

## ПРЕДСТАВЛЯЮ К ЗАЩИТЕ

DOI 10.22394/1818-4049-2021-94-1-219-227  
УДК 332.142.4(571.62)

**С. Г. Панкратьева**

### **Оценка экономической эффективности возобновляемых источников энергии Хабаровского края**

**В** исследовании представлена краткая характеристика энергоснабжения Хабаровского края. Рассматриваются проблемы и перспективы развития возобновляемых источников энергии, в частности, в Хабаровском крае. Выделены три основных подхода, существующих в научном сообществе, по сравнению энергетических объектов. Первый подход основывается на сравнении технических показателей энергообъектов, второй – на расчете нормированной стоимости электроэнергии, а третий базируется на монетизации эколого-климатических последствий от энергетических объектов. В ходе исследования было выяснено, что данные подходы отличаются количеством показателей, включаемых в расчет стоимости электроэнергии. В соответствии с выделенными подходами проведена оценка экономической эффективности трех действующих электростанций Хабаровского края – угольной, дизельной и солнечной, даны монетизированные оценки полноценной стоимости трех альтернатив производства электроэнергии края, с учетом экологической составляющей. Проведенный анализ позволяет сделать выводы о том, что в существующих рыночных условиях возобновляемые источники энергии наиболее рентабельны в децентрализованных районах, а количественные оценки показали, что при введении платы за выбросы оксида углерода возобновляемые источники энергии становятся экономически эффективным способом организации энергоснабжения в крае, в том числе в районах с централизованным энергоснабжением.

**Ключевые слова:** электроэнергия, возобновляемые источники энергии, децентрализованные районы, экономический потенциал, монетизация эколого-климатических последствий, Хабаровский край.

**Введение.** Современное развитие энергетики в России характеризуется ростом стоимости производства энергии. Наибольший рост стоимости электроэнергии наблюдается в децентрализованных районах, где используются системы электроснабжения на базе дизельных электростанций, работающих на привозном топливе (районы Сибири, Дальнего Востока и др.). Затраты на электроснабжение конечных потребителей в данных регионах составляют до 50% валового регионального продукта (далее – ВРП) (для

Хабаровского края – до 15%), остальные затраты возмещаются за счет государственных субсидий. По оценкам аналитического центра при Правительстве РФ, на субсидирование тарифов на энергию в изолированных районах тратится свыше 70 млн руб.<sup>1</sup>

Сегодня многие страны и регионы успешно решают проблемы энергообеспечения на основе развития возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ). Для развития ВИЭ в этих странах создают различные благоприятные условия: разра-

<sup>1</sup> Дальний Восток субсидировать или развивать. URL: [vugon\\_consulting\\_dfo\\_energy.pdf](https://vugon.consulting_dfo.energy.pdf) (дата обращения 25.12.2020).

**Светлана Геннадьевна Панкратьева** – аспирант, Институт экономических исследований ДВО РАН, старший преподаватель, Дальневосточный институт управления – филиал РАНХиГС (680042, Россия, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, д. 153; 680000, Россия, г. Хабаровск, ул. Муравьева-Амурского, д. 33). E-mail: [pankrateva-sg@ranepa.ru](mailto:pankrateva-sg@ranepa.ru)

ботка и усовершенствование нормативных правовых актов в области ВИЭ, увеличение субсидий и инвестиций в данную область, установление льгот и т. п.

По некоторым параметрам ВИЭ уже сейчас становятся более привлекательными для получения энергии. По данным Ассоциации развития возобновляемой энергетики РФ (далее – АРВЭ), стоимость оборудования для солнечной электростанции (далее – СЭС) и ветряной электростанции (далее – ВЭС) за последние 10 лет снизилась на 60% и 40% соответственно, за счет стремительного развития технологий увеличивается коэффициент полезного действия (КПД) данных установок. Все это приводит к уменьшению стоимости электроэнергии из возобновляемых источников. На сегодняшний день усредненная стоимость электроэнергии из возобновляемых источников сопоставима с генерацией на базе ископаемого топлива, а к 2030 г., по данным специалистов АРВЭ, она может упасть еще в среднем на 41%.<sup>2</sup>

В 2020 г. на долю ВИЭ приходилось 35% энергетического баланса в странах ЕС, 27% – в Китае, 21% в – Индии и около 18% – в США, России и Японии. Доля ВИЭ в топливно-энергетическом балансе развитых и особенно развивающихся стран неуклонно растет и составляет огромную часть от всего баланса электроэнергии. Например, в Норвегии этот показатель достигает значения 97,6%, в Бразилии – 82,3%, в Новой Зеландии – 81,9%, в Венесуэле – 73,7% и т. д.<sup>3</sup> По данным Международного агентства по возобновляемой энергетике IRENA, установленная мощность ВИЭ в мире увеличилась на 7,4% и составила 2537 ГВт. Наибольшую часть введенных мощностей (почти 90%) составили солнечные и ветровые электростанции.<sup>4</sup>

Однако, несмотря на все эти факты, эффективность использования ВИЭ будет

определяться в сравнении с традиционными источниками энергии.

Экономический потенциал ВИЭ на территории России составляет 270 млн т у.т. по видам энергоисточников: солнечная энергия – 12,5, ветровая – 10, геотермальная – 115, энергия биомассы – 35, энергия малых рек – 65, энергия низкопотенциальных источников тепла – 31,5 млн т у.т. Из них сосредоточено на Дальнем Востоке (млн т у.т.) /Хабаровском крае (тыс. т у.т.): солнечная энергия – 1,58/3470, ветровая – 6,7/600, геотермальная – 40/-, энергия биомассы – 2,2/607,5, энергия малых рек – 39,6/7800, энергия низкопотенциальных источников тепла – 6,4/73,38 [Лукутин, 2008; Панкратьева, 2019; Шафранник, 2010]. Как видно, Дальний Восток, в том числе Хабаровский край, обладает огромным потенциалом для развития ВИЭ. Наиболее перспективными направлениями являются развитие солнечной и ветровой электроэнергетики, а также использование биомассы и энергии рек.

Цель исследования состоит в оценке конкурентоспособности возобновляемых источников для энергоснабжения потребителей Хабаровского края.

**Характеристика и проблемы энергоснабжения Хабаровского края.** По состоянию на 2020 г. в Хабаровском крае функционирует девять крупных тепловых электростанций общей мощностью 2279,1 МВт. Все электростанции принадлежат АО «Дальневосточная энергетическая компания», которая является дочерней компанией ПАО «РусГидро». Энергосистема края вырабатывает более 97% электрической и около 70% тепловой энергии от всей потребности края. В 2019 г. энергоисточниками Хабаровской энергосистемы выработано 9,5 млрд кВт/ч электрической энергии и 11,5 млн Гкал тепловой энергии.<sup>5</sup>

Централизованным электроснабжением охвачены города и населенные пункты

<sup>2</sup> Зеленая энергетика в России вскоре может стать дешевле традиционной. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2020/05/26/831097-zelenaya-energiya-v-rossii-vskore-mozhet-stat-deshche-traditsionnoi> (дата обращения 25.12.2020).

<sup>3</sup> Доля возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии. URL: <https://yearbook.enerdata.ru/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html> (дата обращения 25.12.2020).

<sup>4</sup> Установленная мощность ВИЭ в мире превысила 2500 ГВт по итогам 2019 г. – IRENA. URL: <https://in-power.ru/news/alternativnayaenergetika/29184-ustanovlennaja-moschnost-vie-v-mire-prevysila-2500-gvt-po-itogam-2019.html> (дата обращения 25.12.2020).

<sup>5</sup> Министерство энергетики. URL: <https://minenergo.gov.ru> (дата обращения 25.12.2020).

края, в которых проживает около 95% населения. Только населенные пункты, расположенные в отдаленных северных районах, снабжаются электроэнергией от автономных дизельных и газопоршневых электростанций, которые являются здесь практически единственным способом построения децентрализованных систем электроснабжения.

Как показал анализ состояния автономных систем, в настоящее время наиболее актуальными проблемами в этой сфере являются:

высокий износ энергетического оборудования и связанные с этим перебои в доставке топливно-энергетических ресурсов. Усредненный износ электростанций Хабаровского края составляет порядка 62,8%;<sup>5</sup>

ограниченное использование местных топливно-энергетических ресурсов, в том числе нетрадиционных;

высокая себестоимость вырабатываемой электрической энергии. Средний тариф по России на электроэнергию составляет 3,4 руб. за 1 Квт/ч., однако на Дальнем Востоке – 8 руб. за 1 Квт/ч, а в децентрализованных регионах Хабаровского края тарифы варьируются от 23,07 до 89,52 руб.<sup>6</sup> Таким ценам способствуют климатические условия данных районов, дорогая доставка топлива, дороговизна оборудования и его доставки и т. д., из-за этого бедные регионы не являются привлекательными для инвесторов;

– защита окружающей среды при использовании энергетического комплекса.

**Барьеры на пути развития возобновляемых источников энергии.** Производство электрической и тепловой энергии является одним из самых загрязняющих видов деятельности. По объемам выбросов вредных веществ в атмосферу ТЭЦ лидирует (30% от общего числа выбросов всех предприятий различных отраслей). Это более 6 млн тонн пыли, CO<sub>2</sub>, азота, ванадия, альдегидов, золы пыли и др. Выбросы приводят к парниковому эффекту, кислотным дождям, изменению

химического состава воды и т. д.

Экологические и экономические факторы вынуждают говорить об использовании альтернативных источников энергии, особенно в децентрализованных районах края.

Однако на пути внедрения и развития ВИЭ стоят различного рода барьеры.

Во-первых, отсутствуют или не работают законодательно утвержденные механизмы стимулирования строительства объектов ВИЭ в изолированных системах энергоснабжения, в частности, для микрогенерации на основе ВИЭ и поддержки выработки тепловой энергии на основе ВИЭ.

Во-вторых, падение финансирования развития ВИЭ. Программы по повышению энергоэффективности и развитию ВИЭ существуют, однако они либо не действуют, либо очень слабо финансируются. В 2019 г. бюджетные расходы на программы повышения энергоэффективности в Хабаровском крае снизились в 39 раз<sup>7</sup>.

В-третьих, нестабильность общеэкономической ситуации. Постоянные падения и повышения курса доллара и цен оказывают отрицательное влияние на экономическую эффективность инвестиций в развитие ВИЭ.

В-четвертых, в настоящее время наблюдается высокая волатильность цен на энергоносители, в последнее время в несколько раз снизились цены на уголь, нефть и газ, что ослабило позиции ВИЭ.

Также стоит учесть и некоторые особенности использования ВИЭ. В силу низкой энергетической плотности ВИЭ и их крайней изменчивости стоимость производимой электроэнергии с их использованием в настоящее время обычно превышает тариф на электроэнергию, полученную традиционными способами. Поэтому конкурентоспособной областью нетрадиционной энергетики является малая энергетика, особенно в децентрализованных системах электроснабжения потребителей, находящихся в отдаленных, труднодоступных местах.

<sup>5</sup> Единый тариф для всех. Как изменится стоимость электроэнергии в России в 2020 году. URL: <https://kapital-rus.ru/articles/article/> (дата обращения 25.12.2020)

<sup>7</sup> Об итогах исполнения бюджета Хабаровского края за 2019 год и о мерах по исполнению бюджета края в 2020 году. URL: <http://docs.cntd.ru/document/465368786> (дата обращения 25.12.2020)

**Существующие подходы для сравнения источников электроэнергии.**

В научном сообществе есть три основных подхода для сравнения энергетических альтернатив. Один подход основан на сравнении технических показателей (КПД, площадь станции, количество занятых и т. п.). К недостаткам этого подхода можно отнести учет при анализе только количественных показателей, во внимание не принимается, например, фактор времени. Данный подход в своих исследованиях использовали такие авторы, как Б. Г. Санеев, И. Ю. Иванова, Т. Ф. Тугузова, Н. А. Халгаева, А. Н. Симоненко [Иванова, 2010; Санеев, 2016]. Они проводили анализ факторов, влияющих на эффективность проектов строительства новых энергоисточников малой мощности, а также проводили расчеты величины тарифной надбавки для обеспечения окупаемости этих проектов, в том числе для ВИЭ. Ю. Н. Линник, А. П. Стороженко, Д. Н. Арифлулова [Арифлулова, 2018] исследовали действующие ВИЭ в изолированных территориях РФ и оценивали эффективность гибридных энергоустановок.

Другой подход основывается на расчете нормированной (приведенной) стоимости электроэнергии (Levelized Cost of Energy – LCOE), которая показывает капитальные и операционные издержки производства киловатт-часа в постоянных (реальных) ценах за весь срок службы электростанции. Этим подходом пользуются не только исследователи, но и крупные аналитические агентства, например, инвестиционный банк Lazard, Международное энергетическое агентство по возобновляемой энергетике (IRENA). В попытке оценить полную стоимость ветровой и солнечной электроэнергии они анализируют чувствительность ее приведенной стоимости к налоговым льготам, стоимости топлива, стоимости капитала и другим факторам.

Однако этот подход не учитывает такие показатели, как вред здоровью и окружающей среде, климату, который наносится при сжигании углеводорода. Также многие исследователи считают, что данный подход недооценивает стабильность угольных и газовых электростанций по сравнению с прерывистой

ВИЭ-генерацией.

Еще один подход базируется на монетизации эколого-климатических последствий от энергетических объектов. В настоящее время данный подход наиболее актуален. Его используют в своих работах такие исследователи, как И. А. Башмаков, Н. Г. Джурка, О. В. Демина, Н. В. Горбачева, Р. Фридрих, А. Восс. П. Линарес, А. Муньос, А. Рамос, Дж. Монте и т. д. [Башмаков, 2017; Горбачева, 2020; Демина, 2020; Friedrich, 2013; Linares, 2019]. В их работах проводится оценка экономических последствий сокращения выбросов парниковых газов в системе энергоснабжения регионов, делается попытка оценки полной стоимости электроэнергии с учетом экологических и даже социальных факторов.

По данным большинства исследовательских групп порядка 50% стоимостного эффекта электроэнергии составляют выбросы парниковых газов. Возьмем за основу данные исследования, оценим эффективность ВИЭ в условиях введения государством налога на выбросы оксида углерода.

**Оценка экономической эффективности трех вариантов энергоснабжения потребителей Хабаровского края.** Для обоснования экономической эффективности внедрения ВИЭ в Хабаровском крае рассмотрим стоимостную оценку трех альтернатив выработки электроэнергии в крае. Эмпирическая база исследования сформирована на основе следующих данных: схема и программа развития электроэнергетики Хабаровского края 2020–2024 гг., официальный сайт Правительства Хабаровского края, официальный сайт Министерства энергетики РФ.

Базовые технико-экономические параметры работы трех типов электростанций представлены в таблице 1. Финансовые модели построены в текущих ценах и с использованием стандартной техники проектного анализа трех действующих в Хабаровском крае электростанций: угольной ТЭС (на примере Совгаванской ТЭЦ, п. Советская Гавань), ДЭС (на примере ДЭС, с. Оремиф) и СЭС (на примере СЭС, месторождение Светлое, Охотский район).



Таблица 1

**Технико-экономические характеристики трех электростанций  
в Хабаровском крае**

<b>Показатель</b>	<b>Угольная ТЭС</b>	<b>ДЭС</b>	<b>СЭС</b>
Установленная мощность: электрическая МВт тепловая Гкал/ч	126 200	0,56	1
Капитальные затраты, млн руб.	33800	25,9	134,4
Себестоимость электроэнергии, руб./кВтч тепла, руб./Гкал*ч	3,5 1442,47 <sup>8</sup>	37,3	9,5
Тариф на электроэнергию, руб./кВт*ч на тепло, руб./Гкал*ч	3,49 1488,71	3,86	3,86
Инвестиционный период, годы строительства	6	2	1
Эксплуатационный период, годы	36	15	25
Продукт	Электроэнергия и тепло	Электроэнергия	Электроэнергия
Удельные капитальные затраты, тыс. руб./кВт*ч	94,3	46,25	134,4
Производство электроэнергии, млн кВт*ч; тепла, тыс. Гкал	630 442,1 <sup>9</sup>	0,9391	1,25 <sup>10</sup>
Удельные расходы топлива, т у.т./кВт*ч	276 <sup>11</sup>	463,2	-
Объем потребляемого топлива, тыс. т/год	480 <sup>12</sup>	0,3	-
Цена топлива, руб./т	2540,67 <sup>13</sup>	64521,2	-
Ежегодные издержки (постоянная составляющая), млн руб./год	14235 <sup>14</sup>	2,1	2,1 <sup>15</sup>
Суммарные выбросы CO <sub>2</sub> , т.	762300	826,408	35

<sup>8</sup> Совгаванская ТЭС введена в эксплуатацию в сентябре 2020 года, поэтому актуальных данных по данной станции нет. Из отчета комитета по ценам и тарифам Хабаровского края взяты средние значения по тарифам на электрическую энергию, поставляемую ПАО «ДЭК» потребителям Хабаровского края. URL: <https://cit.khabkrai.ru/> (дата обращения 25.12.2020).

<sup>9</sup> В силу комментария сноски выше, взяты прогнозные значения по количеству вырабатываемой энергии и тепла. URL: <https://rosteplo.ru> (дата обращения 25.12.2020).

<sup>10</sup> В силу комментария сноски выше, значения взяты из прогнозов компании «Полиметалл». URL: [https://nedradv.ru/nedradv/ru/page\\_news?obj=3f996b32bed4a8e81bee5f33f84278e5](https://nedradv.ru/nedradv/ru/page_news?obj=3f996b32bed4a8e81bee5f33f84278e5) (дата обращения 25.12.2020).

<sup>11</sup> В силу комментария сноски выше, показатель взят по аналогичной Ургальской ТЭС из расчетов авторов в [Воропай, 2011].

<sup>12</sup> В силу комментария сноски выше, показатель взят из прогнозных значений экспертов. URL: <https://iarex.ru/articles/59811.html> (дата обращения 25.12.2020).

<sup>13</sup> В силу комментария сноски выше, показатель взят из отчета ДГК как среднее значение по аналогичным объектам. URL: <https://tenmon.ru/1/31705915789.html> (дата обращения 25.12.2020).

<sup>14</sup> В силу комментария сноски выше, показатель взят по аналогичной Ургальской ТЭС из расчетов авторов в [Воропай, 2011].

<sup>15</sup> Данная электростанция введена в эксплуатацию в 2018 г., актуальных данных в свободном доступе нет. Так как месторождение Светлое – это СЭС, функционирующая совместно с ДЭС, поэтому этот показатель взят по аналогии с рассматриваемой ДЭС с. Оремиф.

Окончание таблицы 1

Показатель	Угольная ТЭС	ДЭС	СЭС
Налог на выбросы CO <sub>2</sub> , млн руб.	834,71	0,9	0,04
Субсидии, млн руб.	13,8	8,6	8,6

Источник: рассчитано автором на основе данных сайта Министерство энергетики. URL: <https://minenergo.gov.ru> (дата обращения 11.12.2020).

По представленным данным технических характеристик рассматриваемых электростанций уже можно сделать вывод об эффективности использования ВИЭ, особенно в децентрализованных районах. Несмотря на то, что СЭС самая дорогая по удельным капитальным затратам на 1 кВт вырабатываемой энергии, по ежегодным издержкам она уже конкурентоспособна с угольной ТЭЦ, а себестоимость электроэнергии, выработанной СЭС, почти в 4 раза ниже по сравнению с ДЭС.

Для выделенных объектов рассчитаем чистые выгоды по формулам:

$$NPV = \sum_T B'_t - C'_t \quad (1),$$

$$B'_t = \frac{B}{(1+r)^t}, \quad C'_t = \frac{C}{(1+r)^t}, \quad t = 1, \dots, N \quad (2),$$

где  $B'_t$  – выгоды (приток денежных средств) по энергообъекту;  $C'_t$  – затраты (отток денежных средств) по энергообъекту;  $r$  – ставка дисконтирования;  $B'_t$  – дисконтированные выгоды;  $C'_t$  – дисконтированные затраты;  $T$  – конечное число моментов времени (шагов расчета) реализации энергообъекта [Горбачева, 2020].

Далее для сопоставимости разновременных проектов используем технику эквивалентных выплат с помощью формулы аннуитета:

$$EANB = \frac{NPV}{a_r^T} \quad (3),$$

$$a_r^T = \frac{1-(1+r)^{-T}}{r} \quad (4),$$

где EANB – ежегодные равные чистые выгоды;  $a_r^T$  – фактор аннуитета

[Горбачева, 2020].

Экономический смысл показателя EANB состоит в том, что он отражает такую сумму ежегодных чистых выгод, получение которой равными долями в течение срока эксплуатации электростанции обеспечивает такие же совокупные выгоды, что и NPV энергетического проекта.

Ставка дисконтирования взята в размере 12,5% по данным сайта Дальневосточной генерирующей компании<sup>16</sup>.

Для расчета налога на выбросы CO<sub>2</sub> были использованы показатели по объему выбросов, указанные в работе [Горбачева, 2020]: угольные электростанции образуют 1210 г CO<sub>2</sub>-экв на 1 кВтч (из них 50 г связаны с добычей угля); дизельные – 880 г (100); ВИЭ – 28 г, из-за применения энергоемкого оборудования.

Что касается ставки налога на 1 т выбросов CO<sub>2</sub>, то здесь нет однозначности. По данным ОЭСР<sup>17</sup> цены варьируются по всему миру от 1 до 55 евро за тонну. Здесь будем производить расчёт, исходя из предварительных оценок экспертов России о том, что налогообложение углерода на начальном этапе может составить 15 долларов за 1 тонну CO<sub>2</sub><sup>18</sup>.

Ежегодные равные чистые выгоды каждой станции соотнесены с ГДж произведенной энергии. Разделение всех издержек между двумя продуктами (электроэнергией и теплом) представляется весьма условным, поэтому для корректности вычислений полезный отпуск электростанций представлен в ГДж произведенной энергии (рис. 1).

<sup>16</sup> Акционерное общество «Дальневосточная генерирующая компания». URL: <https://dvgk.ru> (дата обращения 25.12.2020).

<sup>17</sup> Экономическая политика. Платы за выбросы парниковых газов по странам мира. URL: <https://icss.ru/ekonomicheskaya-politika/ekologiya/plata-za-vyibrosyi-parnikovuyix-gazov-po-stranam-mira> (дата обращения 25.12.2020).

<sup>18</sup> Углеродный налог: нововведение может привести к росту тарифов ЖКХ. URL: <https://www.kp.ru/putevoditel/nauka/uglerodnyj-nalog/> (дата обращения 25.12.2020).

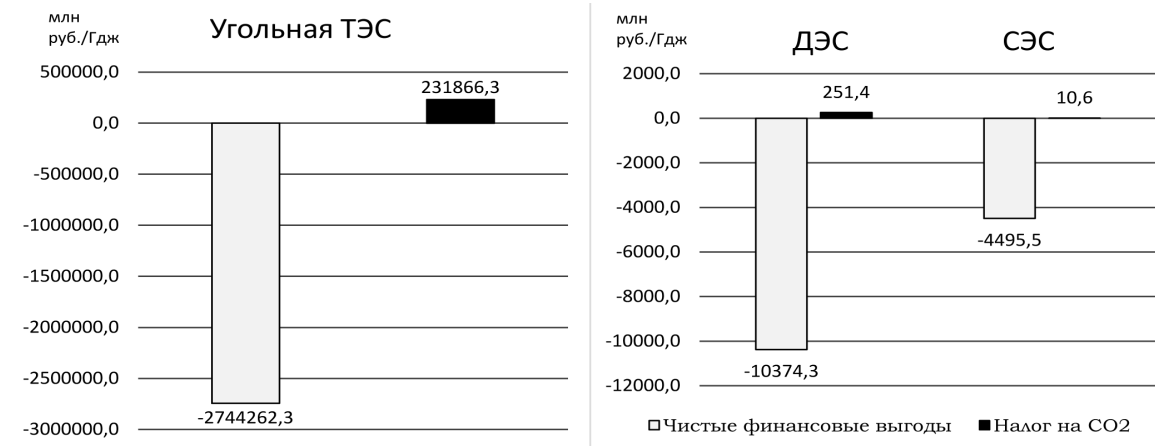


Рис. 1. Экономические выгоды и издержки производства электроэнергии на угольной, дизельной и солнечной электростанциях Хабаровского края

Видно, что в наблюдаемых рыночных условиях и при всех предполагаемых значениях для угольной и солнечной электростанций, все три электростанции нерентабельны, при этом самые высокие удельные финансовые выгоды оказались у СЭС: -4495,5 млн руб. на 1 ГДж выработанной электроэнергии. Самой экономически невыгодной оказалась угольная электростанция. А если учитывать еще и налог на выбросы CO<sub>2</sub>, то по-прежнему наиболее экономически привлекательной остается СЭС, ее значение наиболее близко к зоне безубыточности. Если для СЭС удастся снизить капитальные затраты, то при низких операционных затратах СЭС станут еще более экономически выгодными. Таким образом, если учитывать в стоимости электроэнергии экологический фактор, то ВИЭ становятся не только конкурентоспособными с традиционными источниками в децентрализованных районах, но и более рентабельными.

**Заключение.** В настоящее время экономическая ситуация страны сложилась таким образом, что ВИЭ не могут конкурировать с традиционными источниками энергии, особенно в регионах с централизованным энергоснабжением. Однако экологические проблемы, ограниченность природных ископаемых, высокая стоимость электроэнергии особенно для децентрализованных районов, высокий износ оборудования, ограниченность финансирования диктуют необходимость поиска альтернативных источников энергии.

Неограниченный запас ресурсов, экологически чистые источники энергии, небольшой срок окупаемости, меньшие расходы на эксплуатацию оборудования, отсутствие расходов на привозное топливо – все это является неоспоримыми преимуществами возобновляемых источников энергии.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что ВИЭ наиболее рентабельны в существующих на данный момент рыночных условиях в децентрализованных районах. Количественные оценки показали, что при введении платы за выбросы оксида углерода ВИЭ становятся экономически эффективным способом организации энергоснабжения в Хабаровском крае, в том числе в районах с централизованным энергоснабжением.

Таким образом, если Россия будет следовать мировым трендам, а именно сокращению выбросов в окружающую среду вредных веществ, и будут монетизированы внешние эффекты, связанные прежде всего с экологией, то строительство энергообъектов, использующих электрооборудование на основе возобновляемых источников, станет рентабельным, не только для удаленных районов.

#### Список литературы:

1. Арифюлова Д. Н., Линник Ю. Н., Стороженко А. П. Экономическое обоснование развития солнечной генерации с использованием автономных гибридных энергоустановок в изолированных энергосистемах // Экономика: проблемы, реше-

ния и перспективы. Вестник университета. 2018. № 11. С. 97–102.

2. Башмаков И. А. Повышение эффективности энергоснабжения в северных регионах России // Энергоснабжение. 2017. № 3. С. 100–125.

3. Восточный вектор энергетической стратегии России: современное состояние, взгляд в будущее / Под ред. Н. И. Воропая, Б. Г. Санеева; Рос. Акад. Наук, Сиб. отд-ние, Ин-т систем энергетики им. Л. А. Мелентьева. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2011. 368 с.

4. Горбачева Н. В. Действительная стоимость электроэнергии в Сибири: анализ выгод и издержек // Экономический журнал ВШЭ. 2020. № 24 (3). С. 340–371.

5. Дёмина О. В., Джурка Н. Г. Оценка экономических последствий сокращения выбросов в системе энергоснабжения региона: опыт Дальнего Востока // Регионалистика. 2020. Т. 7. № 2. С. 5–23.

6. Иванова И. Ю., Тугузова Т. Ф., Халгаева Н. А., Симоненко А. Н. Факторы, препятствующие развитию малой энергетики на востоке России. Сборник статей «Энергетические связи между Россией и Восточной Азией: стратегии развития в XXI, Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2010, 6 с. Режим доступа: <http://www.sei.irk.ru/symp2010/papers.html>

7. Лукутин Б. В., Суржикова О. А.,

Шандарова Е. Б. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении: монография. М.: Энергоатомиздат, 2008. 231 с.

8. Новая энергетическая политика России / Под общ. ред. Ю.К. Шафраника. М.: Энергоатомиздат, 2010. – 512 с.

9. Панкратьева С. Г. Современное состояние и перспективы развития энергетики Хабаровского края // Власть и управление на Востоке России. 2019. № 3 (88). С. 156–163.

10. Санеев Б. Г., Иванова И. Ю., Тугузова Т. Ф. Использование возобновляемых источников энергии как одно из приоритетных направлений совершенствования систем энергоснабжения труднодоступных территорий восточных регионов. Материалы Международного конгресса REENCON-XXI «Возобновляемая энергетика XXI век: Энергетическая и экономическая эффективность», Сколково. 2016. С. 136–142.

11. Linares P., Munoz L., Ramos A., Montes J. Internalization of Externalities into Energy Decision-Making: A Model for the Social Optimization of the Operation of Electricity Systems // Energetics. 2019. № 4. Pp. 12–20.

12. Friedrich R., Voss A. External Costs of Electricity Generation // Energy Policy. 2013. Vol. 21. № 2. Pp. 114–122.

#### **Библиографическое описание статьи**

Панкратьева С. Г. Оценка экономической эффективности возобновляемых источников энергии Хабаровского края // Власть и управление на Востоке России. 2021. № 1 (94). С. 219–227. DOI 10.22394/1818-4049-2021-94-1-219-227

**Svetlana G. Pankratyeva** – graduate student, the Institute of economic researches of FEB RAS, senior lecturer, the Far-Eastern institute of management – branch of RANEPa (153, Tikhookeanskaya Str., Khabarovsk, 680042, Russia; 33, Str. Muravyev-Amurskiy, Khabarovsk, 680000, Russia). *E-mail: pankrateva-sg@ranepa.ru*

### **Assessment of the economic efficiency of renewable energy sources in the Khabarovsk territory**

*The study presents a brief description and problems of power supply of the Khabarovsk territory. The problems and prospects of the development of renewable energy sources, in particular in the Khabarovsk territory, are considered. There are three main approaches that exist in the scientific community for comparing energy objects. The first approach is based on comparing the technical indicators of power facilities, the second on calculating the normalized cost of electricity, and the third is based on monetizing the environmental and climatic consequences of power facilities. During the study, it was found that these approaches differ in the number of indicators included in the calculation of the cost of electricity. In accordance with the selected approaches, evaluation of economic efficiency of*



three operating power plants of the Khabarovsk territory – coal, diesel and solar – was carried out, monetized estimates of the full cost of three alternatives for the production of electricity in the region were given, taking into account the environmental component. The analysis made it possible to conclude that under the current market conditions, renewable energy sources are most profitable in decentralized areas, and quantitative evaluations have shown that with the introduction of payments for carbon monoxide emissions, renewable energy sources become an economically effective way of organizing energy supply in the region, including in the regions with centralized power supply.

**Keywords:** electricity, renewable energy sources, decentralized areas, economic potential of renewable energy sources, monetization of environmental and climatic consequences, the Khabarovsk Territory.

#### References:

1. Arifulova D. N., Linnik Yu. N., Storozhenko A. P. Economic substantiation of the development of solar generation with the use of autonomous hybrid power plants in isolated power systems *Ekonomika: problemy, resheniya i perspektivy Vestnik universiteta* [Economy: problems, solutions and prospects. University Bulletin], 2018, no. 11, pp. 97–102. (In Russian).
2. Bashmakov I. A. Increasing the efficiency of energy supply in the northern regions of Russia *Energosnabzheniye* [Power supply], 2017, no. 3, pp. 100–125. (In Russian).
3. Eastern vector of Russia's energy strategy: current state, look into the future / Ed. N. I. Voropaya, B. G. Saneeva; Grew up. Acad. Science, Sib. department, Institute of energy systems them. L.A. Melent'eva. Novosibirsk: Academic publishing house "Geo", 2011. 368 p. (In Russian).
4. Gorbacheva N. V. The real cost of electricity in Siberia: analysis of benefits and costs *Ekonomicheskii zhurnal Vysshey shkoly ekonomiki* [Economic Journal of the Higher School of Economics], 2020, no. 24 (3), pp. 340–371. (In Russian).
5. Demina O. V., Dzhurka N. G. Assessing the economic consequences of reducing emissions in the power supply system of the region: the experience of the Far East *Regionalistika* [Regionalistics], 2020, vol. 7, no. 2, pp. 5–23. (In Russian).
6. Ivanova I. Yu., Tuguzova T. F., Khalgaeva N. A., Simonenko A. N. Factors hindering the development of small-scale energy in the east of Russia. Collection of articles "Energy ties between Russia and East Asia: development strategies in the XXI, Irkutsk: ISEM SO RAN, 2010, 6 pp. Access mode: <http://www.sei.irk.ru/symp2010/papers.html>
7. Lukutin B. V., Surzhikova O. A., Shandarova E. B. Renewable energy in decentralized power supply: monograph. M.: Energoatomizdat, 2008. 231 p. (In Russian).
8. New energy policy of Russia / Under total. ed. Yu.K. Shafranik. M.: Energoatomizdat, 2010. 512 p. (In Russian).
9. Pankratyeva S. G. Current state and development prospects of the energy sector of the Khabarovsk Territory *Vlast' i upravleniye na Vostoke Rossii* [Power and administration in the East of Russia], 2019, no. 3 (88), pp. 156–163. (In Russian).
10. Saneev B. G., Ivanova I. Yu., Tuguzova T. F. Use of renewable energy sources as one of the priority directions for improving energy supply systems for remote areas of the eastern regions. Materials of the International Congress REENCON-XXI "Renewable Energy XXI Century: Energy and Economic Efficiency", Skolkovo. 2016, pp. 136–142. (In Russian).
11. Linares P., Munoz L., Ramos A., Montes J. Internalization of Externalities into Energy Decision-Making: A Model for the Social Optimization of the Operation of Electricity Systems *Energetika* [Energetics], 2019, no. 4, pp. 12–20. (In Russian).
12. Friedrich R., Voss A. External Costs of Electricity Generation *Energeticheskaya politika* [Energy Policy], 2013, vol. 21, no. 2, pp. 114–122.

#### Reference to the article

Pankratyeva S. G. Assessment of the economic efficiency of renewable energy sources in the Khabarovsk territory // Power and Administration in the East of Russia. 2021. No. 1 (94). Pp. 219–227. DOI 10.22394/1818-4049-2021-94-1-219-227