

---

УДК 620.97 (571.54) (517.3)

*Регион: экономика и социология, 2020, № 2 (106), с. 259–280*

**Б.Г. Санеев, И.Ю. Иванова, Н.А. Халгаева,  
С. Батмунх, Г. Пурэвдорж, Ц. Онормаа**

**РЕСУРСНЫЕ И ЭНЕРГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ  
ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ  
НА ТРАНСГРАНИЧНОЙ ТЕРРИТОРИИ  
«БАЙКАЛ-ХУБСУГУЛ»**

*В статье кратко описано состояние электроснабжения трансграничной территории «Байкал-Хубсугул», охватывающей Тункинский район Республики Бурятия и аймак Хувсгел Монголии. Электроснабжение здесь осуществляется по протяженной радиальной линии электропередачи и характеризуется слабой надежностью и низким уровнем напряжения у потребителей. Территория имеет особый статус природопользования в связи с наличием рекреационных зон и примыкающих друг к другу крупных национальных парков России и Монголии. Для развития систем электроснабжения на этой территории авторы предлагают использовать возобновляемые источники энергии, что является одним из стратегических направлений российско-монгольского сотрудничества в энергетической сфере. В статье дана краткая характеристика состояния возобновляемой энергетики на территориях Республики Бурятия и Монголии и нормативных актов стимулирования ее развития. Проведен анализ обеспеченности этих территорий гелио- и ветроэнергетическими ресурсами. Выполнено зонирование трансграничной территории «Байкал-Хубсугул» по показателям солнечной радиации и среднегодовой скорости ветра. Из сравнения расчетных показателей функционирования фотоэлектрического модуля и ветроустановки для условной рассматриваемой территории сделан вывод о приоритетности использования солнечных электростанций.*

**Ключевые слова:** особо охраняемые природные территории; солнечная радиация; средняя скорость ветра; фотоэлектрический модуль; ветроэнергетическая установка; выработка электроэнергии; коэффициент использования установленной мощности; нормированная стоимость электроэнергии

**Для цитирования:** Санеев Б.Г., Иванова И.Ю., Халгаева Н.А., Батмунх С., Пурэвдорж Г., Онормаа Ц. Ресурсные и энерго-экономические предпосылки использования возобновляемых источников энергии на трансграничной территории «Байкал-Хубсугул» // Регион: экономика и социология. – 2020. – № 2 (106). – С. 259–280. DOI: 10.15372/REG20200211.

## ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Национальные интересы России и Монголии требуют активизации их взаимовыгодного энергетического сотрудничества [5]. В последнее время на межправительственном уровне широко обсуждаются приоритетные направления сотрудничества двух стран в электроэнергетике<sup>1</sup>.

Проекты создания крупных тепловых электростанций и гидроэлектростанций в Монголии предполагают привлечение высококвалифицированных специалистов из разных стран мира, в том числе из России. Кроме того, предусматривается сотрудничество в области поставок современного энергетического оборудования.

Другим направлением сотрудничества Монголии и России в электроэнергетике являются проекты создания межгосударственной электроэнергетической системы Россия – Монголия – Китай и формирования Азиатской электроэнергетической суперсети [2; 4]. Сооружаемые в этих целях трансграничные линии электропередачи могут использоваться как для экспорта электроэнергии из России, так и для объединения электроэнергетических систем стран на совмест-

---

<sup>1</sup> См., например: *Протокол* 22-го заседания Межправительственной Российско-Монгольской комиссии по торгово-экономическому и научно-техническому сотрудничеству от 30 мая 2019 г. – Улан-Батор, 2019.

ную (или параллельную) работу и для формирования общих рынков электроэнергии и мощности.

В Монголии большое внимание в последние годы уделяется развитию возобновляемой энергетики. Территория страны располагает значительным потенциалом возобновляемых природных энергоресурсов. Важным аспектом развития в этой сфере является использование энергии солнца<sup>2</sup>. Наиболее перспективный участок размещения солнечной электростанции – регион Гоби<sup>3</sup>.

Одним из перспективных направлений российско-монгольского сотрудничества представляются совместные исследования возможностей использования возобновляемой энергетики в природоохранной зоне Байкало-Хубсугульского бассейна, обладающей значительным ветро- и гелиопотенциалом. Бассейны озер Байкал и Хубсугул занимают центральную часть трансграничного российско-монгольского пространства, являются уникальным природным образованием и характеризуются богатейшим природным и историко-культурным разнообразием территории [15].

Бассейн оз. Хубсугул является одним из основных источников р. Селенги – основного притока оз. Байкал, поэтому системы двух озер взаимосвязаны, они имеют схожие гидрологический режим и минеральный состав воды. Для обеспечения безопасности уникальной экологической системы озер создана сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ) как со стороны России, так и со стороны Монголии [6; 10]. В настоящее время ООПТ активно вовлекаются в экотуризм и интегрируются в сферу социально-экономического развития: внедряются новые экономические механизмы их функционирования, увеличивается бюджетное финансирование, расширяется участие в природоохранных проектах, финансируемых междуна-

---

<sup>2</sup> См.: *Law of Mongolia on Renewable Energy*. – URL: <http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/laws/1464%20English.pdf>.

<sup>3</sup> См.: *Gobi TEC and Asian Super Grid for Renewable Energies in Northeast Asia* / Samadov Z., Sangajav B., Saneev B. et al. – Brussel: Energy Charter, 2013. – URL: [https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Thematic/Gobitec\\_and\\_the\\_Asiatic\\_Supergrid\\_2014\\_en.pdf](https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Thematic/Gobitec_and_the_Asiatic_Supergrid_2014_en.pdf).

родными организациями, осуществляются реорганизация и укрупнение [6; 7].

Особое значение для развития взаимовыгодного российско-монгольского сотрудничества имеет трансграничная территория «Байкал-Хубсугул», в пределах которой расположены примыкающие друг к другу национальные парки Тункинский и Хубсугульский. Тункинский национальный парк площадью более 1183 тыс. га охватывает весь Тункинский район Республики Бурятия. Хубсугульский национальный парк площадью более 1106 тыс. га занимает почти 27% территории аймака Хувсгел Монголии<sup>4</sup>. Национальные парки являются особо охраняемыми природными экосистемами, и их уникальность требует бережного обращения при хозяйственном использовании. В последние годы на этой трансграничной территории наблюдается возрастающая туристическая активность в связи с развитием зон рекреации, экотуризма и оздоровления.

Электроснабжение потребителей на российской части трансграничной территории в Тункинском районе Республики Бурятия осуществляется по протяженной одноцепной линии электропередачи напряжением 110 кВ Култук – Кырен – Зун-Мурино – Монды филиала ПАО «МРСК Сибири» – «Бурятэнерго» с продолжением в Окинский район республики до подстанции Самарта. Потребители, расположенные на территории национального парка Хубсугульский, обеспечиваются электроэнергией от этой линии электропередачи по межгосударственной ЛЭП 10 кВ Монды – Ханх (рис. 1) протяженностью 35 км российским оператором экспорта/импорта электроэнергии ПАО «Интер РАО». Имеются и удаленные потребители, в основном туристические объекты и стоянки скотоводов, которые снабжаются электроэнергией от дизельных электростанций.

Резервные линии электропередачи на рассматриваемой территории отсутствуют. Восстановительные работы осложняются горным рельефом местности и большой протяженностью ЛЭП. Районы относятся к малоосвоенным и труднодоступным местам Республики Бурятия. В целом система электроснабжения потребителей в пределах

---

<sup>4</sup> По данным Управления по охране природы и туризму аймака Хувсгел.



Рис. 1. Электроснабжение монгольской части трансграничной территории «Байкал-Хубсугул»

трансграничной территории «Байкал-Хубсугул» характеризуется низкой надежностью и низким уровнем напряжения у потребителей [13].

Потребители, расположенные на территории, примыкающей к оз. Хубсугул с восточной, западной и южной сторон, снабжаются от центральной энергосистемы Монголии по ЛЭП Булган – Мурэн – Хатгал напряжением 110/35 кВ общей протяженностью 298 км и далее по распределительным сетям напряжением 6, 10 и 15 кВ (см. рис. 1). Потребность в электроэнергии в данной местности превышает пропускную способность электрических сетей. Кроме того, мощность передачи по ЛЭП Булган – Мурэн, соединяющей аймак с центральным районом Монголии, в настоящий момент увеличить невозможно как в техническом, так и в технологическом плане.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

С учетом рекреационного статуса рассматриваемой территории и наличия особо охраняемых природных территорий для развития туристической инфраструктуры здесь необходимо развивать систему энергоснабжения с приоритетом проектов, предполагающих минимальное воздействие на окружающую среду, прежде всего проектов

возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Эта отрасль энергетики в последние годы растет довольно быстро как на территории Монголии, так и на территории Республики Бурятия.

К концу 2018 г. установленная мощность генерации на основе ВИЭ в Монголии составила 250 МВт, из них на ветроэлектростанции (ВЭС) приходилось 156 МВт, на солнечные электростанции (СЭС) – 63 МВт, на малые ГЭС – 31 МВт [14; 16]. Уже много лет успешно эксплуатируются ветрогенераторы единичной мощностью 1,6 МВт в резко континентальных климатических условиях центральной зоны Монголии, что является весьма важным опытом для использования ветроэнергетических ресурсов в большой энергетике. Традиционными стали установки ВИЭ малой мощности для распределенной генерации непосредственно у потребителей.

Поддержка развития ВИЭ на государственном уровне в Монголии закреплена в Национальной программе по возобновляемым источникам энергии, а также в таких перспективных документах, как Государственная энергетическая стратегия, разрабатываемый директивный документ «Монголия до 2050 г.», Программа устойчивого развития Монголии в XXI веке, Концепция регионального развития и Консолидированная программа развития энергосистемы Монголии. Закон «О возобновляемой энергии»<sup>5</sup> от 2007 г. направлен на повышение доли ВИЭ в общем предложении первичной энергии до 3–5% к 2010 г., до 20% к 2020 г. и до 30% к 2030 г. Для достижения поставленных целей законом установлены поддерживающие тарифы на электроэнергию для ВИЭ-генерации, обеспечивающие экономическую эффективность проектов [17]. Планируются и в дальнейшем как ввод крупных генерирующих объектов, так и сооружение малых объектов в удаленных поселениях.

В Республике Бурятия установленная мощность ВИЭ в 2019 г. составила 70 МВт. Возобновляемая энергетика на территории республики развивается преимущественно в направлении использования энергии солнца. Ветроэнергетические установки большой мощности

---

<sup>5</sup> См.: *Law of Mongolia on Renewable Energy*.

в республике отсутствуют. Малые ГЭС находятся лишь на стадии проектирования<sup>6</sup>.

Согласно Концепции внедрения и использования альтернативных источников энергии реализация единого системного подхода к обеспечению электро- и теплоснабжения населенных пунктов с использованием ВИЭ в Республике Бурятия выступает одним из важных элементов ее устойчивого социально-экономического развития, улучшения экологической обстановки в регионе и повышения его инвестиционной привлекательности. Основой реализации проектов ВИЭ в Республике Бурятия является в настоящее время и будет являться в перспективе механизм договора о предоставлении мощности, направленный на стимулирование развития ВИЭ-генерации в России. Приоритет в республике отдается прежде всего использованию солнечной энергии: совокупная мощность сооружаемых СЭС к 2022 г. должна составить 145 МВт. Ветрогенерация будет развиваться преимущественно в направлении использования установок малой мощности.

С учетом всего вышеизложенного целью настоящего исследования является сравнительный анализ показателей ветро- и гелиоэнергетического потенциала на трансграничной территории «Байкал-Хубсугул» для оценки целесообразности применения возобновляемых источников энергии как одного из перспективных направлений российско-монгольского сотрудничества в энергетической сфере в зонах особого природопользования. Работа выполняется совместно сотрудниками научных организаций двух стран в рамках международного проекта РФФИ и Министерства ОКНиС Монголии.

## **ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ПРИРОДНЫМИ РЕСУРСАМИ**

**Гелиоэнергетический потенциал.** В прибрежных районах оз. Байкал суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность изменяется от 1100 кВт·ч/кв. м на севере до 1250 кВт·ч/кв. м на

---

<sup>6</sup> URL: <http://gisre.ru/maps/maps-obj/mges> .

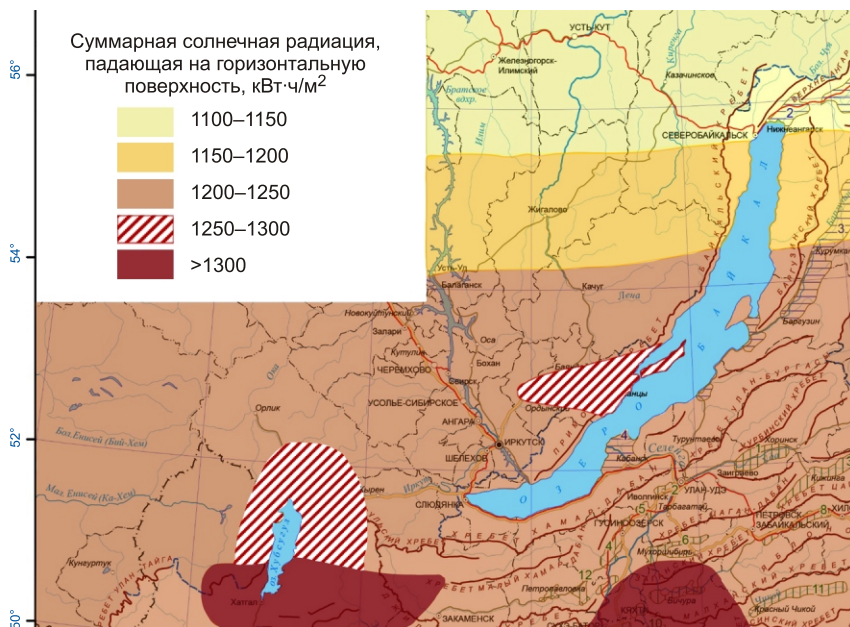


Рис. 2. Зонирование территории по среднегодовым показателям гелиопотенциала

юге с увеличением в локальных зонах до 1300 кВт·ч/кв. м [11; 12]. Повышенные показатели гелиопотенциала наблюдаются и на трансграничной территории «Байкал-Хубсугул», особенно в местности, граничащей с Монголией, и в северной части оз. Хубсугул (рис. 2)<sup>7</sup>. На юге оз. Хубсугул годовой уровень солнечной радиации, по оценкам [14], превосходит 1300 кВт·ч/кв. м. Ранее проведенные исследования [1] показали, что в районе оз. Хубсугул годовой приход прямой солнечной радиации на перпендикулярную поверхность при реальной облачности составляет 1450–1480 кВт·ч/кв. м.

Для получения значений солнечной радиации, поступающей на поверхность, расположенную под углом, равным широте местности

<sup>7</sup> См.: NASA Power. – URL: <https://power.larc.nasa.gov/> .



Таблица 1

Среднегодовые показатели гелипотенциала, кВт·ч/кв. м в год

Пункт	Суммарная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность*	Расчетная суммарная радиация, поступающая на наклонную поверхность под углом широты местности
<i>Россия (Республика Бурятия)</i>		
Монды	1295	1720
Сорок	1224	1624
Орлик	1229	1625
Хужир	1229	1602
<i>Монголия (аймак Хувсгел)</i>		
Ханх	1295	1711
Рэнчинлумбэ	1287	1698

Источник: \* NASA Power. – URL: <https://power.larc.nasa.gov/>.

рассматриваемого пункта, использована авторская расчетная модель, реализующая общепринятые методики [9]. Суммарные значения этих показателей для пунктов трансграничной территории оцениваются в диапазоне 1600–1720 кВт·ч/кв. м (табл. 1).

**Ветроэнергетический потенциал.** По имеющимся оценкам<sup>8</sup>, среднегодовая скорость ветра на трансграничной территории «Байкал-Хубсугул» на высоте 10 м составляет 3,3–3,6 м/с. По справочным данным [11; 12], показатели ветропотенциала на российской части территории еще ниже. В таблице 2 приведены среднегодовые скорости ветра для некоторых пунктов по данным различных источников информации. На рисунке 3 представлено зонирование по показателю ветропотенциала российской части территории по данным справочников [11; 12] и прибрежных районов оз. Хубсугул по данным NASA Power.

<sup>8</sup> См.: NASA Power.

Таблица 2

**Среднегодовые показатели ветроэнергетического потенциала, м/с**

Пункт	Скорость ветра*	Скорость ветра**	Скорость ветра***
<i>Россия (Республика Бурятия)</i>			
Монды	3,3	2,4	2,6
Сорок	3,6	–	–
Орлик	3,6	1,5	1,7
Хужир	3,5	–	–
<i>Монголия (аймак Хувсгэл)</i>			
Ханх	3,4	–	–
Рэнчинлүмбэ	3,5	–	–

Источники: \* NASA Power (URL: <https://power.larc.nasa.gov/>); \*\* [11]; \*\*\* [12].

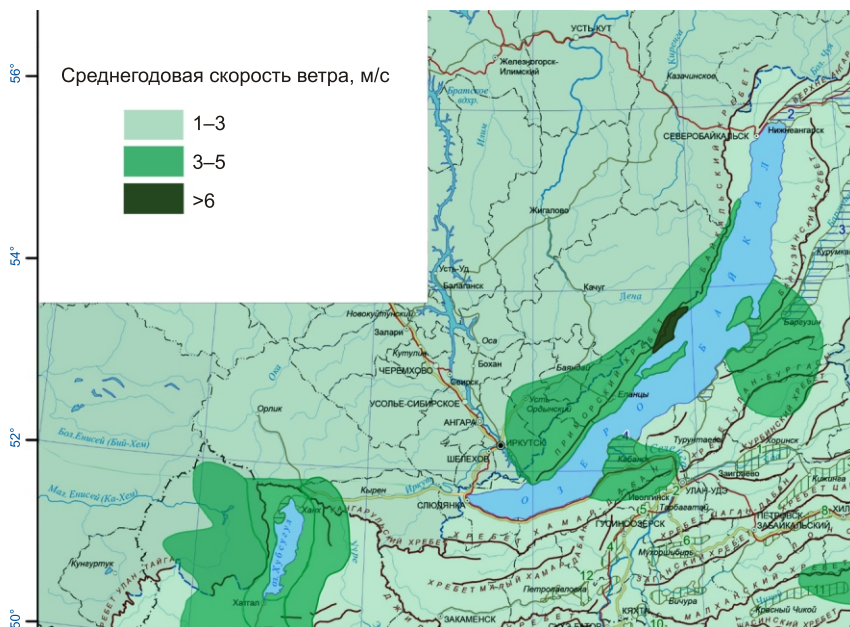


Рис. 3. Зонирование территории по показателям ветропотенциала на высоте 10 м

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Для сравнения технологий производства электроэнергии на основе ВИЭ рассмотрены ветроэнергетические установки (ВЭУ) и солнечные электростанции на основе фотоэлектрических модулей (ФЭМ). Чтобы получить сравниваемые показатели ВИЭ, были выбраны ветроустановка и фотоэлектрический модуль, имеющие средние технико-экономические характеристики.

Оценка выработки электроэнергии и коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) солнечной электростанции выполнена для модели фотоэлектрических модулей AST-240 Multi со следующими техническими характеристиками: максимальная мощность – 240 Вт, КПД – 14,8%, размеры (Д Ш В) – 1640 992 40 мм. В таблице 3 приведены значения основных показателей функционирования ФЭМ в некоторых пунктах территории, полученные с использованием имеющейся у авторов расчетной модели, которая учи-

Таблица 3

### Оценка основных показателей функционирования фотоэлектрического модуля, установленного под углом широты местности

Пункт	Среднегодовая выработка электроэнергии одним ФЭМ, кВт·ч	Коэффициент использования установленной мощности, %
<i>Россия (Республика Бурятия)</i>		
Монды	414	19,7
Сорок	391	18,6
Орлик	391	18,6
Хужир	386	18,3
<i>Монголия (аймак Хувсгэл)</i>		
Ханх	412	19,6
Рэнчинлүмбэ	409	19,4

тывает природные показатели гелиопотенциала и технические характеристики модуля. Коэффициент использования установленной мощности ФЭМ в рассматриваемых районах находится на сравнительно высоком уровне – в пределах 18,3–19,7%.

Оценки выработки электроэнергии и КИУМ ветроэлектростанции выполнены для модели ВЭУ Aeolos-H 20 со следующими техническими характеристиками: номинальная мощность – 20 кВт, стартовая скорость – 3 м/с, номинальная скорость – 10 м/с, высота ветробашни – 12 м. В таблице 4 приведены значения основных показателей функционирования ВЭУ в некоторых пунктах территории, полученные с использованием расчетной модели, учитывающей вероятности повторяемости скоростей ветра по градациям в течение года, рабочую характеристику ветроустановки и увеличение скорости ветра на высоте ветробашни [8]. Коэффициент использования установленной мощности ВЭУ в рассматриваемых районах достаточно низкий – ниже 10,4%.

В таблице 5 представлены оценки нормированной стоимости электроэнергии при ее производстве фотоэлектрическим модулем

Таблица 4

**Оценка основных показателей функционирования ветроэнергетической установки**

Пункт	Среднегодовая выработка электроэнергии одной ВЭУ, тыс. кВт·ч	Коэффициент использования установленной мощности, %
<i>Россия (Республика Бурятия)</i>		
Монды	13,1	7,5
Сорок	17,9	10,2
Орлик	18,2	10,4
Хужир	15,8	9,0
<i>Монголия (аймак Хувсгел)</i>		
Ханх	14,5	8,3
Рэнчинлумбэ	15,9	9,1

Таблица 5

**Оценка экономических показателей использования энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии**

Установка на основе ВИЭ	Удельные капитальные вложения, тыс. руб./кВт	Коэффициент использования установленной мощности, %	Удельные ежегодные издержки на ремонт и обслуживание, тыс. руб./кВт	Нормированная стоимость электроэнергии LCOE, руб./кВт·ч
ФЭМ	65,0–75,0	18,3–19,7	5,2–6,0	6,8–8,4
ВЭУ	80,0–100,0	7,5–10,4	8,0–10,0	17,6–30,5

и ветроустановкой с учетом следующих условий и допущений: ставка дисконтирования составляет 10%; ежегодные издержки на ремонт и обслуживание приняты для ФЭМ в размере 8%, для ВЭУ – 10% от капитальных вложений. Оценки удельных капитальных вложений приведены без учета оборудования для аккумулирования энергии<sup>9</sup>.

Исходя из полученных оценок нормированной стоимости электроэнергии, можно сделать вывод о достаточно высоком уровне гелиопотенциала для развития солнечной генерации на трансграничной территории «Байкал-Хубсугул» для электроснабжения как стационарных объектов (туристические базы, населенные пункты), так и мобильных (передвижные стоянки скотоводов).

Для оценки величины установленной мощности солнечных электростанций, целесообразной для ввода СЭС на исследуемой территории, выполнен анализ электрических нагрузок существующих и перспективных потребителей с позиций повышения надежности их электроснабжения и обеспечения уровня напряжения в соответствии с ГОСТ Р 32144-2013. В населенных пунктах, охваченных централизованным электроснабжением (Монды, Сорок, Орлик, Хужир, Рэнчинлумбэ, Ханх, Хатгал), целесообразная мощность солнечных электростанций оценивается в 1–2 МВт. Необходимый объем инвестиций для реализации проектов сооружения СЭС, интегрированных в энер-

<sup>9</sup> См.: *Альтернативная энергетика*. – URL: <http://alen-e.ru/products/22489724>.

госистему, составит 70–150 млн руб. Для электроснабжения удаленных от электрических сетей объектов туристической инфраструктуры, по оценкам авторов, требуется ввод солнечных электростанций суммарной мощностью 250–300 кВт. Необходимый объем инвестиций в сооружение СЭС для автономных потребителей оценивается в 35–50 млн руб. с учетом затрат на системы аккумулирования энергии.

Широкое развитие ветроэнергетики на рассматриваемой территории нецелесообразно. Возможно лишь локальное применение ВЭУ в местах с повышенным ветропотенциалом для электроснабжения изолированных объектов, преимущественно туристической или природоохранной направленности.

В последнее время в мировой практике все больше внедряется солнечное теплоснабжение, которое может быть особенно актуальным для туристических объектов сезонного функционирования. Авторами проводились исследования по оценке эффективности солнечного теплоснабжения зданий экошколы трех типоразмеров на 320 и 640 учеников для всех климатических зон Монголии, включая и территорию аймака Хувсгел. Результаты исследований показали, что доля солнечной энергии в теплопотреблении объектов при соответствующих вариантах емкости суточного и сезонного аккумулирования может составить от 40 до 100% [3]. Результаты ранее выполненных экспериментальных исследований со специально спроектированным и построенным солнечным домом, оборудованным крупными водонагревательными системами, теплицами и сушилками пиломатериалов, продемонстрировали положительный опыт использования солнечной энергии для этих целей в условиях Монголии<sup>10</sup>.

## **ВЫВОДЫ**

Большое значение для развития российско-монгольского сотрудничества имеет трансграничная территория «Байкал-Хубсугул».

---

<sup>10</sup> См.: *Батмунх С.* Теоретические и практические основы технологии преобразования солнечной энергии в теплоту / Ин-т теплотехники и промышленной экологии МГУНиТ. – Улан-Батор: ИД «Соёмбо», 2014.

В настоящее время электроснабжение этой территории осуществляется по протяженной радиальной линии электропередачи. Имеются и удаленные потребители, которые снабжаются электроэнергией от дизельных электростанций. Для повышения надежности электроснабжения и обеспечения развития туристической инфраструктуры на рассматриваемой территории необходимо развивать системы энерго-снабжения. С учетом наличия здесь двух национальных парков и статуса территорий с особым режимом природопользования наиболее приемлемым вариантом является использование возобновляемых источников энергии, что может стать одним из стратегических направлений энергетического сотрудничества России и Монголии.

На основе показателей ветро- и гелиопотенциала выполнен сравнительный анализ расчетных значений технических и экономических показателей функционирования фотоэлектрического модуля и ветроустановки, по результатам которого сделан вывод о преимуществах использования на трансграничной территории «Байкал-Хубсугул» солнечных электростанций в сравнении с ветроэлектростанциями. Имеются исследования, подтверждающие эффективность использования в подобных природных условиях солнечной энергии и на цели теплоснабжения. Целесообразная величина установленной мощности солнечных электростанций на этой территории составляет 1–2 МВт для интеграции в энергосистему и 250–300 кВт для автономного электроснабжения удаленных потребителей. Общий необходимый объем инвестиций для осуществления этих мероприятий оценивается в 105–200 млн руб. В дальнейших исследованиях планируется оценить эффективность использования солнечных электростанций как для централизованного, так и для автономного электроснабжения на трансграничной территории «Байкал-Хубсугул».

*Исследование выполнено за счет средств международного гранта  
Российского фонда фундаментальных исследований  
(проект 18-510-94006) и Министерства ОКНнС Монголии  
(проект ШУГх /ОХУ/2018/26)*

### Список источников

1. *Батдэлгэр Д.* Атлас солнечной радиации территории Монголии. – Улан-Батор: Институт физики и технологии АН Монголии, 2010. – 148 с.
2. *Батмунх С., Стенников В.А., Санеев Б.Г.* Стратегические направления развития электроэнергетики Монголии // Известия РАН. Сер.: Энергетика – 2019. – № 6. – С. 51–65.
3. *Батмунх С., Халиунаа Б., Даваахуу Ш.* Разработка технологии использования солнечной энергии для теплоснабжения автономных потребителей отдаленных сельских районов: По заказу Национального центра возобновляемой энергии // Энергетика и экология / Ин-т теплотехники и промышленной экологии МГУНиТ. – Улан-Батор: ИД «Бэмби САН», 2014. – С. 23–72.
4. *Воропай Н.И., Подковальников С.В., Санеев Б.Г.* Межгосударственная кооперация в Северо-Восточной Азии: состояние, потенциальные проекты, энергетическая инфраструктура // Энергетическая политика. – 2014. – № 2. – С. 55–64.
5. *Воропай Н.И., Санеев Б.Г., Батхуяг С., Энхжаргал Х.* Энергетическое сотрудничество Монголии и России: современное состояние и стратегические направления (результаты российско-монгольского научного проекта 2011–2012 гг.) // Пространственная экономика. – 2013. – № 3. – С. 108–122.
6. *Евстропьева О.В.* Трансграничный туризм в сопредельных регионах России и Монголии. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2009. – 143 с.
7. *Евстропьева О.В., Корытный Л.М.* Как развивать трансграничный экологический туризм в бассейне озера Байкал // ЭКО. – 2014. – № 12. – С. 76–85.
8. *Иванова И.Ю., Ноговицын Д.Д., Тугузова Т.Ф., Шакиров В.А., Шеина З.М., Сергеева Л.П.* Факторы, влияющие на эффективность использования ветропотенциала в локальной энергетике Якутии // Известия РАН. Сер.: Энергетика. – 2017. – № 1. – С. 84–92.
9. *Иванова И.Ю., Тугузова Т.Ф., Шакиров В.А., Халгаева Н.А.* К вопросу о необходимости учета различных факторов при обосновании использования гелиопотенциала для целей электроснабжения на примере Республики Саха (Якутии) // Известия РАН. Сер.: Энергетика. – 2018. – № 2 (1). – С. 41–54.
10. *Калихман Т.П., Богданов В.Н., Огородникова Л.Ю.* Особо охраняемые природные территории Сибирского федерального округа: Атлас. – Иркутск: Оттиск, 2012. – 384 с.
11. *Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3: Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 22: Иркутская область и западная часть Бурятской АССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 609 с.*
12. *Справочник по климату СССР. Вып. 22: Иркутская область и западная часть Бурятской АССР. Ч. 1: Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – 72 с.*



13. *Схема и программа развития электроэнергетики Республики Бурятия на 2019–2023 годы.* Утв. распоряжением Правительства Республики Бурятия от 30.04.2019 № 229-р. – Улан-Удэ. – 120 с. – URL: <http://www.govrb.ru/upload/iblock/25e/25eb7e67ad51f2d5824a3ecabba2b884.pdf> (дата обращения: 14.11.2019).

14. *Углубленный обзор по инвестиционному климату и структуре рынка в энергетическом секторе Монголии / Секретариат Энергетической Хартии.* – Brussels, Belgium, 2013. – 105 с.

15. *Энхтайван Д., Евстропьева О.В.* Трансграничный туризм в Монголии // Современные проблемы сервиса и туризма. – 2015. – Т. 9, № 4. – С. 37–43.

16. *IRENA. Renewable Energy Statistics 2019 / The International Renewable Energy Agency.* – Abu Dhabi, 2019. – 398 p. – URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jul/IRENA\\_Renewable\\_energy\\_statistics\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jul/IRENA_Renewable_energy_statistics_2019.pdf) (дата обращения: 14.11.2019).

17. *Mongolia: Upscaling Renewable Energy Sector Project.* – Asian Development Bank, August 2018. – 73 p. – URL: <https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents/50088/50088-002-pam-en.pdf> (дата обращения: 14.11.2019).

### **Информация об авторах**

*Санеев Борис Григорьевич* (Россия, Иркутск) – доктор технических наук, профессор, руководитель научного направления «Комплексные проблемы энергетики и региональная энергетическая политика», заведующий отделом. Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130, e-mail: [saneev@isem.irk.ru](mailto:saneev@isem.irk.ru)).

*Иванова Ирина Юрьевна* (Россия, Иркутск) – кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией энергоснабжения децентрализованных потребителей. Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130, e-mail: [nord@isem.irk.ru](mailto:nord@isem.irk.ru)).

*Халгаева Надежда Александровна* (Россия, Иркутск) – научный сотрудник. Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130, e-mail: [khalgaeva@isem.irk.ru](mailto:khalgaeva@isem.irk.ru)).

*Батмунх Сэрээтэрийн* (Монголия, Улан-Батор) – академик АН Монголии, доктор технических наук, профессор. Институт теплотехники и промышленной экологии Монгольского государственного

университета науки и технологии, кафедра «Теплоэнергетика» (Монголия, 210646, Улан-Батор, а/я 46/69, e-mail: batmunkh\_acad@yahoo.com).

*Пурэвдорж Галсанцэрэнгийн* (Монголия, Улан-Батор) – кандидат технических наук, научный сотрудник. Институт теплотехники и промышленной экологии Монгольского государственного университета науки и технологии (Монголия, 14200, Улан-Батор, а/я 20а, e-mail: gal.purevdorj@gmail.com).

*Онормаа Цэвэгжавын* (Монголия, Улан-Батор) – кандидат технических наук, начальник Службы электрических режимов и перспективного исследования энергетических систем. Национальный диспетчерский центр энергетики Монголии (Монголия, 17061, Улан-Батор, Министерство энергетики Монголии, e-mail: onormaa@ndc.energy.mn).

DOI: 10.15372/REG20200211

*Region: Economics & Sociology, 2020, No. 2 (106), p. 259–280*

**B.G. Saneev, I.Yu. Ivanova, N.A. Khalsaeva,  
S. Batmunkh, G. Purevdorj, Ts. Unurmaa**

**ENERGY AND ECONOMIC PREREQUISITES  
FOR THE USE OF RENEWABLE ENERGY  
SOURCES IN THE “BAIKAL-HÖVSGÖL”  
CROSS-BORDER TERRITORY**

*The paper presents a brief description of the state of power supply to the Baikal-Hövsgöl cross-border territory covering the Tunka area of the Republic of Buryatia and the Hövsgöl aymag of Mongolia. Power is supplied via an extended radial power line, which is characterized by poor reliability and low voltage levels for the consumer. The territory has a special status of nature management due to the recreational zones and large national parks of Russia and Mongolia adjacent to each other. We propose the use of renewable energy sources for the development of power supply systems as one of the strategic*

*directions of the Russia–Mongolia energy cooperation. The paper provides a brief description of the state of renewable energy development in the Republic of Buryatia and Mongolia and normative acts aimed at its stimulation. We analyze available solar and wind energy resources in the territory and divide the Baikal-Hövsgöl cross-border territory into zones in terms of solar radiation and average annual wind speed. Based on a comparison of the calculated performance indices of the photovoltaic (PV) module and wind turbine for the considered territory, the paper concludes that priority should be given to PV power stations.*

**Keywords:** specially protected natural areas; solar radiation; average wind speed; photovoltaic module; wind turbine; power generation; capacity utilization factor; levelized cost of electricity

**For citation:** *Saneev, B.G., I.Yu. Ivanova, N.A. Khalsaeva, S. Batmunkh, G. Purevdorj & Ts. Unurmaa.* (2020). Resursnyye i energo-ekonomicheskie predposylki ispolzovaniya vozobnovlyaemykh istochnikov energii na transgranichnoy territorii “Baykal-Khubsugul” [Energy and economic prerequisites for the use of renewable energy sources in the “Baikal-Hövsgöl” cross-border territory]. *Region: ekonomika i sotsiologiya* [Region: Economics and Sociology], 2 (106), 259–280. DOI: 10.15372/REG20200211.

*The research is supported by the international grant of the Russian Foundation for Basic Research (project No. 18-510-94006) and the Ministry of Education, Culture, Science, and Sports of Mongolia (project No. ШyГx/OXY/2018/26)*

## References

1. *Batdelger, D.* (2010). Atlas solnechnoy radiatsii territorii Mongolii [Solar Radiation Atlas of Mongolia]. Ulaanbaatar, Institute of Physics and Technology of Mongolian Academy of Sciences Publ., 148.
2. *Batmunkh, S., V.A. Stennikov & B.G. Saneev.* (2019). Strategicheskie napravleniya razvitiya elektroenergetiki Mongolii [Strategic directions for the development of electric power in Mongolia]. *Izvestiya RAN. Ser.: Energetika* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Power], 6, 51–65.

3. *Batmunkh, S., B. Khaliunaa & Sh. Davaakhuu.* (2014). Razrabotka tekhnologii ispolzovaniya solnechnoy energii dlya teplosnabzheniya avtonomnykh potrebiteley otdalennykh selskikh rayonov. Po zakazu Natsionalnogo tsentra vozobnovlyаемoy energii [Developing solar energy technology for heat supply of autonomous consumers in remote rural areas. At the request of the National Renewable Energy Center]. *Energetika i ekologiya* [Energy and Ecology]. Institute of Heating Technology and Industrial Ecology, Mongolian University of Science and Technology. Ulaanbaatar, Bambi San Publ., 23–72.

4. *Voropai, N.I., S.V. Podkovalnikov & B.G. Saneev.* (2014). Mezhgosudarstvennaya kooperatsiya v Severo-Vostochnoy Azii: sostoyanie, potentsialnye proekty, energeticheskaya infrastruktura [Interstate energy cooperation in Northeast Asia: current state, potential projects, energy infrastructure]. *Energeticheskaya politika* [The Energy Policy], 2, 55–64.

5. *Voropai, N.I., B.G. Saneev, S. Batkhuyag & Kh. Enkhjargal.* (2013). Energeticheskoe sotrudnichestvo Mongolii i Rossii: sovremennoe sostoyanie i strategicheskie napravleniya (rezultaty rossiysko-mongolskogo nauchnogo proekta 2011–2012 gg.) [Energy cooperation between Mongolia and Russia: current state and strategic directions]. *Prostranstvennaya ekonomika* [Spatial Economics], 3, 108–122.

6. *Evstropyeva, O.V.* (2009). Transgranichnyy turizm v sopredelnykh regionakh Rossii i Mongolii [Cross-Border Tourism in the Neighboring Regions of Russia and Mongolia]. Irkutsk, V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS Publ., 143.

7. *Evstropyeva, O.V. & L.M. Korytnyy.* (2014). Kak razvivat transgranichnyy ekologicheskyy turizm v bassejne ozera Baykal [How to develop transboundary ecotourism in the basin of Lake Baikal]. *EKO* [ECO], 12, 76–85.

8. *Ivanova, I.Yu., D.D. Nogovitsyn, T.F. Tuguzova, V.A. Shakirov, Z.M. Sheina & L.P. Sergeeva.* (2017). Faktory, vliyayushchie na effektivnost ispolzovaniya vetropotentsiala v lokalnoy energetike Yakutii [Factors affecting the wind resource utilization efficiency in the energy sector of the Sakha Republic]. *Izvestiya RAN. Ser.: Energetika* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Power], 1, 84–92.

9. *Ivanova, I.Yu., T.F. Tuguzova, V.A. Shakirov & N.A. Khalgaeva.* (2018). K voprosu o neobkhodimosti ucheta razlichnykh faktorov pri obosnovanii ispolzovaniya geliopotentsiala dlya tseyey elektrosnabzheniya na primere Respubliki Sakha (Yakutii) [On the need to consider various factors to substantiate the use of solar potential for power supply on the example of Yakutia]. *Izvestiya RAN. Ser.: Energetika* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Power], 2 (1), 41–54.

10. *Kalikhman, T.P., V.N. Bogdanov & L.Yu. Ogorodnikova.* (2012). Osobo okhranyaemye prirodnye territorii Sibirskogo federalnogo okruga. Atlas [Specially Protected Natural Areas of the Siberian Federal District. Atlas]. Irkutsk, Ottisk Publ., 384.

11. *Nauchno-prikladnoy spravochnik po klimatu SSSR. Seriya 3. Mnogoletnie dannye. Chasti 1-6. Vypusk 22. Irkutskaya oblast i zapadnaya chast Buryatskoy ASSR* [Scientific and Applied Reference Book on the USSR Climate. Series 3. Long-term Data. Parts 1–6, Issue 22. Irkutsk Region and Western Part of Buryat ASSR]. (1991). Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 609.

12. *Spravochnik po klimatu SSSR. Vyp. 22. Irkutskaya oblast i zapadnaya chast Buryatskoy ASSR. CH. 1. Solnechnaya radiatsiya, radiatsionnyy balans i solnechnoe siyanie* [Reference Book on the USSR Climate. Issue. 22. Irkutsk Region and Western Part of Buryat ASSR. Part 1. Solar Radiation, Radiation Balance, and Sunshine]. (1966). Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 72.

13. *Skhema i programma razvitiya elektroenergetiki Respubliki Buryatiya na 2019-2023 gody, utverzhdena rasporyazheniem Pravitelstva Respubliki Buryatiya ot 30.04.2019 № 229-r* [Scheme and Program of Electric Power Industry Development of the Republic of Buryatia for 2019–2023, approved by the Order of the Government of the Republic of Buryatia No. 229-p dd. 30.04.2019]. Ulan-Ude, 120. Available at: <http://www.govrb.ru/upload/iblock/25e/25eb7e67ad51f2d5824a3ecabba2b884.pdf> (date of access: 14.11.2019).

14. *Uglublyonnyy obzor po investitsionnomu klimatu i strukture rynka v energeticheskom sektore Mongolii* [In-depth Review of the Investment Climate and Market Structure in the Energy Sector of Mongolia]. (2013). Energy Charter Secretariat. B-1200 Brussels, Belgium, 105.

15. *Enhtayvan, D. & O.V. Evstropyeva.* (2015). *Transgranichnyy turizm v Mongolii* [Trans-boundary tourism in Mongolia]. *Sovremennyye problemy servisa i turizma* [Service & Tourism: Current Challenges], Vol. 9, No. 4, 37–43.

16. *IRENA. Renewable Energy Statistics 2019.* The International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 398. Available at: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jul/IRENA\\_Renewable\\_energy\\_statistics\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jul/IRENA_Renewable_energy_statistics_2019.pdf) (date of access: 14.11.2019).

17. *Mongolia: Upscaling Renewable Energy Sector Project*, August 2018, Asian Development Bank, 73. Available at: <https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents/50088/50088-002-pam-en.pdf> (date of access: 14.11.2019).

### **Information about the authors**

*Saneev, Boris Grigorievich* (Irkutsk, Russia) – Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Head of Department of Complex and Regional Problems in Energy at Melentiev Energy Systems Institute, Siberian

Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov st., Irkutsk, 664033, Russia, e-mail: saneev@isem.irk.ru).

*Ivanova, Irina Yurievna* (Irkutsk, Russia) – Candidate of Sciences (Economics), Head of Laboratory of Energy Supply to Off-Grid Consumers, Leading Researcher at Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, (130, Lermontov st., Irkutsk, 664033, Russia, e-mail: nord@isem.irk.ru).

*Khalgaeva, Nadezhda Aleksandrovna* (Russia, Irkutsk) – Researcher at Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov st., Irkutsk, 664033, Russia, e-mail: khalgaeva@isem.irk.ru).

*Batmunkh, Sereeteriin* (Ulaanbaatar, Mongolia) – Academician of the Mongolian Academy of Sciences, Doctor of Sciences (Engineering), Professor at the Institute of Thermal Engineering and Industrial Ecology of Mongolian University of Science and Technology (MUST); Professor of «Thermal Engineering» division of MUST (210646, P.O.B. 46/69, Ulaanbaatar, Mongolia, e-mail: batmunkh\_acad@yahoo.com).

*Purevdorj, Galsantseren* (Ulaanbaatar, Mongolia) – Candidate of Sciences (Engineering), Researcher of the Institute of Thermal Engineering and Industrial Ecology of Mongolian University of Science and Technology (14200, P.O.B. 20a, Ulaanbaatar, Mongolia, e-mail: gal.purevdorj@gmail.com).

*Unurmaa, Tsevegjav* (Ulaanbaatar, Mongolia) – Candidate of Sciences (Engineering), Head of Power System Analysis and Research Department of National Dispatching Center (17061, P.O.B. 20a, Ulaanbaatar, Mongolia, Mongolian Ministry of Energy, e-mail: onormaa@ndc.energy.mn).

*Поступила в редколлегию 28.01.2020.*

*После доработки 27.02.2020.*

*Принята к публикации 28.02.2020.*

© Санеев Б.Г., Иванова И.Ю., Халгаева Н.А.,  
Батмунх С., Пурэвдорж Г., Онормаа Ц., 2020