.ru, ^ckhalgaeva@isem.sei.irk.ru

Received 28.12.2015, accepted 19.01.2016

The article outlines the specific features and problems of energy supply to the off-grid (decentralized) consumers on the example of Irkutskaya oblast that receive electric power from diesel power plants. The main problem here is distance and seasonal character of fuel supply which increases considerably the fuel cost for energy sources of such consumers. One of the ways to solve this problem is to use the renewable natural energy resources. Potential of renewable natural energy resources (wind, solar and water resources) is considered, and the territory of the oblast is zoned with respect to the potential. The distribution of the potential throughout the year is of great importance for the effective use of renewable energy resources, particularly for the off-grid consumers. The article presents a yearly distribution of the average wind speed, insolation and water flow rate in small rivers. The research has revealed that the wind power potential is maximal in autumn and winter, the potential of small water flows is maximal in spring and summer, and the maximum value of insolation is in summer. The research substantiates the efficiency for using these resources to economize on diesel fuel and reduce the dependence of the off-grid consumers on the supplies. An example of practical use of the renewable energy plant in the settlement of Onguren in the Olkhon region is presented, the first-priority projects of applying the renewable energy sources of different types are recommended, and the economic assessment of their efficiency is given. The implementation of these projects will make it possible not only to reduce the amount of the expensive diesel fuel but also improve the reliability and quality of energy supply to consumers, which in turn will make living conditions of the population more comfortable.

Key words: energy supply; off-grid (decentralized) consumers; renewable natural energy resources; potential; feasibility of the use.

Введение

Специфические природные и экономические условия труднодоступных и изолированных от энергосистемы потребителей Иркутской области с учетом ресурсной обеспеченности создают предпосылки для использования различных типов возобновляемых источников энергии (ВИЭ), которые в качестве дополнительных к имеющимся источникам энергоснабжения позволят сократить объемы потребляемого дизельного топлива.

Всего на территории области эксплуатируется более 60 автономных муниципальных дизельных электростанций (ДЭС) суммарной мощностью 13,8 МВт.

Одними из основных проблем энергоснабжения изолированных от энергосистемы потребителей являются дальняя транспортировка топлива, зависимость от его поставок и ограниченность сроков сезонного завоза. Все вышперечисленное приводит к значительному увеличению цен на топливо и как следствие к высокой себестоимости производства энергии. Так, по данным государственного унитарного энергетического предприятия «Облкоммунэнерго-Сбыт», в 2014 г. средняя цена дизельного топлива в Катангском районе составила 50 тыс. р. за тонну, а экономически обоснованный тариф на электроэнергию от автономных ДЭС у разных потребителей района оценивается от 12,89 до 22,36 р./кВт·ч. Население не в состоянии оплачивать такие высокие тарифы, в связи с чем из областного бюджета выделяются значительные средства на компенсацию выпадающих доходов энергообеспечивающих предприятий.

Возобновляемые природные энергоресурсы. Территория Иркутской области располагает значительным потенциалом различных видов возобновляемых природных энергетических ресурсов, в том числе ветро-, гидро-, гелио-, биоэнергетических и геотермальных. Территории и административные районы области существенно различаются по показателям потенциала, определяющим актуальность и относительные масштабы их использования, но являются перспективными для развития возобновляемой энергетики в децентрализованных зонах. Следует особо выделить зону оз. Байкал.

Необходимо подчеркнуть, что в силу неравномерности проявления потенциалов вышперечисленных видов энергоресурсов применение возобновляемых источников невозможно без дополнительного энергоснабжения на органическом топливе.

Ветроэнергетические ресурсы. Несмотря на то что валовой потенциал ветровой энергии области составляет 67 трлн кВт·ч, технически возможный потенциал оценивается лишь в 0,3 % от валового [1].

Основной характеристикой ветровых ресурсов является среднегодовая скорости ветра, определяемая по многолетним данным гидрометеостанций [2]. На рис. 1

представлено более подробное по сравнению с ранее выполненными исследованиями зонирование территории области по среднесезонным показателям ветропотенциала [3].

Наиболее важными показателями для обоснования использования ветропотенциала для целей энергоснабжения являются суммарная продолжительность стояния различных скоростей за расчетный период (год), которая используется при расчете возможной выработки ветрогенераторов, и суммарная продолжительность «энергетического штиля» (скорость менее 4 м/с), а также максимальное время и месяц его непрерывного стояния.

На большей части территории средняя годовая скорость ветра на высоте флюгера не превышает 3 м/с при длительности стояния «энергетического штиля» около 40 % времени в году. В южных районах этот показатель несколько ниже — 30 % (с. Головинское, пос. Сарам), в северных в среднем составляет 50 % (с. Червянка, пос. Перевоз), а в некоторых пунктах достигает 80 % (пос. Конкудера) [2].

Большая продолжительность штилей, как правило, наблюдается в местах с меньшей среднегодовой скоростью ветра в северной части области. На побережье Байкала имеются пункты, где штиль составляет 8-10 % (пос. Узур), а в таких, как с. Онгурен, вообще отсутствует. Ветровой режим зимнего периода характеризуется более высокой повторяемостью штилей. Значительные средние скорости ветра в зимний период отмечаются только на самом побережье оз. Байкал.

Следует отметить, что в приземном слое атмосферы скорость ветра обычно возрастает с высотой. Для условий открытой местности на высоте 25 м средняя скорость ветра в 1,2 раза, а на высоте 50 м — в 1,3-1,4 раза больше, чем на высоте 10 м (средняя высота флюгера). Однако даже такое увеличение скорости ветра с высотой существенно не меняет энергетическую оценку ветрового режима.

Таким образом, для территории в целом характерны незначительные показатели ветропотенциала, и Иркутская область относится к числу неперспективных для широкого его использования. Исключение составляют отдельные пункты, расположенные в Ольхонском районе, где среднегодовые скорости ветра составляют порядка 6 м/с.

Именно в зоне оз. Байкал наблюдается и значительное повышение среднемесячной скорости ветра в осенне-зимний период (рис. 2), что является положительным фактором при обосновании использования ветропотенциала для электроснабжения изолированных потребителей, поскольку подобное распределение в течение года в большей степени соответствует их коммунально-бытовому графику потребления электроэнергии, также имеющему зимний максимум.

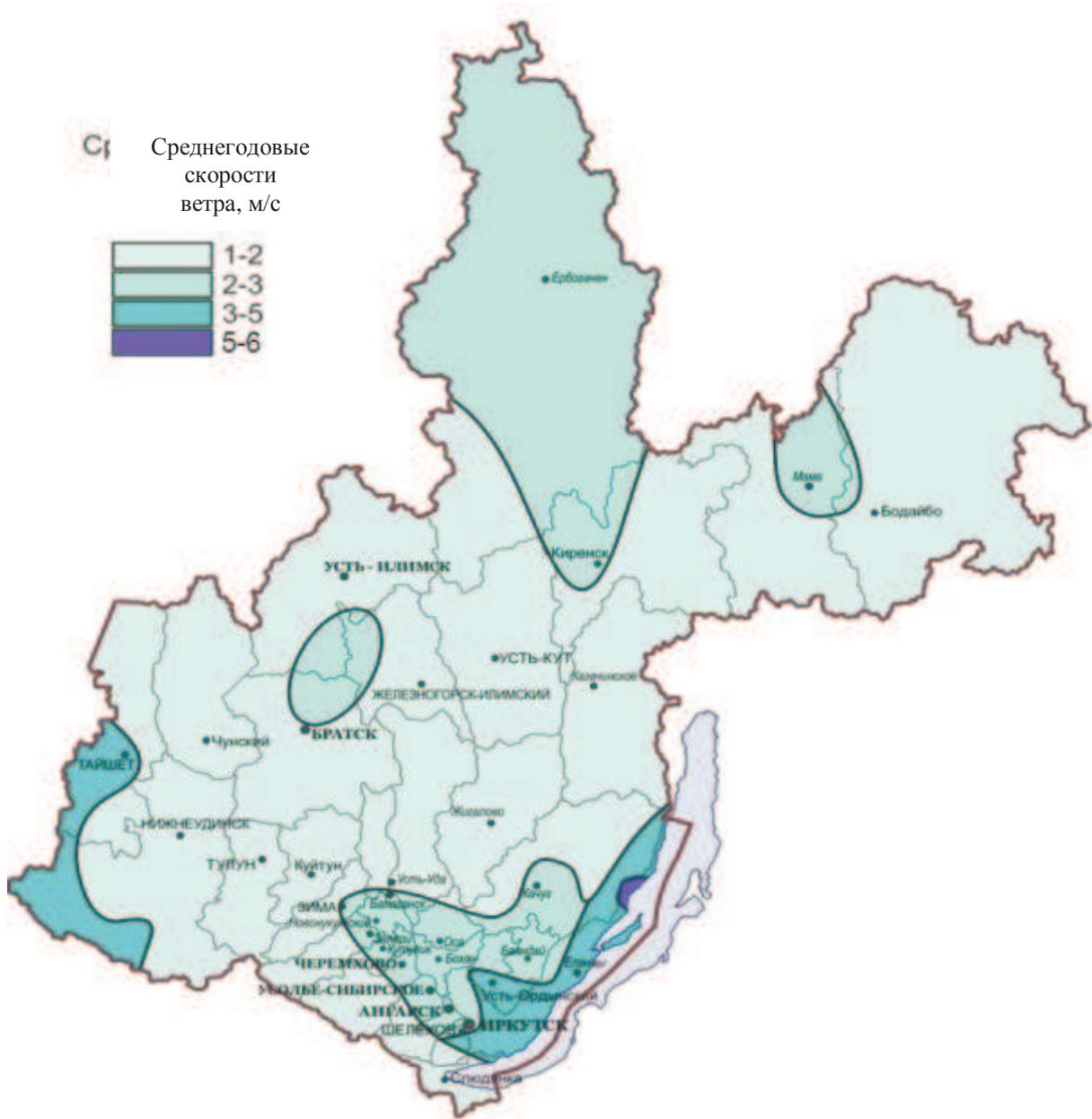


Рис. 1. Зонирование территории области по показателям ветропотенциала

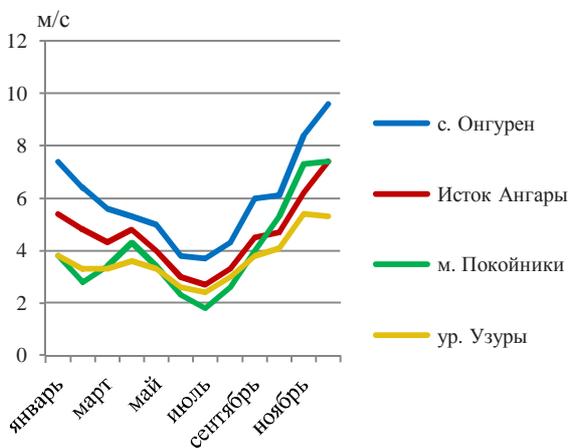


Рис. 2. Распределение в течение года среднемесячных скоростей ветра

Ресурсы солнечной энергии. Гелиоэнергетический потенциал области оценивается в 107 млрд т у. т., что составляет лишь 5 % от общероссийского и 20 % от суммарного показателя по Восточной Сибири. Технически возможный потенциал солнечной энергии области значительно ниже — 470 млн т у. т. [1].

Гелиоресурсы характеризуются показателями прихода суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность и продолжительностью солнечного сияния. На рис. 3 представлено зонирование территории области на основе анализа среднееголетних значений этих показателей [4].

Распределение годового прихода солнечной радиации по территории носит достаточно обусловленный поясной характер. Диапазон изменения составляет от менее 1 000 кВт·ч/м² на севере рассматриваемой территории (пос. Ербогачен, Преображенка) до 1 300 кВт·ч/м² в южной части (пос. Хужир, Сарма). В суммарной радиации

весьма значительна доля рассеянной радиации, которая летом повсеместно составляет около 40 %. Зимой этот показатель еще выше.

Среди факторов, значительно снижающих солнечную радиацию, следует отметить не только облачность, но и антропогенное загрязнение атмосферы. Совокупность этих факторов снижает величину солнечного излучения, достигающего поверхность земли, на 10–15 %, а в отдельных случаях — до 35 % [4].

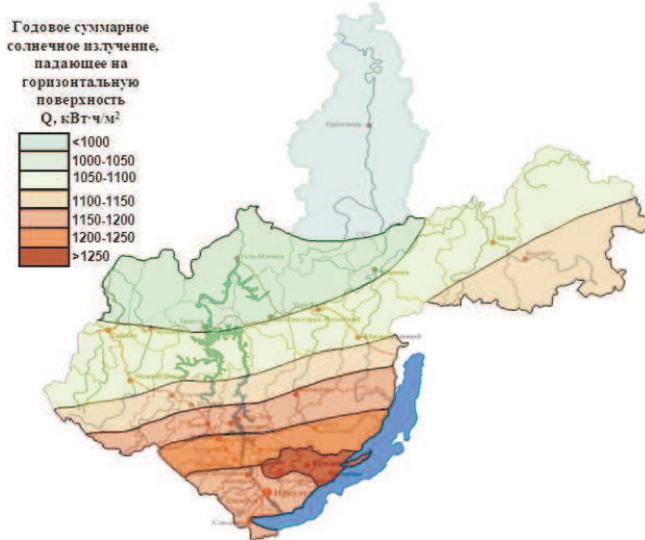


Рис. 3. Зонирование территории области по показателям гелиопотенциала

Характер распределения гелиопотенциала в течение года имеет ярко выраженный весенне-летний максимум и практически не зависит от широтного расположения пунктов (рис. 4). Максимальные значения среднемесячного прихода солнечной радиации на горизонтальную поверхность изменяются в небольшом диапазоне от 155 до 190 кВт·ч/м² для северных и южных территорий соответственно.

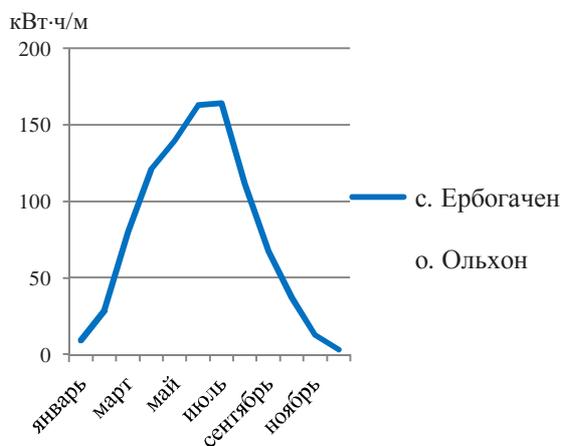


Рис. 4. Распределение в течение года среднемесячного прихода солнечной радиации на горизонтальную поверхность

Другой важной характеристикой радиационных условий местности является продолжительность солнеч-

ного сияния. Основные определяющие факторы — это долгота дня и режим облачности. Продолжительность солнечного сияния составляет менее 1 500 ч на севере области и достигает на юго-востоке 2 200 ч в год. В котловине оз. Байкал приход и продолжительность солнечного сияния увеличиваются в связи со сравнительно меньшей облачностью и повышенной общей прозрачностью атмосферы.

Наименьшее месячное число часов солнечного сияния отмечается в ноябре — январе (16–108 ч в мес), а наибольшее — в апреле — июле (200–300 ч в мес), когда при длительном световом дне облачность невелика [4].

Как наиболее перспективную территорию области для использования с целью энергоснабжения следует рассматривать зону оз. Байкал, где среднегодовой приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность достигает 1 300 кВт·ч/м², количество часов солнечного сияния — свыше 2 200 в год, что сопоставимо с южными областями России.

В то же время в связи с существенным различием (в десятки раз) показателей гелиопотенциала в течение года и явно выраженным летним максимумом использование его на цели энергоснабжения децентрализованных потребителей невозможно без энергоисточника, обеспечивающего выработку энергии в осенне-зимний период.

Гидроэнергетические ресурсы. На территории области имеется большое количество малых рек, а также ручьев, располагающих существенным гидроэнергетическим потенциалом.

Валовой гидроэнергетический потенциал малых водотоков области оценивается в 65,3 млрд кВт·ч. Технически возможный потенциал составляет треть от валового, что свидетельствует о достаточно высокой подготовленности малой гидроэнергетики к практическому применению [1].

Для большинства районов Иркутской области характерна повышенная плотность стока поверхностных вод при весьма густой сети водотоков разной мощности, в том числе относительно коротких рек с высокой скоростью течения. Это объясняется преобладанием горного рельефа, для которого свойственны большие уклоны речных долин. Исключения составляют реки Катангского района, которые характеризуются малым уклоном русла (0,4–0,7 ‰), но довольно многоводны. Скорость течения рек в этом районе незначительна — от 0,2 м/с в зимний период до 0,5 м/с летом [5].

Почти для всех небольших рек области присущи высокие амплитуды колебаний стока, причем кроме весеннего паводка достаточно часто бывают летние и осенние повышения стока, вызванные не только дождями, но и связанным с ними таянием снегов в истоках рек.

Для этих рек наблюдается значительное снижение среднемесячного расхода воды зимой — в десятки раз по сравнению с летним периодом (рис. 5).

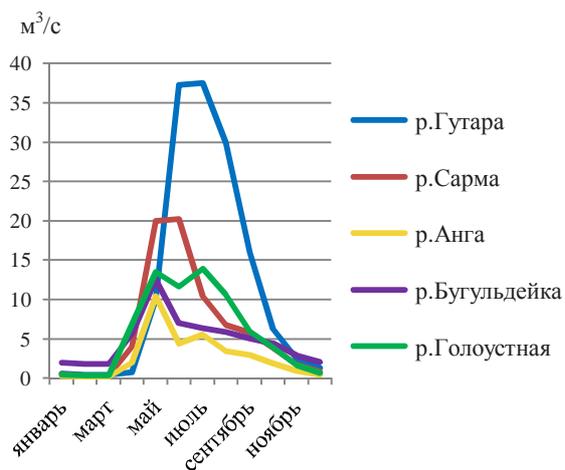


Рис. 5. Распределение в течение года среднемесячных расходов воды

Наименьшие значения потенциала речного стока приходится на холодный период года, когда потребность в электроэнергии наибольшая. Несмотря на это, большинство малых рек даже в северных районах области, покрываясь льдом в зимний период, полностью не замерзают, и оставшаяся часть стока может использоваться для выработки электроэнергии.

В связи с этим территория области представляется зоной приоритетного развития малой гидроэнергетики, где возможно сооружение малых и мини-гидроэлектростанций (МГЭС) различных типов, работающих автономно или в комплексе с другими энергоисточниками. При этом целесообразно сооружение как бесплотинных МГЭС (деривационных и русловых), так и плотинных мощностью до нескольких мегаватт, рассчитанных на пропуск основной части весеннего паводка и сглаживание пиков летних и осенних паводков.

Практическое использование. В настоящее время имеющийся потенциал возобновляемых природных энергоресурсов на территории Иркутской области практически не используется. Исключением является введенный в эксплуатацию в ноябре 2012 г. в с. Онгурен (Ольхонский район) пилотный энергокомплекс, куда входят дизельная электростанция и ветросолнечные установки [6]. Село находится в труднодоступной местности и не имеет централизованного энергоснабжения. Установленная мощность на 2013–2014 гг. составила для ДЭС 100 кВт, ветроэнергетических установок — 15 кВт, солнечной электрической станции — 81 кВт.

График выработки электроэнергии, представленный на рис. 6, иллюстрирует достаточно высокую долю фотоэлектрических модулей в летние месяцы. Ветроустановки из-за малой величины установленной и еще меньшей располагаемой мощности практически не участвуют в покрытии потребности в электроэнергии с. Онгурен.

В течение 2013 г. 43 % электроэнергии, потребленной в с. Онгурен, было выработано возобновляемыми энергоисточниками, что позволило сэкономить порядка 43 т дизельного топлива.

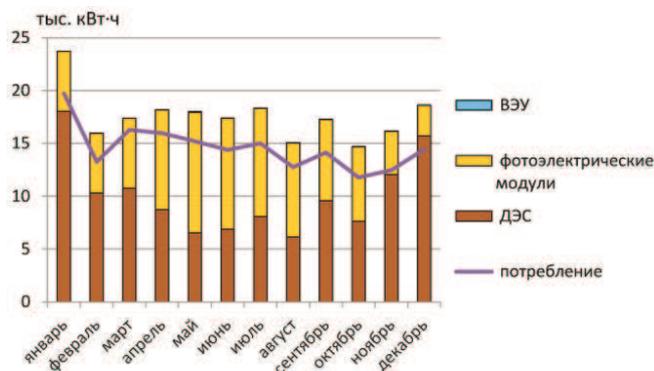


Рис. 6. График выработки электроэнергии энергокомплексом в течение 2013 г.

Таким образом, использование возобновляемых природных энергоресурсов для энергоснабжения децентрализованных потребителей Иркутской области позволит не только снизить зависимость от поставок топлива, но и получить экономический и социальный эффект, повысить надежность и качество энергоснабжения потребителей.

Результаты исследований

Проведенные исследования по оценке ресурсного потенциала позволили для каждого вида возобновляемого энергоресурса сделать следующие выводы о целесообразности использования:

- потенциала малых водотоков — для развития малой гидроэнергетики с сооружением малых и мини-ГЭС различных типов, работающих в комплексе с другими энергоисточниками, практически на всей территории области;
- ветроэнергетического потенциала — в отдельных пунктах на побережье оз. Байкал;
- гелиоэнергетического потенциала — в центральных и южных районах области, на побережье оз. Байкал и о. Ольхон.

Анализ проведенных технико-экономических расчетов эффективности проектов сооружения различных типов возобновляемых источников энергии (ВИЭ) показывает, что перспективными районами размещения для энергоснабжения децентрализованных потребителей на территории Иркутской области являются:

- МГЭС руслового типа — Казачинско-Ленский район;
- МГЭС деривационного типа — Усть-Кутский и Нижнеудинский (Тофалария) районы;
- МГЭС без концентрации напора — Катангский район;
- ветро- и гелиоустановок — прибрежные территории Иркутского и Ольхонского районов (рис. 7) [7].

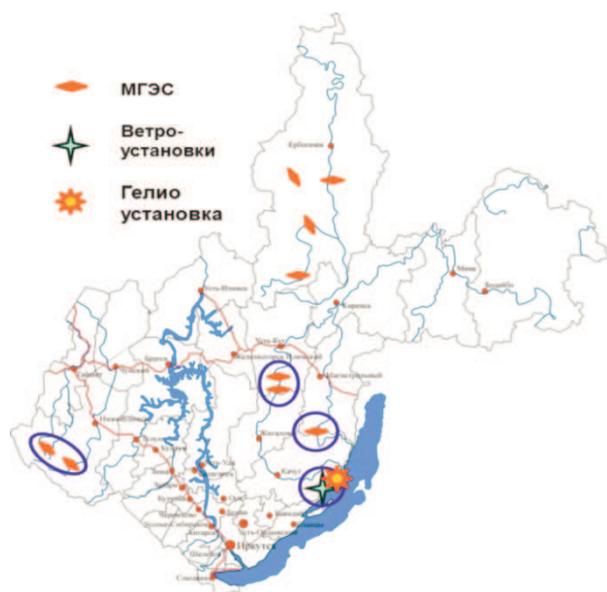


Рис. 7. Перспективные зоны размещения ВИЭ на территории Иркутской области

Суммарная установленная мощность рекомендованных возобновляемых источников энергии составляет немногим более 1,5 МВт. Реализация проектов потребует около 350 млн р. инвестиций (в ценах конца 2015 г.) и позволит ежегодно вытеснять из топливного баланса почти 1 тыс. т дизельного топлива. Срок окупаемости проектов за счет экономии топлива при условии фиксированного тарифа на электроэнергию оценивается в 8-9 лет.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 14-48-04139-р_сибирь_a

Литература

1. Безруких П.П. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива (показатели по территориям). М.: ИАЦ «Энергия», 2007. 272 с.
2. 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.

3. Иванова И.Ю., Тугузова Т.Ф., Халгаева Н.А. Возможности возобновляемых природных энергетических ресурсов в Иркутской области // Энергия: экономика, техника, экология. 2010. № 10. С. 20-27.

4. 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.

5. Кошелев А.А., Шведов А.П. Потенциальные возможности вовлечения возобновляемых природных ресурсов в топливно-энергетический баланс Иркутской области. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 1998. 64 с.

6. Облкоммунэнерго [Электронный ресурс]. Иркутск: сайт ОГУЭП. URL: <http://212.119.253.206/> (дата обращения: 05.07.2014).

7. Иванова И.Ю., Тугузова Т.Ф., Халгаева Н.А. Ресурсные предпосылки и эффективность использования возобновляемых источников энергии // Топливо-энергетический комплекс Иркутской области: современное состояние и перспективы развития: сб. науч. ст. М., 2013. С. 239-265.

References

1. Bezrukikh P.P. The Handbook on resources of renewables of Russia and local types of fuel (indicators across territories). M.: IATs «Energiya», 2007. 272 p.
2. Guide to Climate of the USSR. Vol. 22. Irkutsk region and the western part of the Buryat Republic. Pt. 3. Wind / отв. red. N.S. Breken. L.: Gidrometeoizdat, 1967. 232 p.
3. Ivanova I.Yu., Tuguzova T.F., Khalgaeva N.A. The possibilities of renewable natural energy resources in the Irkutsk region // Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya. 2010. № 10. P. 20-27.
4. Guide to Climate of the USSR. Vol. 22. Irkutsk region and the western part of the Buryat Republic. Pt. 1: Solar radiation, radiation balance and sunshine / отв. red. N.S. Breken. L.: Gidrometeoizdat, 1966. 72 p.
5. Koshelev A.A., Shvedov A.P. Potential opportunities of involvement of renewable natural resources in fuel and energy balance of the Irkutsk region. Irkutsk: ISEM SO RAN, 1998. 64 p.
6. Oblkommunenergo [Elektronnyi resurs]. Irkutsk: sait OGUPEP. URL: <http://212.119.253.206/> (data obrashcheniya: 05.07.2014).
7. Ivanova I.Yu., Tuguzova T.F., Khalgaeva N.A. Resource prerequisites and the effectiveness of the use of renewable energy resources // Toplivno-energeticheskii kompleks Irkutskoi oblasti: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya: sb. nauch. st. M., 2013. P. 239-265.