

ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

DOI: 10.15838/ptd.2021.4.114.8

УДК 338.48 | ББК 65.04

© Лебедева М.А.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕГИОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА РОССИИ¹



МАРИНА АНАТОЛЬЕВНА ЛЕБЕДЕВА

Вологодский научный центр Российской академии наук

г. Вологда, Российская Федерация

e-mail: lebedevamarina1@mail.ru

ORCID: [0000-0002-7310-6143](https://orcid.org/0000-0002-7310-6143); ResearcherID: [R-8097-2018](https://orcid.org/R-8097-2018)

Одной из важнейших проблем человечества в XXI веке является глобальное изменение климата, основную причину которого ученые видят в чрезмерных объемах выброса парниковых газов. Ключевая роль в решении этой проблемы отведена альтернативной энергетике как отрасли, характеризующейся очень низким углеродным следом или его отсутствием. В условиях российских регионов, особенно северных, в наибольшей степени подверженных негативному воздействию последствий климатических изменений, актуальность развития альтернативной энергетики возрастает в связи с тем, что некоторые из них или энергодефицитны, или изолированы от единой энергетической системы страны. Цель работы заключается в анализе состояния и перспектив развития альтернативной энергетики в регионах Крайнего Севера России. В ходе исследования установлено, что на краткосрочной основе наиболее перспективна и конкурентоспособна распределенная альтернативная энергетика, в силу малой мощности ее объектов и очаговости размещения производительных сил. Погодно-климатический барьер северной зоны можно преодолеть, используя инновационные адаптированные технологии, комбинированные установки и энергонакопители. На данный момент главными барьерами для развития зеленой энергетики на Севере выступают недостаточный уровень развития транспортной инфра-

Для цитирования: Лебедева М.А. Состояние и перспективы развития возобновляемой энергетики в регионах Крайнего Севера России // Проблемы развития территории. 2021. Т. 25. № 4. С. 139–155. DOI: 10.15838/ptd.2021.4.114.8

For citation: Lebedeva M.A. The state and prospects of renewable energy development in the regions of the Far North of Russia. *Problems of Territory's Development*, 2021, vol. 25, no. 4, pp. 139–155. DOI: 10.15838/ptd.2021.4.114.8

¹ Статья подготовлена в соответствии с государственным заданием для ФГБУН ВолНЦ РАН по теме НИР № 0168-2019-0004 «Совершенствование механизмов развития и эффективного использования потенциала социально-экономических систем».

структуры, дороговизна строительства объектов возобновляемой энергетики и их внедрения в существующую схему энергоснабжения. Северные регионы остаются малопривлекательными для развития в них зеленой энергетики по причине наличия выявленных барьеров, но при этом имеют необходимые природно-климатические ресурсы. Основными экономическими стимулирующими инструментами являются договоры поставленной мощности и субсидии-компенсации затрат на технологическое присоединение объектов возобновляемой энергетики. Несмотря на это, в перспективе на 2024 год значительное увеличение мощностей объектов зеленой энергетики на Севере России не планируется.

Крайний Север России, устойчивое развитие, зеленая экономика, возобновляемая энергетика, возобновляемые источники энергии, несубсидированная нормированная стоимость, ценовой паритет, межрегиональное сотрудничество.

Введение

В настоящее время обеспечение устойчивого развития социально-экономических систем различного уровня является важнейшей задачей, от решения которой зависит благополучие всего человечества. Учитывая это, 2022 год объявлен Международным годом фундаментальных исследований в целях устойчивого развития человечества². В «Повестке дня на период до 2030 года» Генеральной ассамблеей ООН были определены 17 целей устойчивого развития, среди них следует выделить «борьбу с изменением климата», а также «недорогую и чистую энергию». Ключевым элементом при достижении указанных целей выступает переход от традиционной к альтернативной энергетике. Обусловлено это тем, что альтернативная энергетика является отраслью с низким антропогенным воздействием на природу (в т. ч. меньшими объемами выбросов парниковых газов – основной причины современного изменения климата) [1–3]. Более того, развитие такой низкоуглеродной энергетики позволяет положительно воздействовать не только на экологию, но и на экономику через создание рабочих мест, повышение надежности энергогенерации, формирование добавленной стоимости [4–6].

Переход к альтернативной энергетике важен и с точки зрения здоровья человека, так как энергетика, функционирующая на ископаемом топливе, негативно влияет на здоровье и жизни людей, а также на концентрацию парниковых газов (ПГ) в приземном слое атмосферы (табл. 1).

Таблица 1. Влияние объектов энергетики на смертность населения и эмиссию ПГ

Источник	Смертность от несчастных случаев на производстве и загрязнения воздуха, случаев на тераватт-час произведенной энергии	Эмиссия парниковых газов, т
Уголь (25% мировой энергетики)	24,60	820
Нефть (31% мировой энергетики)	18,40	720
Природный газ (23% мировой энергетики)	2,80	490
Биомасса (7% мировой энергетики)	4,60	78–230
Гидроэнергетика (6% мировой энергетики)	0,02	34
Ядерная энергия (4% мировой энергетики)	0,07	3
Ветер (2% мировой энергетики)	0,04	4
Солнечная радиация (1% мировой энергетики)	0,02	5

Источник: Ritchie H. What are the safest and cleanest sources of energy. URL: <https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy> (accessed 27.01.2021).

Как видно из таблицы 1, наименьшее воздействие оказывают атомные электростанции (АЭС), гидроэлектростанции (ГЭС), солнечные и ветровые электростанции (СЭС и ВЭС соответственно). Однако в случае аварий на СЭС и ВЭС неблагоприятными последствиями окажутся только проблемы в энергообеспечении территории, в то время как при авариях на ГЭС и АЭС помимо прекращения энергогенерации последствиями будут человеческие жертвы, экологические

² Денисова А. Когда дом един. Сохранить Землю для людей удастся лишь сообща // Поиск. 2021. № 19–20. С. 12.

Таблица 2. Прогнозируемые изменения температуры у земной поверхности по причине изменения климата

Территория	Прогнозные сценарии температуры у земной поверхности, °С								
	сценарий RCP 2,6			сценарий RCP 4,5			сценарий RCP 8,5		
	2011–2031 гг.	2041–2060 гг.	2080–2099 гг.	2011–2031 гг.	2041–2060 гг.	2080–2099 гг.	2011–2031 гг.	2041–2060 гг.	2080–2099 гг.
Крайний Север	1,6–2,7	2,4–4,6	2,3–4,7	1,5–2,7	2,7–5,4	3,6–7,5	1,6–2,9	3,6–6,7	6,2–12,2
Средняя полоса РФ	1,3–1,5	1,5–2,3	1,7–2,3	1,2–1,4	2,3–2,8	2,9–3,8	1,3–1,6	2,9–3,4	5,5–7,0
Юг России	1,0–1,5	1,5–2,4	1,5–2,2	1,0–1,5	1,8–2,9	2,4–3,8	1,1–1,5	2,8–3,6	4,3–6,9

Составлено по: Сценарные прогнозы на основе глобальных моделей. URL: <https://cc.voeikovmgo.ru/ru/klimat/izmenenie-klimata-rossii-v-21-veke>; Сценарии RCP (Representative Concentration Pathways) – сценарии эволюции антропогенных выбросов парниковых газов в атмосферу в будущем. Индекс сценария соответствует величине глобального антропогенного радиационного воздействия, достигаемого в 2100 году, а именно: 2,6; 4,5 и 8,5. В нашей работе показаны три базовых сценария: RCP 2,6; RCP 4,5; RCP 8,5.

катастрофы и кризисы, а в некоторых случаях – полностью парализованная экономика территории.

Так же как и в большинстве стран мира, актуальность развития альтернативной энергетики в российских регионах обусловлена необходимостью предотвращения климатических изменений. По данным Климатического центра Росгидромета, при наиболее неблагоприятном сценарии (RCP 8,5) через 70 лет изменения среднегодовой температуры у земной поверхности могут достичь 12,2 °С относительно периода 1981–2000 гг. (табл. 2).

Как можно заметить, наибольшее негативное воздействие последствия изменения климата окажут на северные и арктические территории, где даже в рамках наиболее оптимистичного сценария повышение температуры через 70 лет может достигнуть почти 5 °С.

Если же рассматривать самый пессимистичный сценарий, то изменение температуры в пределах 6,4–12,2 °С может отразиться на здоровье и смертности населения, на природно-ресурсном потенциале, в частности биоразнообразии, а также имеющихся на этой территории сооружениях вследствие таяния многолетней мерзлоты. Профессор ИНП РАН Б. Ревич отмечает, что эти последствия изменения климата проявляются уже в настоящее время⁵.

Кроме того, актуальность развития альтернативной энергетики обусловлена и определенными проблемами с энергообеспечением, несмотря на значительные запасы топливно-энергетических ресурсов на севере страны (табл. 3).

Как видно из таблицы 3, четыре из 14 регионов Крайнего Севера изолированы от общей энергетической системы страны и еще четыре являются энергодефицитными. Отмечается, что в таких условиях при наличии соответствующих природно-климатических ресурсов и потенциальных потребителей численностью около 20 млн человек (примерная численность населения регионов Крайнего Севера и приравненных к нему территорий) альтернативная энергетика, возможно, будет более эффективной и конкурентоспособной, чем функционирующие сейчас котельные на дизельном топливе [7].

В связи с этим целью нашего исследования является анализ состояния и перспектив развития альтернативной энергетики в регионах Крайнего Севера России.

Новизна работы заключается в определении барьеров для развития объектов возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в северных регионах, а также в систематизации основных способов их преодоления.

⁵ Дризе Ю. Жаркое дыхание Севера // Поиск. 2020. № 39. С. 8–9.

Таблица 3. Соотношение потребления и выработки электроэнергии в регионах Крайнего Севера России, %

Год	Регион										Чукотский авт. округ	Магаданская область	Камчатский край	Сахалинская область
	Архангельская область + НАО	Республика Карелия	Республика Коми	Мурманская область	Иркутская область	Тюменская область + ХМАО + ЯНАО	Красноярский край	Республика Тыва*	Республика Саха (Якутия)	Хабаровский край				
2011	118,4	224,9	91,2	74,5	88,0	90,4	88,2	1335,7	51,3	131,5	Изолированы от ЕЭС России			
2012	115,7	172,2	93,9	76,9	88,2	90,2	93,8	1659,1	53,0	125,2				
2013	115,4	172,9	95,3	72,8	100,0	88,2	100,0	100,1	100,0	100,0				
2014	115,0	166,1	92,4	74,4	95,9	89,3	0	1666,9	55,6	101,7				
2015	117,6	156,0	91,0	73,9	109,4	90,2	73,1	2135,4	53,3	92,6				
2016	114,2	163,2	93,3	72,1	107,9	90,2	100,0	2056,7	58,3	102,8				
2017	116,8	150,8	92,9	73,2	111,3	93,3	75,6	2199,2	59,6	97,9				
2018	117,5	158,8	89,4	72,5	108,1	92,0	77,1	2103,9	66,4	95,8				
2019	117,1	159,1	88,8	76,3	96,4	92,1	80,0*		89,1**	125,6				
2020	115,7	142,9	88,7	75,1	93,8	93,0	82,1		89,5	126,9				
2020 год к 2011 году, п. п.	-2,7	-82,0	-2,6	0,6	5,8	2,6	-6,1	768,2	38,3	-4,6				

Курсивом выделены энергодефицитные регионы.
 * С 2019 года системный оператор единой энергетической системы учитывает генерацию и потребление энергии Республикой Тыва совместно с Красноярским краем, чем обусловлен небольшой рост соотношения потребление/выработка в последнем.
 ** В Якутии до 2018 года системный оператор единой энергетической системы учитывал только Южно-Якутский энергоцентр, чем обусловлено увеличение соотношения потребление/генерация с 2018 года.
 Составлено по: данные информационных ежемесячных обзоров Единой энергетической системы России: промежуточные итоги (оперативные данные) за период с 2011 по 2020 год.

Теоретические основы исследования

В настоящее время не сложилось единое определение категории «альтернативная энергетика». Наряду с ней используются такие понятия, как «возобновляемая энергетика», «зеленая энергетика», «устойчивая энергетика». Как правило, под альтернативной энергетикой понимаются все те объекты и способы генерации энергии, которые нельзя отнести к традиционным. К возобновляемой энергетике относятся объекты и генерация на основе возобновляемых и/или неисчерпаемых ресурсов. Низкоуглеродную энергетику чаще называют зеленой. Большинство исследователей проблем устойчивого раз-

вития используют эти категории как синонимы, под ними, как правило, подразумевается энергия, доступная для потребителей физически и финансово, генерация которой экономически выгодна и экологически безопасна [1; 3; 4; 8; 9].

Единственное, на что стоит обратить внимание, на наш взгляд, это гидроэнергетика и атомная энергетика – типы энергетики, которые, в отличие от прочих традиционных и нетрадиционных типов генерации, могут быть охарактеризованы с помощью различных категорий. Так как в основе работы гидроэлектростанций лежит движение водного потока, а атомной электростанции – ядерная реакция, то они являются низко-

Таблица 4. Виды альтернативной энергии

Объект энергетики	Источник энергии
Солнечные электростанции (СЭС)	Электромагнитное излучение Солнца
Ветряные электростанции (ВЭС)	Кинетическая энергия ветра
Малые ГЭС (МГЭС)	Движение воды в реках
Приливные и волновые электростанции	Движение воды в океанах и морях
Геотермальные станции (ГеоЭС)	Тепловая энергия горячих источников планеты
Сжигание возобновляемого топлива	Химическая энергия возобновляемого топлива
Криоэнергетика	Накопление избыточной энергии посредством сжижения воздуха
Водородная энергетика	Использование водорода в качестве средства для аккумуляирования, транспортировки, производства и потребления энергии
Грозовая энергетика	Улавливание и перенаправление энергии молний в электросеть
Гравитационная энергетика	Накопление избыточной энергии посредством запасаания ее в виде потенциальной энергии гравитационного поля
Источник: составлено автором.	

углеродными (зелеными). В то же время крупные гидроэлектростанции и атомные электростанции относятся к традиционным источникам энергии, а аварии на таких объектах влекут за собой не только проблемы с энергообеспечением, но и человеческие жертвы, экологические катастрофы, в связи с чем в рамках нашего исследования эти типы генерации будут рассматриваться как традиционные. Малые ГЭС (МГЭС), которые, подобно крупным, работают на движении водного потока, в случае аварии не провоцируют более серьезных проблем, чем временные перебои в энергообеспечении, поэтому будут отнесены нами к альтернативной энергетике.

Основной принцип генерации альтернативной энергии заключается в ее извлечении из постоянно происходящих в окружающей среде процессов или возобновляемых органических ресурсов и предоставлении для технического применения. Возобновляемую энергию получают из природных ресурсов, таких как солнечный свет, водные потоки, ветер, приливы и геотермальная теплота, которые являются возобновляемыми (пополняются естественным путем), а также из биотоплива древесины, растительного мас-

ла (рапс, рыжик и т. д.), этанола [2; 10; 11] (табл. 4).

Практика показывает, что такие виды энергетике, как криоэнергетика, грозовая, гравитационная энергетика, не получили столь широкого применения в мире, как ветровая, солнечная, био- и малая гидроэнергетика.

По мнению А. Кокорина, В. Бердина [10], Т. Klarin [11], J. Randers, D. Meadows [12], д-ра экон. наук Н.Н. Яшаловой [13], д-ра экон. наук М.Ф. Замятиной [14], а также ОЭСР⁴, ЮНЕП⁵, альтернативная энергетика является неотъемлемой составляющей реализации концепций зеленой экономики и устойчивого развития.

В рамках концепций устойчивого развития и зеленой экономики альтернативной энергетике необходимо стать устойчивой и обладать следующими признаками:

- 1) источники энергии должны быть возобновляемыми или неисчерпаемыми;
- 2) энергия должна эффективно производиться и эффективно использоваться;
- 3) быть экономически и финансово жизнеспособной;
- 4) быть безопасной и разнообразной (по используемым источникам);

⁴ Declaration on Green Growth Adopted at the Meeting of the Council at Ministerial Level on 25 June 2009. 2 p.

⁵ Навстречу «зеленой» экономике: пути к устойчивому развитию и искоренению бедности: обобщающий доклад для представителей властных структур. ЮНЕП, 2011. 52 с.; Будущее, которого мы хотим. Рио-де-Жанейро, 2012. 66 с.

Таблица 5. Преимущества и недостатки альтернативной энергетики

Преимущества	Недостатки
Стимулирование развития наукоемких технологий	В большинстве случаев энергия альтернативных источников носит рассеянный характер и характеризуется небольшой плотностью энергетических потоков, что ведет к необходимости больших габаритов энергоустановок
Экономия собственных ископаемых (нефть, газ, уголь)	Более низкие экономические показатели (большой срок окупаемости, низкая привлекательность для инвесторов)
Ориентация на использование местных энергоресурсов, что позволяет снизить энергопотери	Нестабильность выдачи мощности, которая снижает эффективность прогнозирования и управления электростанцией
Низкая вероятность техногенных катастроф (аварий, наводнений)	Сильная зависимость от погодных условий, необходимость резервировать мощностями традиционной энергетики (для нестабильных источников энергии, таких как солнце, ветер)
Меньшее воздействие на окружающую среду	Сооружение сложной дорогой инфраструктуры для обеспечения возможности получения электроэнергии от других производителей (или из других районов) в случае снижения выработки электроэнергии от нестабильных источников, необходимость создания «умных сетей» (smart-grid)
Источник: [15].	

5) быть социально справедливой (доступной в физическом и экономическом аспектах);

6) оказывать положительное социальное воздействие;

7) минимизировать воздействие на окружающую среду [8].

В целом возобновляемые источники энергии, такие как солнечная, ветровая и гидроэлектрическая энергия, широко считаются устойчивыми.

Альтернативная энергетика, так же как и традиционная (ТЭС, ГЭС, АЭС), имеет свои плюсы и минусы (табл. 5).

Основными предпосылками, определившими необходимость развития возобновляемой энергетики в мире, стали:

1) необходимость смягчения последствий изменения климата [16];

2) сокращение местного загрязнения воздуха и связанных с ним затрат и последствий для здоровья; по оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), 7,3 млн преждевременных смертей в год связаны с загрязнением воздуха; более низкие уровни загрязнения воздуха могут быть достигнуты путем перехода на более чистую энергию⁶;

3) повышение энергетической безопасности за счет снижения зависимости от им-

порта энергоносителей и защиты от непредсказуемых глобальных энергетических рынков [16];

4) повышение устойчивости энергетической системы в ожидании более частых событий, связанных с изменением климата, и стихийных бедствий; использование распределенных систем возобновляемой энергии и интеграции микросетей, наряду с более широким применением аккумуляторных батарей, может защитить от сбоя всю энергетическую систему [16];

5) возможность расширенного доступа к энергии;

6) средство создания добавленной стоимости;

7) создание рабочих мест.

В мире за последние годы мощность электростанций, функционирующих на основе ВИЭ, значительно выросла, так же как и инвестиции в ее развитие (табл. 6).

К концу 2019 года мощность ветрогенераторов выросла более чем в 4 раза (651 ГВт) по сравнению с показателем 2009 года (159 ГВт), а солнечных – в 29 раз (с 21 до 627 ГВт).

Особую актуальность переход от традиционной энергетики к альтернативной приобрел вследствие обострения проблемы глобального изменения климата. Одной из

⁶ Air quality and health. Copenhagen, 2018. 9 p.

Таблица 6. Показатели развития альтернативной энергетике в мире

Год	Инвестиции в новые возобновляемые мощности, млрд долл.	Возобновляемые источники энергии, ГВт	Мощность ГЭС, ГВт	Мощность ВЭС, ГВт	Мощность СЭС, ГВт	Производство этанола, млрд л	Производство биодизеля, млрд л
2005	40,0	930	750	59	3,5	33,0	3,9
2006	55,0	970	763	74	5,1	39,0	6,0
2007	104,0	1070	830	94	7,5	50,0	9,0
2008	120,0	1140	860	121	13,5	67,0	12,0
2009	150,0	1230	980	159	21	76,0	17,0
2010	220,0	1260	945	198	40	96,5	18,5
2011	257,0	1360	970	238	70	86,1	21,4
2012	249,0	1440	960	283	100	82,6	23,6
2013	214,4	1560	1000	318	139	87,2	26,3
2014	273,0	1701	1036	370	177	94,5	30,4
2015	312,2	1856	1071	433	228	98,3	30,1
2016	241,6	2017	1096	487	303	98,6	30,8
2017	279,8	2195	1114	539	402	106,0	36,9
2018	296,0	2387	1135	591	512	111,0	47,0
2019	301,7	2588	1150	651	627	114,0	53,5

Источник: Renewables Global Status Report. REN21, 2005–2019 гг.

первых попыток решения этой проблемы на международном уровне стала Рамочная конвенция ООН об изменении климата, подписанная более чем 150 странами мира в 1992 году⁷. Главная ее цель – стабилизация концентрации парниковых газов для недопущения негативного воздействия на климатическую систему. Страны-участники в зависимости от уровня экономического развития должны были действовать в направлении снижения, предотвращения выбросов ПГ, что главным образом обеспечивалось за счет низкоуглеродной и альтернативной энергетики. Основными недостатками данного документа явились отсутствие юридических обязательств государств по количественному сокращению выбросов ПГ, а также тот факт, что предписанные обязательства ограничивались 2000

годом и в дальнейшем были признаны недостаточными.

Следующим этапом действий по предотвращению изменения климата на международном уровне стал Киотский протокол⁸, созданный с целью практической реализации положений Рамочной конвенции и коррекции ее недостатков в 1997 году. Этот документ представлял собой только первый этап решения проблемы по снижению выбросов и концентрации ПГ в атмосферном воздухе. Основными принципами его реализации стали предосторожность и дифференцированность ответственности. Именно на этом этапе признавалась важность перестройки всей экономики (переход к зеленой экономике), прежде всего энергетики (переход от традиционной энергетики к альтернативной).

⁷ Рамочная Конвенция ООН об изменении климата. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/climate.pdf

⁸ Киотский протокол к Рамочной конвенции ООН. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml

После прекращения действия Киотского протокола было разработано и подписано Парижское соглашение⁹, направленное на «укрепление глобального реагирования на угрозу изменения климата в контексте устойчивого развития и усилий по искоренению нищеты» посредством низкоуглеродного развития, особенно важной составляющей которого выступает энергетический сектор, потому как существенное снижение концентрации ПГ в приземном слое атмосферы возможно только при условии снижения выбросов ПГ в энергетике.

Как отмечалось ранее, в России актуальность перехода к альтернативной энергетике обусловлена как необходимостью предотвращения последствий изменения климата, так и решением проблем энергообеспечения. Исследования на эту тему немногочисленны и, как правило, ориентированы на использование имеющихся местных природно-климатических ресурсов [9; 10]. В то же время есть ряд других аспектов, которые необходимо учитывать при развитии альтернативной энергетике в России.

Результаты исследования

Как отмечают чл.-корр. РАН, д-р геогр. наук, проф. В.Н. Лажнецов и канд. экон. наук С.А. Кожевников, северные регионы обладают огромным природно-ресурсным, транзитным и геостратегическим потенциалом [17; 18]. Однако существует ряд факторов, отличающих северные территории от других регионов и накладывающих определенные ограничения на развитие некоторых отраслей, в частности альтернативной энергетике.

Во-первых, это *погодно-климатические и географические особенности*. Северные регионы, особенно находящиеся за полярным кругом, характеризуются низкими, а иногда экстремально низкими температурами атмосферного воздуха, что накладывает некоторые технические ограничения на оборудование, а также может вызвать дополнительные тепловые потери. Кроме того,

в случае регионов Крайнего Севера имеют место довольно большие различия в продолжительности светового дня. Современные солнечные электростанции способны генерировать энергию и в пасмурную погоду, но в полярную ночь генерация энергии на таких электростанциях очень сильно снизится.

Во-вторых, *очаговое размещение производительных сил*, препятствующее развитию альтернативной энергетике, т. к. объекты такого вида энергогенерации характеризуются, как правило, небольшой мощностью и не могут при локально ограниченном размещении обеспечить энергией территории с очень высокой концентрацией потребителей. Альтернативная энергетика для производства большого количества энергии требует большого количества энергоустановок, которые в свою очередь займут обширную территорию (или акваторию), удаленную от места производства на значительные расстояния.

Помимо возможных энергопотерь это повлечет за собой регулярное значительное перемещение рабочей силы из места проживания к месту размещения энергоустановок, барьером чему послужит низкий уровень развития инфраструктуры. Для развития возобновляемой энергетике необходимо транспортировать энергетические установки, аккумуляторы, линии электропередач, для чего требуется хорошо развитая инфраструктура. В случае северных регионов и зависимости состояния инфраструктуры от погоды необходимы дополнительные затраты (от расчистки дорог от снега до ремонта).

Учитывая вышесказанное, выражаем солидарность с мнением ученых Института народнохозяйственного прогнозирования РАН о том, что целевым направлением для развития ВИЭ на Севере РФ на краткосрочную перспективу должна стать именно распределенная энергетика. Это обусловлено как недостаточной энергообеспеченностью отдельных регионов и их частей, так и невозможностью быстрого перехода к альтернативной энергетике и смены специализа-

⁹ Парижское соглашение (на русском языке). URL: https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_russian_.pdf

ции некоторых регионов с добычи полезных (топливно-энергетических) ископаемых [7].

Для нивелирования воздействия суровых погодных-климатических условий, а также сильно выраженной сезонности в северных регионах целесообразно использовать комбинированные установки. Они представляют собой единый энергетический комплекс, который ориентируется на доступность необходимых ресурсов. То есть когда светит солнце – работают солнечные панели, когда дует ветер – работают ветрогенераторы, когда нет солнца и ветра, включается дизель-генератор. Однако он начинает функционировать, только если в прилегающей батарее совсем не осталось энергии, если есть необходимый ток и напряжение, то включается батарея. Такая комбинация позволяет не только бесперебойно обеспечивать потребителей электричеством, но и уменьшить стоимость за кВт*ч до 15–25 руб.¹⁰ Ситуация, когда на одном месте одновременно производится топливо и на его основе генерируется и потребляется энергия, позволяет снизить стоимость генерации [19–21].

Множество населенных пунктов регионов Крайнего Севера обеспечивается энергией из изолированных систем. Основными объектами их генерации являются дизельные электростанции с низким коэффициентом полезного действия (КПД) и высокой себестоимостью энергогенерации (доходит до 80–120 руб. за кВт*ч, при условии, что дизельное топливо доставляется один раз в год во время зимнего завоза). Для сравнения, цена централизованной электроэнергии составляет 3–4 руб. за кВт*ч для конечного потребителя¹¹.

Также стоит отметить, что сфера производства объектов альтернативной энергетики активно развивается. В первую очередь разрабатываются конструкции для повышения эффективности генерации, что в значительной степени позволяет преодолеть погодно-климатический барьер. Так, в ясные дни в Арктике при падении лучей

на оптимально ориентированную поверхность поступление энергии может достигать 6–8 кВт*ч/м² в день, что сравнимо с южными территориями России. На горизонтальную поверхность поступление солнечной энергии варьируется от 2 до 5 кВт*ч/м² в день.

Что касается ветровой энергетики, то вследствие обледенения эффективность ветряка может снизиться вплоть до нуля. В случае возникновения поверхностного обледенения наблюдается резкое снижение номинальной мощности оборудования ВЭУ, вплоть до его полного отказа. В Швеции для борьбы с экстремальным обледенением используются вертолеты, которые распыляют горячую воду, для того чтобы растопить ледяную корку на поверхности лопастей. Данный способ борьбы с обледенением преподносится как аварийный, применяющийся лишь в крайних случаях. Однако его стоимость весьма значительна и составляет величину стоимости электроэнергии, получаемой за несколько дней работы ветряка, поэтому для эксплуатации в арктических областях части ветрогенератора должны быть изготовлены из специальных морозостойких материалов и оборудованы эффективной системой антиобледенения. При этом все технические жидкости, используемые в генераторе, не должны замерзнуть. Однако, учитывая, что в настоящее время уже разработаны технологии безлопастных ветряков, плавучих приливных (волновых) электростанций, а также довольно энергоемких накопителей, в целом проблему снижения эффективности генерации из-за сурового климата можно решить.

Ассоциацией развития возобновляемой энергетики (АРВЭ) на основе данных реестров Ассоциации «НП Совет рынка», АО «АТС», региональных схем и программ развития электроэнергетики была составлена карта развития возобновляемой энергетики в регионах России 1 и 2 ценовой зоны оптового рынка электроэнергии и мощности. Согласно информации карты регионы

¹⁰ Перспективы использования альтернативных источников энергии в условиях Арктики // Альба парогенераторы. URL: <https://albamakina.ru/o-kompanii/articles/perspectivy> (дата обращения 22.03.2021).

¹¹ Эксперты: в Арктике возможно широкое применение альтернативной энергетики / ТАСС. URL: <https://tass.ru/v-strane/4382568> (дата обращения 22.03.2021).

Таблица 7. Природно-климатические ресурсы в регионах Крайнего Севера

Регион	Солнечная инсоляция, кВт*ч/м ²	Среднегодовая скорость ветра, м/с
Республика Карелия	947,0	8,2
Республика Коми	839,5	7,5
Ненецкий АО	839,5	7,7
Архангельская область без Ненецкого АО	912,5	7,8
Мурманская область	800,0	8,9
Ханты-Мансийский АО – Югра	949,0	6,9
Ямало-Ненецкий АО	839,5	8,9
Тюменская область	1091,0	7,93
Республика Тыва	1390,0	7,65
Красноярский край	1054,0	8,61
Иркутская область	1183,0	6,6
Республика Саха (Якутия)	1095,0	8,6
Камчатский край	1058,5	8,8
Хабаровский край	1241,0	6,7
Магаданская область	1022,0	9,1
Сахалинская область	949,0	10,4
Чукотский автономный округ	876,0	9,3

Источники: Карта развития возобновляемой энергетики в регионах России 1 и 2 ценовой зоны оптового рынка электроэнергии и мощности / Ассоциация развития возобновляемой энергетики. URL: <http://portal.rreda.ru> (дата обращения 28.04.2021); Карты ресурсов. ГИС ВИЭР. URL: <https://gisre.ru/maps> (дата обращения 28.04.2021).

Крайнего Севера на данный момент остаются непривлекательными для развития в них энергетики на основе ВИЭ, несмотря на наличие необходимых природно-климатических ресурсов. В другом источнике¹² указано: если посмотреть на соотношение объектов энергогенерации, то можно сделать вывод о том, что в настоящее время в северных регионах преобладает энергетика, функционирующая на основе ископаемого топлива. Исключением является только Республика Карелия, где из тринадцати эксплуатирующихся электростанций десять ГЭС, из них шесть – малые ГЭС.

В 2020 году только в семи из 14 регионов Крайнего Севера России эксплуатируются (или эксплуатируются и строятся одновременно) объекты генерации на основе ВИЭ, еще в одном регионе такие объекты только строятся (ВЭС «Звездочка» и ВЭС «Мирный», мощностью 25 и 60 МВт соответственно). Также строятся пять ВЭС в Мурманской области (Ветропарк «Лодейное», Мурманская

ВЭС, Кольская ВЭС, ВЭС «Териберка», Сеть-Наволоцкая ВЭС общей проектируемой мощностью 719 МВт). Лидером по внедрению объектов альтернативной энергетики среди северных регионов можно назвать Камчатский край, где в настоящее время эксплуатируются 12 объектов, работающих на основе ВИЭ (3 ВЭС, 6 МГЭС и 3 ГеоЭС). Наиболее тяжелая ситуация с энергообеспечением как за счет традиционных, так и за счет альтернативных источников наблюдается в Республике Тыва, где есть только один объект генерации энергии – Кызылская ТЭЦ мощностью 17 МВт, а эксплуатирующихся и строящихся объектов возобновляемой энергетики нет. Стоит отметить, что в соседнем с Республикой Тыва Красноярском крае, регионе, богатом топливно-энергетическими ресурсами и не испытывающем проблем с энергообеспечением, в настоящее время строится СЭС мощностью 2,5 МВт, и это при условии обеспечения среднегодовой солнечной инсоляцией 1054 Вт*ч/м² (табл. 7).

¹² Energybase.ru. URL: <https://energybase.ru/region> (дата обращения 10.05.2021).

Для сравнения, в Республике Тыва аналогичный показатель солнечной инсоляции составляет $1390 \text{ Вт}^*\text{ч}/\text{м}^2$ – самый высокий среди северных регионов. Возможно, строительство СЭС здесь позволило бы и повысить эффективность использования имеющегося природно-ресурсного потенциала, и смягчить проблему энергодефицита. Вторым северным регионом по количеству солнечной инсоляции является Хабаровский край ($1242 \text{ Вт}^*\text{ч}/\text{м}^2$), где СЭС не эксплуатируются и не строятся.

Развитие альтернативной энергетики на Крайнем Севере, как и в других регионах России, стимулируется посредством договоров о предоставлении мощности (ДПМ) ВИЭ на оптовом рынке электроэнергии и мощности, которые устанавливают право инвесторов на получение выгод от регулируемых цен. Механизм таких договоров предусматривает решение юридических и технических проблем, появляющихся при применении «зеленых» (более высоких) цен на электроэнергию ВИЭ. Как отмечают В. Бердин, А. Кокорин, Г. Юлкин, «объектом регулирования является не объем в $\text{кВт}^*\text{ч}$ (как в других странах), а мощность в МВт (то есть не продукт, а способность его произвести). Такая форма поддержки уникальна, поскольку она предполагает финансирование строительства энергетических мощностей, а не продажи электроэнергии. Механизм был запущен в 2013 году и рассчитан на период до 2024 года. Он охватывает солнечную, ветровую генерацию и малую гидроэнергетику (до 25 МВт)» [21].

Кроме договоров поставленной мощности Министерство энергетики РФ периодически организует комиссию по предоставлению субсидий из федерального бюджета в порядке компенсации стоимости технологического присоединения для владельцев объектов ВИЭ мощностью до 25 МВт.

К настоящему времени такую компенсацию получили ООО «АльтЭнерго» (строительство биоэлектростанций, Белгородская область) и АО «НордГидро» (строительство малых гидроэлектростанций, Республика Карелия)¹³. По правилам предоставления таких субсидий их размер не должен превышать 70% стоимости технологического присоединения. Максимальный размер субсидии составляет 15 млн руб. на один генерирующий объект. Для ее получения организация-владелец генерирующего объекта ВИЭ должна представить документы, подтверждающие право собственности на объект, соответствие электростанции технологическим требованиям (работает на основе ВИЭ мощностью не более 25 МВт), платежные документы и подтверждение проведенных работ. Так, в отношении двух вышеуказанных организаций Минэнерго вынесло следующее решение: при затраченных на технологическое присоединение БиоЭС ООО «АльтЭнерго» 9,77 млн руб. выделить субсидию в размере 4,88 млн руб.; при затраченных на две МГЭС АО «НордГидро» 1,61 млн руб. выделить субсидию в размере 806,9 тыс. руб.

В стратегическом аспекте на национальном уровне наблюдается смена приоритетов и целей развития энергетики в стране. В предыдущей версии генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до 2020 года¹⁴ кроме обеспечения надежности энергообеспечения и развития энергетической инфраструктуры значительное внимание в формулировках целей уделялось экологическому аспекту: сокращению потребления невозобновляемых топливно-энергетических ресурсов; снижению экологической нагрузки от деятельности топливно-энергетического комплекса.

В новой версии Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до

¹³ Решения о предоставлении субсидий из федерального бюджета на государственную поддержку технологического присоединения генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии / Министерство энергетики России. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/12223> (дата обращения 09.02.2021).

¹⁴ Об одобрении Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до 2020 года: Распоряж. Правительства Российской Федерации от 22 февраля 2008 года № 215-р.

Таблица 8. Доля ВИЭ в энергобалансе объединенных энергосистем (ОЭС), %

Энергосистема	2020 год	2025 год	2030 год	2035 год
ЕЭС РФ	0,9	0,9	0,9	1,0
ОЭС Северо-Запада	0,6	0,6	0,6	0,6
ОЭС Центра	0,2	0,2	0,2	0,2
ОЭС Средней Волги	0,7	0,8	0,8	0,7
ОЭС Юга	4,6	4,7	4,6	5,6
ОЭС Урала	0,9	0,9	0,9	0,9
ОЭС Сибири	0,4	0,4	0,4	0,4
ОЭС Востока России	0,0	0,0	0,0	0,0
Изолированные энергосистемы	2,2	2,3	2,5	2,9

Источник: Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 года.

2035 года¹⁵ основные цели направлены на энергообеспечение изолированных от единой энергосистемы территорий, повышение надежности энергообеспечения; обеспечение инфраструктуры для транспортировки энергии в соседние страны. Среди основных целей снижение экологической нагрузки и использования невозобновляемых ископаемых ресурсов не отражено. В то же время в этом документе планируется развитие ВИЭ, однако, по каким-то причинам, его доля в энергобалансе не запланирована как устойчиво растущая (табл. 8).

Согласно последней редакции Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики за период с 2020 по 2035 год планируется увеличить долю ВИЭ в энергобалансе страны только на 1 п. п. и тем самым довести ее до 1%. В Восточной объединенной энергосистеме вовсе не планируется внедрять мощности объектов ВИЭ в энергобаланс. Наибольшее количество мощности возобновляемой энергетики планируется в объединенной энергосистеме Юга.

Положительным моментом для северных территорий является тот факт, что в энергобаланс регионов, изолированных от Единой энергосистемы страны, планируется вовлечь 166 МВт (2,9% от общей мощности энергосистемы) мощностей объектов ВИЭ.

Опыт разных стран мира свидетельствует, что обширному внедрению альтернатив-

ных источников энергии главным образом способствовали три ключевых фактора: достижение ценового паритета и производительности с традиционной энергетикой; возможность экономичной и стабильной интеграции энергосетей; стимулирование развития технологических инноваций [22].

Во многих государствах несубсидированная нормированная стоимость электроэнергии (Levelized Cost of Energy, LCOE), получаемой с помощью наземных ВЭС и СЭС, уже фактически сравнялась или стала ниже стоимости энергии, генерируемой посредством большинства других технологий. Основным недостатком ВИЭ, препятствующим инвестированию и дальнейшему развитию этой сферы, считалась нестабильная генерация энергии по причине зависимости от погодных условий. Однако растущая доступность различных инноваций, в том числе аккумуляторных батарей, позволяет повысить надежность ВИЭ, необходимую для конкуренции с традиционными источниками [22].

С точки зрения цены наземные ветровые установки стали самым дешевым источником электроэнергии в мире (рис.).

Показатель LCOE для ВЭС и СЭС составляет 30–60 долл. США за 1 МВт*ч, что ниже цен на природный газ – наиболее дешевое ископаемое топливо (42–78 долл. США за 1 МВт*ч). По экономичности крупные фотоэлектрические СЭС лишь немного уступа-

¹⁵ Об утверждении Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики на период до 2035 года: Распоряж. Правительства Российской Федерации от 9 июня 2017 года № 1209-р. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/8504>

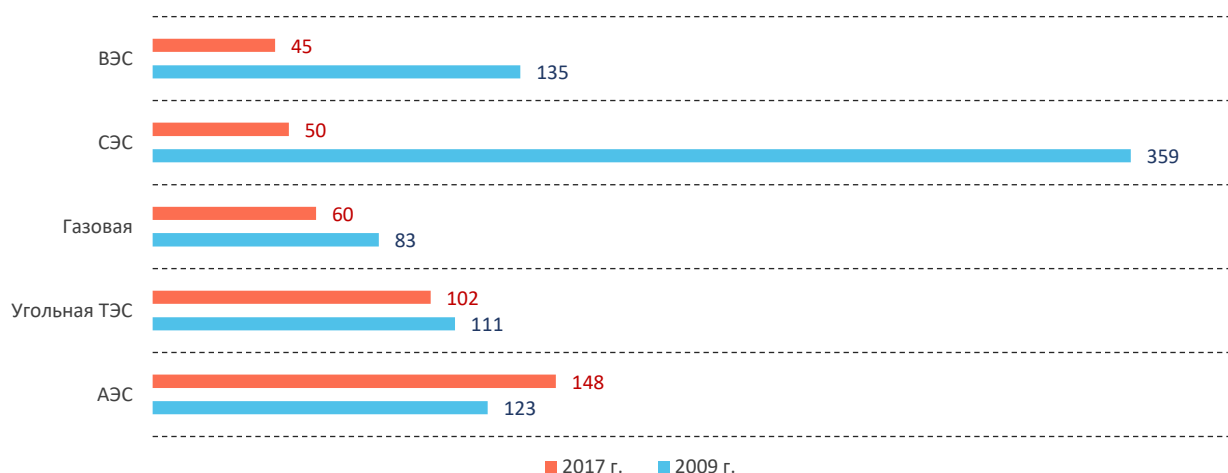


Рис. Медианное значение несубсидированной стоимости 1 МВт*ч, долл.

Источник: Инфраструктура пространственного развития РФ: транспорт, энергетика, инновационная система, жизнеобеспечение: монография / под ред. О.В. Тарасовой. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2020. 456 с.

ют ВЭС, занимая второе место. В частности, верхняя граница диапазона нормированной стоимости электроэнергии для крупных фотоэлектрических СЭС (43–53 долл. США / МВт*ч) ниже, чем для любого другого источника энергии [22]. Модернизация и техническое перевооружение ВЭС в развитых странах также приводят к снижению средней общемировой стоимости ветровой энергии за счет повышения коэффициента использования установленной мощности (КИУМ)¹⁶.

В случае распределенного производства электроэнергии (целесообразного для Крайнего Севера России) ценовой паритет будет достигнут тогда, когда самостоятельно вырабатывать энергию станет дешевле, чем платить по счетам энергетической компании. В области распределенной солнечной энергетики в государствах-лидерах по развитию ВИЭ ценовой паритет уже достигнут даже без субсидирования со стороны государства¹⁷.

Более того, отмечается, что достижению ценового паритета будет способствовать межгосударственная и межрегиональная работа над совместными проектами альтернативной энергетики. Такое партнерство также будет полезно при решении про-

блемы дисбаланса энергоресурсов. В качестве примера можно привести Германию и Великобританию с достаточно скромным количеством поступающего солнечного излучения, но в то же время именно в этих странах наблюдается передовое развитие солнечной энергетики. Одновременно Африка и Южная Америка располагают наибольшим объемом солнечных ресурсов, но значительная часть из них до сих пор не используется.

В Северной Европе и на некоторых территориях США особенно широко распространено создание энергообъединений с соседними государствами и регионами. Такое расположение энергообъектов может обеспечить более стабильную выработку энергии. Например, датская и немецкая энергосети интегрированы между собой и являются самыми надежными в мире. У регионов Крайнего Севера есть опыт такого энергообъединения. Речь идет о совместном (Россия и Норвегия) Пазском каскаде ГЭС на реке Паз, протекающей из Финляндии через Мурманскую область в Норвегию. В каскад входят семь ГЭС, пять из них в Мурманской области, две – в Норвегии. Генерируемая ими энергия распределяется

¹⁶ Мотыка М., Слотер Э.Э.К. Международные тенденции в области возобновляемых источников энергии. Солнечно-ветровая энергия: больше чем мейнстрим. Лондон: Delight Insight 2019. 39 с.

¹⁷ Эксперты: в Арктике возможно широкое применение альтернативной энергетики / ТАСС. URL: <https://tass.ru/v-strane/4382568> (дата обращения 22.03.2021).

в Россию, Норвегию и Финляндию. В то же время стоит отметить ограниченность возможности использовать такой инструмент в регионах Крайнего Севера России в международном масштабе по причине отсутствия у них большого количества межгосударственных границ (единственным северным регионом, у которого есть граница с другими странами, является Мурманская область). Тем не менее создание межрегиональных энергообъединений позволит, на наш взгляд, снизить энергодефицитность некоторых регионов, не оказывая значительного влияния на соседние. Например, при объединении энергосистем Республики Тыва и Красноярского края соотношение потребления и генерации окажется менее единицы, соответственно, не будет энергодефицитным (см. табл. 3).

Заключение

Таким образом, в ходе работы установлено, что основным направлением развития ВИЭ на Севере в краткосрочной перспективе должна стать распределенная энергетика. В настоящее время развитие ВИЭ в северных регионах не является приоритетным по сравнению традиционной энергетикой. Эти территории на данный момент оста-

ются малопривлекательными для развития альтернативной энергетики, несмотря на обеспеченность природно-климатическими ресурсами. Основными факторами, ограничивающими развитие альтернативной энергетики на Севере, выступают недостаточная развитость инфраструктуры и определенная дороговизна внедрения ВИЭ в текущую схему энергообеспечения изолированных от ЕЭС регионов. В то же время анализ показал возможность преодоления погодно-климатического барьера через применение инновационных адаптированных технологий генерации энергии на основе ВИЭ.

Дальнейшие этапы исследования будут посвящены проблемам преодоления выявленных барьеров, а также перспективам применения технологических решений («умные» сети, трансформация), разработке ГИС, отражающей текущее и оптимальное размещение объектов и инфраструктуры альтернативной энергетики.

Исследование вносит вклад в расширение понимания роли альтернативной энергетики в решении проблем изменения климата, энергообеспечения энергодефицитных и изолированных северных регионов страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Irrsryad M.I., Halog, A., Nepal R. Renewable energy projections for climate change mitigation: An analysis of uncertainty and errors . *Renewable Energy*. Elsevier Ltd, 2019, vol. 130, pp. 536–546.
2. Solaun K., Cerda E. Climate change impacts on renewable energy generation. A review of quantitative projections. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2019, vol. 116, art. 109415 Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119306239> (accessed 27.02.2021). DOI: 10.1016/j.rser.2019.109415
3. Guarda E.L., Domingos A., Mansuelo R., Jorge A., Hoffmann S., Martins D., Cleonice L., Sanches J., Machado C., Marlon L., Callejas I.J. The influence of climate change on renewable energy systems designed to achieve zero energy buildings in the present: A case study in the Brazilian Savannah. *Sustainable Cities Society*, 2020, vol. 52, art. 101843. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670719304512> (accessed 27.01.2021). DOI: 10.1016/j.scs.2019.101843
4. Chen A.A. [et al.]. Pathways to climate change mitigation and stable energy by 100% renewable for a small island: Jamaica as an example. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd, 2020, vol. 121, art. 109671. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119308767> (accessed 27.04.2021). DOI: 10.1016/j.rser.2019.109671
5. Проблемы экономического роста территории / Т.В. Ускова [и др.]. Вологда: ИСЭРТ РАН, 2013. 170 с.

6. Кожевников С.А., Лебедева М.А. Проблемы перехода к зеленой экономике в регионе (на материалах Европейского Севера России) // Проблемы развития территории. 2019. № 4 (102). С. 72–88. DOI: 10.15838/ptd.2019.4.102.4
7. Порфирьев Б., Широков А., Колпаков А. Как пройти тур // Эксперт. 2021. № 4. С. 66–69.
8. Davidsdottir B. Sustainable energy development. *Comprehensive Renewable Energy*, 2012. Available at: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/sustainable-energy-development/pdf> (accessed 27.01.2021).
9. Слепухина Т.А. Взаимодействие государства и бизнеса в сфере альтернативной энергетики стран Азиатско-Тихоокеанского региона на примере КНР // Азиатско-Тихоокеанский регион: экономика, политика, право. 2016. Т. 18. № 3. С. 117–124.
10. Бердин В., Кокорин А., Поташников Г. Развитие ВИЭ в России: потенциал и практические шаги // Экономическая политика. 2020. № 2. С. 106–135.
11. Klarin T. The Concept of sustainable development: From its beginning to the contemporary issues. *Zagreb International Review of Economics and Business*, 2018, vol. 21, no. 1, pp. 67–94.
12. Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens W.W. *The Limits to Growth*. New York: Universe book, 1997. 211 p.
13. Яшалова Н.Н. Стимулирование устойчивого эколого-экономического развития региона. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2015. 372 с.
14. Замятина М.Ф. Теоретико-методологические проблемы управления регионом на принципах эколого-экономической и эколого-социальной сбалансированности // Экономика и управление. 2012. Т. 4. № 78. С. 54–59.
15. Гасникова А.А. Роль традиционной и альтернативной энергетики в регионах Севера // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2013. Т. 29. № 5. С. 77–88.
16. Ferroukhi R., Frankl P., Lins C. *Renewable Energy Policies in a Time of Transition*. Paris: REN21, IRENA, 2018. 112 p.
17. Кожевников С.А. Интеграция экономического пространства северного региона: особенности и проблемы обеспечения // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2020. Т. 13. № 6 (72). С. 68–83.
18. Лаженцев В.Н. Экономико-географические аспекты развития Севера России. Сыктывкар: ИСЭиЭПС ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2018. 93 с.
19. Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения потребителей в Арктической зоне Российской Федерации / О.С. Попель [и др.] // Арктика: экология и экономика. 2015. № 1. С. 64–69.
20. Смоленцев Д.О. Развитие энергетики Арктики: проблемы и возможности малой генерации // Арктика: экология и экономика. 2012. № 3. С. 22–29.
21. Возобновляемые источники энергии в изолированных населенных пунктах Российской Арктики / В.Х. Бердин [и др.]. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2017. 80 с.
22. Ермоленко Г., Сапаров М. Широкомасштабное развитие возобновляемых источников энергии и его влияние на рынок электроэнергии и сетевую инфраструктуру. ЕЭК ООН, 2020. 84 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Марина Анатольевна Лебедева – инженер-исследователь, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Вологодский научный центр Российской академии наук». Российская Федерация, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а; e-mail: lebedevamarina1@mail.ru

Lebedeva M.A.

THE STATE AND PROSPECTS OF RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT IN THE REGIONS OF THE FAR NORTH OF RUSSIA

One of the most important humanity problems in the 21st century is global climate change, the main cause of which scientists see in excessive amounts of greenhouse gas emissions. A key role in solving this problem is assigned to alternative energy as an industry characterized by a very low carbon footprint or its absence. In the conditions of the Russian regions, especially the northern ones, which are the most exposed to the negative impact of the consequences of climate change, the relevance of the alternative energy development increases due to the fact that some of them are either energy deficient or isolated from the unified energy system of the country. The purpose of the work is to analyze the state and prospects for developing alternative energy in the regions of the Far North of Russia. The study found that distributed alternative energy is the most promising and competitive on a short-term basis, due to the low capacity of its facilities and placement focality of productive forces. The weather and climate barrier of the northern zone can be overcome using innovative adapted technologies, combined installations and energy accumulators. At the moment, the main barriers to the green energy development in the North are insufficient level of transport infrastructure development, high cost of building renewable energy facilities and their introduction into the existing energy supply scheme. The northern regions remain unattractive for their green energy development due to the identified barriers, but at the same time, they have necessary natural and climatic resources. The main economic incentive instruments are contracts for the delivered capacity and subsidies-compensation for the costs of technological connection of renewable energy facilities. Despite this, there are no plans to significantly increase the capacity of green energy facilities in the Russian North in the future for 2024.

The Far North of Russia, sustainable development, green economy, renewable energy, renewable energy sources, non-subsidized normalized cost, price parity, interregional cooperation.

REFERENCES

1. Irrsryad M.I., Halog, A., Nepal R. Renewable energy projections for climate change mitigation: An analysis of uncertainty and errors. *Renewable Energy*. Elsevier Ltd, 2019, vol. 130, pp. 536–546.
2. Solaun K., Cerda E. Climate change impacts on renewable energy generation. A review of quantitative projections. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2019, vol. 116, art. 109415 Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119306239> (accessed 27.02.2021). DOI: 10.1016/j.rser.2019.109415
3. Guarda E.L., Domingos A., Mansuelo R., Jorge A., Hoffmann S., Martins D., Cleonice L., Sanches J., Machado C., Marlon L., Callejas I.J. The influence of climate change on renewable energy systems designed to achieve zero energy buildings in the present: A case study in the Brazilian Savannah. *Sustainable Cities Society*, 2020, vol. 52, art. 101843. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670719304512> (accessed 27.01.2021). DOI: 10.1016/j.scs.2019.101843
4. Chen A.A. [et al.]. Pathways to climate change mitigation and stable energy by 100% renewable for a small island: Jamaica as an example. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd, 2020, vol. 121, art. 109671. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119308767> (accessed 27.04.2021). DOI: 10.1016/j.rser.2019.109671
5. Uskova T.V. et al. *Problemy ekonomicheskogo rosta territorii* [Problems of the Territory's Economic Growth]. Vologda: ISERT RAN, 2013. 170 p.
6. Kozhevnikov S.A., Lebedeva M.A. Problems of transition to green economy in the region (based on materials of the European North of Russia). *Problemy razvitiya territorii=Problems of Territory's Development*, 2019, vol. 4, no. 4 (102), pp. 72–88. DOI: 10.15838/ptd.2019.4.102.4 (in Russian).

7. Porfir'ev B., Shirov A., Kolpakov A. How to complete the tour. *Ekspert=Expert*, 2021, no. 4, pp. 66–69 (in Russian).
8. Davidsdottir B. Sustainable energy development. *Comprehensive Renewable Energy*, 2012. Available at: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/sustainable-energy-development/pdf> (accessed: January 27, 2021).
9. Slepukhina T.A. State and business interaction in the field of alternative energy in the Asia-Pacific region by the example of the PRC. *Aziatsko-Tikhookeanskii region: Ekonomika, politika, parvo=Pacific Rim: Economics, Politics, Law*, 2016, vol. 18, no. 3, pp. 117–124 (in Russian).
10. Berdin B., Kokorin A., Potashnikov G. Renewable energy development in Russia: potential capacities and practical steps. *Ekonomicheskaya politika=Economic Policy*, 2020, no. 2, pp. 106–135 (in Russian).
11. Klarin T. The Concept of sustainable development: From its beginning to the contemporary issues. *Zagreb International Review of Economics and Business*, 2018, vol. 21, no. 1, pp. 67–94.
12. Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens W.W. *The Limits to Growth*. New York: Universe book, 1997. 211 p.
13. Yashalova N.N. *Stimulirovanie ustoichivogo ekologo-ekonomicheskogo razvitiya regiona* [Stimulating Sustainable Ecological and Economic Development of the Region]. Moscow: Lomonosov Moscow State University, 2015. 372 p.
14. Zamyatina M.F. Theoretical and methodological problems of regional management in the sphere of ecological, economic and social balance. *Ekonomika i upravlenie=Economics and Management*, 2012, vol. 4, no. 78, pp. 54–59 (in Russian).
15. Gasnikova A.A. The role of conventional and alternative energy in the region of the North. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz=Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2013, vol. 29, no. 5, pp. 77–88 (in Russian).
16. Ferroukhi R., Frankl P., Lins C. *Renewable Energy Policies in a Time of Transition*. Paris: REN21, IRENA, 2018. 112 p.
17. Kozhevnikov S.A. Integration of economic space of the Northern region: features and problems of ensuring. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz=Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2020, vol. 13, no. 6 (72), pp. 68–83 (in Russian).
18. Lazhentsev V.N. *Ekonomiko-geograficheskie aspekty razvitiya Severa Rossii* [Economic and Geographical Aspects of the Development of the Russian North]. Syktyvkar: ISE&EPN Komi SC UB RAS, 2018. 93 p.
19. Popel O.S. et al. Renewable energy for power supply in the Arctic Zone of the Russian Federation. *Arktika: ekologiya i ekonomika=Arctic: Ecology and Economy*, 2015, no. 1, pp. 64–69 (in Russian).
20. Smolentsev D.O. Arctic energy development: problems and opportunities of small-scale generation. *Arktika: ekologiya i ekonomika=Arctic: Ecology and Economy*, 2012, no. 3, pp. 22–29 (in Russian).
21. Berdin V.Kh. et al. *Vozobnovlyaemye istochniki energii v izolirovannykh naseleennykh punktakh Rossiiskoi Arktiki* [Renewable Energy Sources in Isolated Settlements of the Russian Arctic]. Moscow: World Wide Fund for Nature (WWF), 2017. 80 p.
22. Ermolenko G., Saparov M. *Shirokomasshtabnoe razvitie vozobnovlyaemykh istochnikov energii i ego vliyanie na rynek elektroenergii i setevuyu infrastrukturu* [Large-Scale Development of Renewable Energy Sources and Its Impact on the Electricity Market and Network Infrastructure]. ECE, UN, 2020. 84 p.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Marina A. Lebedeva – Research Engineer, Federal State Budgetary Institution of Science “Vologda research Center of the Russian Academy of Sciences”. 56A, Gorky Street, Vologda, 160014, Russian Federation; e-mail: lebedevamarina1@mail.ru