

УДК 332.1

DOI: 10.17586/2310-1172-2021-14-3-58-74

Научная статья

Предпосылки и проблемы развития альтернативной энергетики в субъектах Европейского Севера России*

Лебедева М.А. lebedevamarina1@mail.ru

ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук»
160014, Россия, г. Вологда, ул. Горького, 56 а

Альтернативная энергетика является неотъемлемой частью концепций зеленой экономики и устойчивого развития, так как именно она играет решающую роль в достижении целей по борьбе с изменением климата. В России актуальность развития альтернативной энергетики обусловлена не только экологическими проблемами, но и вопросами энергообеспечения, которые особенно остро проявляются на Севере страны. Среди всех северных территорий России отдельного внимания заслуживает Европейский Север России как регион, обладающий огромным геостратегическим и природно-ресурсным потенциалом, но в то же время, имеющий ряд как эколого-экономических, так и энергетических проблем. Целью настоящей работы стало выявление предпосылок и проблем развития альтернативной энергетики в субъектах Европейского Севера России. В результате исследования установлено, что Европейский Север России является энергодефицитным регионом (за счет собственных мощностей может обеспечить внутренние потребности в энергии только на 96%). В то же время на рассматриваемой территории есть необходимые ресурсы для развития возобновляемой энергетики, а также потенциальный спрос на нее. Выявлено, что основными барьерами, ограничивающими развитие альтернативной энергетики на Европейском Севере России, являются слабая инвестиционная привлекательность; восприятие территории Европейского Севера России как сырьевой кладовой (большой запас топливно-энергетических ресурсов); расположение в неценовой зоне оптового рынка, что ограничивает размер государственной поддержки, а также необходимость дополнительных затрат для нейтрализации погодно-климатического фактора. Кроме того, определено, что в регионах, где используются как традиционная, так и альтернативная энергетика, тарифы на электроэнергию ниже, чем в субъектах с исключительно традиционной энергетикой. В управленческом аспекте результаты анализа стратегических документов показывают некоторую несогласованность приоритетов по развитию альтернативной энергетики на федеральном и региональном уровнях.

Ключевые слова: зеленая экономика, устойчивое развитие, альтернативная энергетика, Европейский Север России, распределенная энергетика.

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

Prerequisites and problems of alternative energy development in the subjects of the European North of Russia

Lebedeva M.A. lebedevamarina1@mail.ru

Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
56a, Gorky str., Vologda, 160014, Russia

Alternative energy is an integral part of the concepts of green economy and sustainable development, as it plays a crucial role in achieving the goals to combat climate change. In Russia, the relevance of the development of alternative energy is due not only to environmental problems, but also to energy supply issues, which are especially acute in the north of the country. Among all the northern territories of Russia, the European North of Russia deserves special attention as a region with a huge geostrategic and natural resource potential, but at the same time, it has a number of environmental, economic and energy problems. The purpose of this work was to identify the prerequisites and problems of the development of alternative energy in the subjects of the European North of

Russia. As a result of the study, it was found that the European North of Russia is an energy-deficient region (it can only meet domestic energy needs by 96% at the expense of its own capacities). At the same time, the territory under consideration has the necessary resources for the development of renewable energy, as well as potential demand for it. It is revealed that the main barriers limiting the development of alternative energy in the European North of Russia are weak investment attractiveness; perception of the territory of the European North of Russia as a raw material storehouse (a large supply of fuel and energy resources); location in the non-price zone of the wholesale market, which limits the amount of state support, as well as the need for additional costs to neutralize the weather and climate factor. In addition, it was determined that in regions where both traditional and alternative energy are used, electricity tariffs are lower than in subjects with exclusively traditional energy. In the managerial aspect, the results of the analysis of strategic documents show some inconsistency of priorities for the development of alternative energy at the federal and regional levels.

Keywords: green economy, sustainable development, alternative energy, the European North of Russia, distributed energy.

Введение

В настоящее время альтернативная энергетика является неотъемлемой составляющей таких концепций как зеленая экономика и устойчивое развитие, реализация которых на различных уровнях должна обеспечить благополучие всего человечества [1–6]. Одними из важнейших целей этих концепций является «борьба с изменением климата», а также «недорогая и чистая энергия»¹. Ключевым элементом в достижении этих целей является переход от традиционной к альтернативной энергетике, как к отрасли с небольшими выбросами парниковых газов – основной причины проблемы современного изменения климата [7–9]. Кроме того, развитие такой низкоуглеродной энергетике позволяет положительно воздействовать не только на экологию, но и на экономику через создание рабочих мест, повышение надежности энергогенерации, создание добавленной стоимости.

Развитие альтернативной энергетике в большинстве стран мира обусловлено, главным образом, достижением такой цели устойчивого развития (ЦУР) как «борьба с изменением климата». В случае российских регионов актуальность перехода к альтернативной энергетике обоснована и достижением экологических ЦУР, и необходимостью децентрализованного энергоснабжения удаленных регионов. В отношении этих проблем особого внимания заслуживают именно северные регионы, так как именно они в большей степени подвержены негативным последствиям климатических изменений в силу большей уязвимости природной среды, а также недостаточной обеспеченности энергией из централизованных энергосистем по причине большого энергопотребления из-за сурового климата. Так, например, согласно прогнозам климатического центра Росгидромета, наибольшему изменению температуры подвергнутся северные и арктические территории, где даже в рамках наиболее оптимистичного сценария RCP 2,6 повышение температуры через 70 лет может достигнуть почти пяти градусов (табл. 1).

¹ Преобразование нашего мира. Повестка дня на период до 2030 года» URL: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=R

Таблица 1

**Прогнозируемые изменения температуры у земной поверхности
 по причине изменения климата²**

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
Юг России	1-1,5	1,5-2,4	1,5-2,2	1-1,5	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>

Если же рассматривать наиболее пессимистичный сценарий RCP8,5, то изменение температуры в пределах 6,2 – 12,2 °С может отразиться на человеческом, природном капитале, а также на инженерной и производственной инфраструктуре вследствие таяния многолетней мерзлоты. Профессор ИНИ РАН Б. Ревич отмечает, что эти последствия изменения климата проявляются уже в настоящее время³.

Среди всех северных российских территорий считаем необходимым выделить Европейский Север России, как геостратегический регион со значительным природно-ресурсным и производственным потенциалами, и, в то же время, множеством как эколого-экономических, так и энергетических проблем. Поэтому целью этого исследования стало обоснование предпосылок и проблем развития альтернативной энергетики в регионах Европейского Севера России.

Новизна настоящей работы заключается в определении проблем и предпосылок развития объектов возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в субъектах Европейского Севера России.

Теоретические аспекты исследования

До сих пор не сложилось единого понимания категории «альтернативная энергетика» и наряду с ним используются такие понятия как «возобновляемая энергетика», «зеленая энергетика». Под альтернативной энергетикой чаще всего понимаются все те объекты и способы генерации энергии, которые нельзя отнести к традиционным. Возобновляемая энергетика включает в себя объекты, генерирующие энергию на основе возобновляемых и/ или неисчерпаемых ресурсов. Зеленой называют низкоуглеродную энергетику. Многими исследователями эти категории используются как синонимы, потому что, как правило, под ними подразумевается одно и то же: энергия доступная для потребителей физически и финансово, генерация которой экономически выгодна и экологически безопасна [7,9–12].

Основная отличительная черта альтернативной энергии – ее источники, которыми являются постоянно происходящие процессы в окружающей среде или возобновляемые органические ресурсы.

Особую актуальность переход от традиционной энергетики альтернативной приобрел вследствие обострения проблемы глобального изменения климата. Одной из первых попыток решения этой проблемы на международном уровне стала Рамочная конвенция ООН об изменении климата, подписанная более чем 150 странами мира в 1992 г⁴. Главной целью Конвенции была стабилизация концентрации парниковых газов для недопущения негативного воздействия на климатическую систему. Страны-участники в зависимости от своего уровня экономического развития должны были действовать в направлении снижения, предотвращения выбросов парниковых газов (ПГ), что главным образом, обеспечивалось за счет низкоуглеродной и

² 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 г., а именно: 2,6; 4,5 и 8,5. В этой работе показаны три базовых сценария: RCP 8.5, RCP 4.5, RCP 2.6.

³ Дризе Ю. Жаркое дыхание Севера // газета «Поиск» №39. С. 8-9

⁴ Рамочная Конвенция ООН об изменении климата.

URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/climate.pdf

альтернативной энергетики. Однако в этом документе не были юридически закреплены обязательства стран по снижению выбросов ПГ.

Учитывая имеющиеся пробелы в вышерассмотренной Конвенции, в 1997 году был разработан Киотский протокол⁵. Этот документ представлял собой только первый этап решения проблемы снижения 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) и, прежде всего, энергетики (переход от традиционной к альтернативной энергетике).

В дальнейшем на смену Киотскому протоколу было подписано Парижское соглашение⁶, направленное на «укрепление глобального реагирования на угрозу изменения климата в контексте устойчивого развития и усилий по искоренению нищеты» через низкоуглеродное развитие, особенно важной оставляющей которого является энергетический сектор, потому как существенное снижение концентрации ПГ в приземном слое атмосферы возможно только при условии снижения выбросов ПГ в энергетике.

В мире за последние годы мощность электростанций, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), значительно выросла, также как и инвестиции в ее развитие (табл. 2).

Таблица 2

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	Производство этанола, млрд литров	Производство биодизеля, миллиардов литров
2005	40	930	750	59	3,5	33	3,9
2006	55	970	763	74	5,1	39	6
2007	104	1070	830	94	7,5	50	9
2008	120	1140	860	121	13,5	67	12
2009	150	1230	980	159	21	76	17
2010	220	1260	945	198	40	96,5	18,5
2011	257	1360	970	238	70	86,1	21,4
2012	249	1440	960	283	100	82,6	23,6
2013	214,4	1560	1000	318	139	87,2	26,3
2014	273	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	36,9
2018	296	2387	1135	591	512	111	47
2019	301,7	2588	1150	651	627	114	53,5

Источник: *Renewables Global Status Report. REN21 за 2005 по 2019 гг.*

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

⁵ Киотский протокол к Рамочной конвенции ООН. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml

⁶ Парижское соглашение (на русском языке).

URL: https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_russian_.pdf

В настоящее время актуальность развития альтернативной энергетики в России обусловлена и экологическими проблемами, а также особенностями политики зарубежных стран – торговых партнеров. Так, в Европейском союзе в 2019 году был принят «Европейский зеленый курс», целью которого является достижение углеродной нейтральности к 2050 году. Для защиты внутреннего производителя в рамках данного курса Евросоюзом предлагается внедрение трансграничного углеродного налога – специальной пошлины на импортируемые товары, которая позволит добиться «сопоставимой» компенсации для выравнивания конкуренции с производством внутри ЕС. Размер ставки налога пока не определен и оценивается предварительно в 40-75 евро за тонну CO₂-эквивалента⁷. Согласно проекту бюджета ЕС на 2021–2027 годы, введение углеродного сбора может обеспечить от 5 до 14 млрд евро в год. Президент Российского союза промышленников и предпринимателей (РСП) Александр Шохин оценивал стоимость углеродного сбора для России до 6 млрд евро ежегодно⁸.

Состояние альтернативной энергетики в регионах Европейского Севера России

Рассматривая Европейский Север России (ЕСР), можно сказать, что его социально-экономическое развитие неоднородно, так как каждый отдельно взятый субъект в некоторой степени отличается от другого на ЕСР структурой экономики (во многом определяемой имеющимися природными ресурсами), конкретными условиями хозяйствования, в том числе неодинаковой удаленностью от более южных крупных городов, являющихся транспортными и промышленными центрами.

В то же время практические всем территориям Севера, за исключением промышленно освоенной части, свойственны низкая численность и плотность населения. По причине экономической нецелесообразности их централизованного энергоснабжения, такие потребители обеспечиваются энергией не из государственных энергосистем, а децентрализованно от автономных малых электростанций, чаще всего дизельных[1,10,12–16].

Децентрализованное энергоснабжение в общем объеме энергогенерации составляет только несколько процентов, но в то же время оно обеспечивает необходимые условия жизнедеятельности для населения изолированных территорий, в том числе и коренных народов Севера.

В последнее время в качестве замены дизельных генераторов все чаще рассматривают возобновляемую энергетику, которая не требует завоза дизельного топлива в удаленные местности, в соответствии с чем является менее затратной и более экологически безопасной[13].

Как на Севере, так и в других регионах, на развитие альтернативной энергетики оказывают влияние такие факторы как ресурсная обеспеченность, наличие спроса. При рассмотрении потребительских предпосылок, необходимо учесть такие характеристики территории как энергетический баланс (возможность региона самостоятельно обеспечить себя тепло- и электроэнергией), цена электроэнергии, удовлетворенность населения услугами энергообеспечения.

При рассмотрении возможности регионов ЕСР обеспечить потребности в энергии собственной генерацией, было выявлено, что 3 из 5 субъектов являются энергодефицитными. Энергопрофицит Мурманской области, на наш взгляд, обусловлен работой Кольской АЭС. Более того, Европейский Север России в целом является энергодефицитным, несмотря на обеспеченность энергетическими природными ресурсами (рис. 1).

⁷ Путин увидел в трансграничном углеродном регулировании ЕС элемент нечестной конкуренции. URL: <https://www.interfax.ru/business/742684>

⁸ Трансграничное углеродное регулирование // Газета "Коммерсантъ" №215 от 24.11.2020
<https://www.kommersant.ru/doc/4584233>

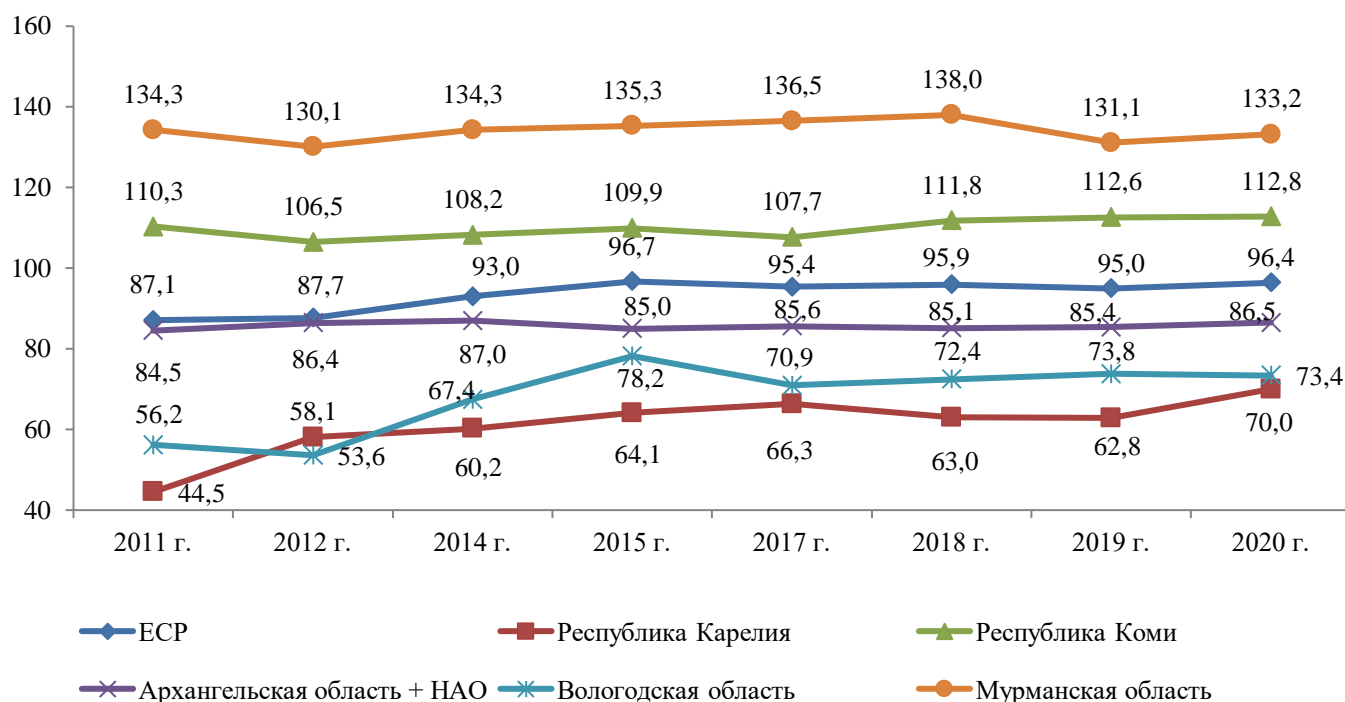


Рис. 1. Доля энергетической самообеспеченности субъектов ЕСР,%.
 Рассчитано по декабрьским информационным обзорам Системного оператора Единой энергетической системы России за 2011–2020 гг.

В то же время стоит отметить, что энергодефицит наблюдается как в регионах развивающих ВИЭ (Республика Карелия), так и в тех, которые работают исключительно на ископаемом топливе (Вологодская область и Архангельская область). Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что дополнительные мощности в таких регионах должны быть востребованы. Опрос, проведенный Росстатом в 2018 году, показал, что порядка 10-25% домохозяйств ЕСР указывают на некоторые проблемы в централизованном энергообеспечении. Так, в Ненецком автономном округе, Республике Карелии и Вологодской области преимущественной проблемой считают недостаток выделенной мощности, а в Республике Коми, Мурманской и Архангельской области – перебои централизованной подачи (рис. 2).

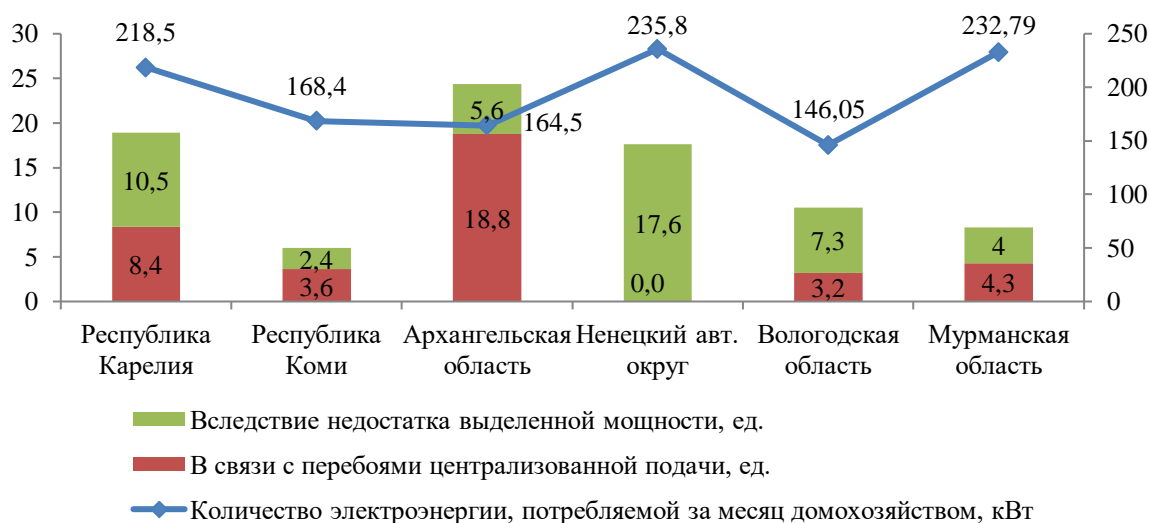


Рис. 2. Доля домохозяйств, указавших на наличие проблем в энергоснабжении,%.
 Источник: URL: https://gks.ru/free_doc/new_site/KOUZ18/index.html

Энергетика Европейского Севера России относится к двум объединенным энергосистемам (ОЭС) – ОЭС Северо-Запада (Архангельская область, Мурманская область, Ненецкий автономный округ, Республика

Карелия, Республика Коми) и ОЭС Центра (Вологодская область). Доля возобновляемых источников энергии в их объеме их генерации значительно уступает аналогичному показателю в целом по России (рис. 3).

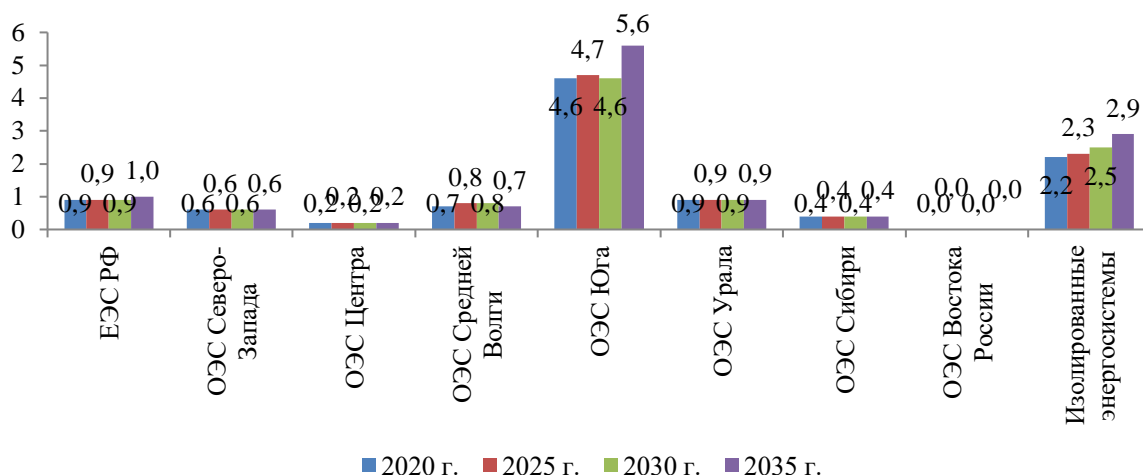


Рис. 3. Доля ВИЭ в энергобалансе объединенных энергосистем (ОЭС), %
 Источник: Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 года

Кроме того, стоит отметить, что несмотря и на востребованность альтернативной энергетики, и достаточную обеспеченность возобновляемыми ресурсами, на период следующих пятнадцати лет в энергосистемах, задействованных на территории ЕСР, не планируется увеличивать долю ВИЭ хотя бы до среднероссийского уровня. Также стоит отметить, что именно в северных объединенных энергосистемах (или тех, что расположены частично на северных территориях) не планируется доводить долю ВИЭ до среднероссийского уровня.

Наибольшая доля ВИЭ в энергобалансе наблюдается в южных регионах, в силу их обеспеченности необходимыми ресурсами, а также в изолированных энергосистемах. В случае изолированных энергосистем ВИЭ позволяют снизить стоимость энергии, генерируемой за счет привозного топлива.

При рассмотрении объектов альтернативной энергетики непосредственно в субъектах ЕСР можно отметить, что их довольно мало: функционирующих всего 10 единиц, с учетом строящихся – 20 единиц (табл. 3).

Таблица 3

Количество эксплуатируемых и строящихся объектов альтернативной энергетики*

Субъект	ТЭС	ГЭС	АЭС	МГЭС	ВЭС	СЭС	БиоЭС	ПЭС
ЕСР	34/1	19/0	1/0	9/1	0/9	0/0	0/0	1/0
Республика Карелия	3/0	4/0	0/0	6/1	0/2	0/0	0/0	0/0
Республика Коми	8/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Архангельская область	10/0	0/0	0/0	0/0	0/2	0/0	0/0	0/0
Ненецкий автономный округ	3/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Вологодская область	6/0	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Мурманская область	4/0	14/0	1/0	3/0	0/5	0/0	0/0	1/0

Источник: <https://energybase.ru/region/>

*В числителе указано число эксплуатируемых энергостанций, в знаменателе – строящихся.

ТЭС – тепловая электростанция; ГЭС – гидроэлектростанция; АЭС – атомная электростанция; МГЭС – малая гидроэлектростанция; ВЭС – ветровая электростанция; СЭС – солнечная электростанция; БиоЭС – биоэлектростанция; ПЭС – Приливная электростанция.

К ТЭС отнесены все котельные, ТЭЦ, ГРЭС, работающие на ископаемом топливе (кроме ядерного).

Если посмотреть на табл. 3 и рис. 3, то можно заметить, что наиболее дорогая электроэнергия в регионах с наименьшим вовлечением ВИЭ в энергооборот и использующих, главным образом, ископаемое топливо.

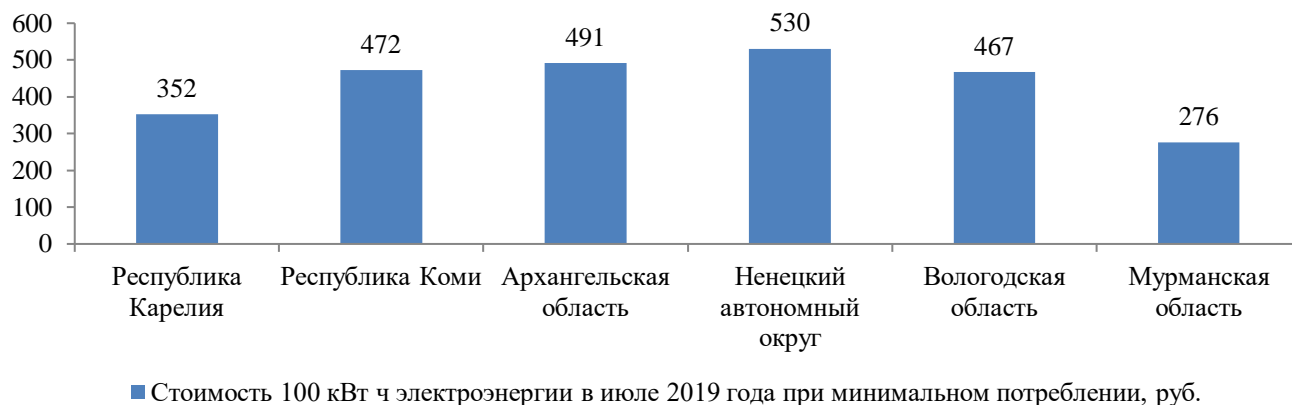


Рис. 3. Стоимость электроэнергии для населения, рублей

Источник: URL: <https://riarating.ru/infografika/20190903/630133491.html>

Например, наименьшая стоимость энергии наблюдается в Республике Карелии и Мурманской области, при этом именно в них наблюдается максимальное число функционирующих ГЭС и МГЭС.

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 данной карты, субъекты ЕСР на данный момент остаются непривлекательными для развития в них энергетики на основе ВИЭ, несмотря на наличие в них необходимых природно-климатических ресурсов, так как по большинству из них данные отсутствуют. Согласно данным другого источника⁹, 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 здесь является только Республика Карелия, где из тринадцати эксплуатирующихся электростанций десять являются ГЭС, из них шесть – малые ГЭС.

В 2020 году только у 3 регионов ЕСР эксплуатируются (или эксплуатируются и строятся одновременно) объекты генерации на основе ВИЭ, еще в одном регионе (Архангельской области) такие объекты только строятся (ВЭС Звездочка и ВЭС Мирный, мощностью 25 и 60 МВт соответственно). Также строятся 5 ВЭС в Мурманской области (Ветропарк Лодейное, Мурманская ВЭС, Кольская ВЭС, ВЭС Териберка, Сеть-Наволоцкая ВЭС общей проектируемой мощностью 719 МВт).

Для оценки ресурсных предпосылок необходимо оценить обеспеченность территории соответствующими ресурсами и условиями (солнечная инсоляция, водные потоки, скорость ветра, возможности получения биоресурсов для биоэнергетики т.д.).

Данные о количестве солнечных ресурсов представлено в табл. 4.

⁹ Сайт Energybase.ru. URL :<https://energybase.ru/region> (дата обращения 10.05.2021)

Таблица 4

**Наличие солнечных ресурсов в ЕСР для развития солнечной
 альтернативной энергетики**

Субъект	Количество среднегодовой солнечной радиации, кВтч/м ² в день					
	На горизонтальную поверхность	На вертикальную поверхность	На наклонную поверхность (угол равен широте)	На наклонную поверхность (угол наклона на 15° меньше широты)	На поверхность, следящую за солнцем	На оптимально ориентированную поверхность
Республика Карелия	2,4	2,4	2,9	3	3	3
Республика Коми	2,5	2,3	2,9	3	3	3
Архангельская область	2,5	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д
Ненецкий автономный округ	2,3	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Вологодская область	2,7	2,4	3	3	3	3
Мурманская область	2,3	Н/д	н/д	н/д	н/д	н/д

Источник: ГИС ВИЭР

Так как количество получаемой радиации зависит от характера освещаемой поверхности, рассмотрим несколько вариантов. Так, например, наибольшее количество энергии от солнечного света можно получить при условии, что освещаемая поверхность будет оптимально расположена к Солнцу. В целом количество среднегодовой солнечной радиации на территории Европейского Севера России уменьшается при удалении с юга на север региона. Можно заметить, что наибольшее количество среднегодовой солнечной энергии в южных субъектах ЕСР (Вологодской области), наименьшее – в северных (Ненецком автономном округе и Мурманской области).

На первом этапе работы одной из особенностей северных территорий была указана ярко выраженная сезонность, которая проявляется и в длительности светового дня. Соответственно в летний период, количество солнечной энергии на данной территории будет значительно выше (табл. 5).

Таблица 5

Солнечные ресурсы в ЕСР в период с апреля по сентябрь (без учета рассеянной радиации)

Субъект	Количество солнечной радиации, кВтч/м ² в день					
	На горизонтальную поверхность	На вертикальную поверхность	На наклонную поверхность (угол равен широте)	Наклонная поверхность (угол наклона на 15° больше широты)	На наклонную поверхность (угол наклона на 15° меньше широты)	На поверхность, следящую за солнцем
Республика Карелия	4,1-4,6	3,4	4,1-4,6	3,8	4,4-4,9	4,6-4,9
Республика Коми	3,2-4,4	2,9-3,3	4,2	3,6	4,4	4,3-5,1
Архангельская область	3,3-5,2	3,2-5,0	4,0-4,5	3,4-5,0	4,4-4,9	4,6-5,7
Ненецкий авт. округ	4,1	3,4	4,1	3,4-3,5	4,4	4,1-5,1
Вологодская область	4,4	3,2	4,3	3,8	4,5	4,3-4,8
Мурманская область	3,2-4,4	3,2	3,9-4,3	3,4-3,6	4,1-4,9	3,4-5,9

Источник: ГИС ВИЭР

Если рассматривать период с апреля по сентябрь, то заметно, что закономерность распределения солнечной энергии несколько изменилась и так четко не прослеживается. Наибольшее количество солнечных ресурсов наблюдается (в случае использования солнечных батарей, следящих за солнцем) на прибрежной территории Ненецкого автономного округа, Мурманской области, заполярных островах Архангельской области. По мере удаления от береговой линии, величина солнечной радиации уменьшается. Этим обусловлена необходимость использования в северных регионах аккумуляторов, а также особенно приспособленных солнечных батарей, способствующих более эффективной генерации. Кроме солнечного света, еще одним неисчерпаемым энергоресурсом для альтернативной энергетики является ветер. Важным показателем достаточности этого ресурса является скорость ветра. Высокий ветровой потенциал для развития альтернативной энергетики считается при скорости 5 и более м/с. Показатели среднегодовой скорости ветра на различной высоте над уровнем земной поверхности представлены в табл. 6.

Таблица 6

Среднегодовая скорость ветра на разных высотах над уровнем земной поверхности

Субъект ЕСР	Скорость ветра, м/с на высоте:				
	10 м	30 м	50 м	100 м	120 м
Республика Карелия	3,0-3,3	3,3	3,9	4,8-5,2	5,0-5,8
Республика Коми	3,1-4,9	3,3-5,4	3,8-6,1	4,9-7,9	5,1-8,2
Архангельская область	3,0-5,6	3,2-6,5	3,8-7,3	4,9-9,6	5,1-9,8
Ненецкий автономный округ	3,0-6,0	4,0-5,2	4,8-7,2	5,0-8,6	6,3-9,1
Вологодская область	3,0	3,3	3,9	4,9	5,2
Мурманская область	3,4-5,9	3,5-6,4	4,3-7,5	5,7-9,4	5,9-9,9

Источник: ГИС ВИЭР

Как видно из табл. 6, наибольшая скорость ветра во всех регионах отмечается на высоте 100 м и более. Большая скорость ветра наблюдается у прибрежных регионов – Архангельской, Мурманской области и Ненецкого автономного округа, меньшая у внутриконтинентальных субъектов.

Помимо скорости ветра ресурсная возможность развития ветровой энергетики характеризуется техническим ветровым потенциалом возобновляемых источников ВИЭ.

Технический потенциал ВИЭ территории – часть валового потенциала, которая может быть реализована на землях, пригодных для размещения энергетического оборудования, современных энергетических установок¹⁰. Показатели технического потенциала ветра указаны в табл. 7.

Таблица 7

Удельный технический потенциал ветра, Вт/м²

Субъект ЕСР	Годовой удельный потенциал ветра на высоте:			
	30 м	50 м	100 м	120 м
Республика Карелия	121-144	774-927	4576-5402	5189-5447-
Республика Коми	118-378	788-2130	4707-9953	5205-12096
Архангельская область	117-617	769-3014	4576-13743	5158-14309
Ненецкий автономный округ	156-535	1012-2677	7766-12919	7916-11305
Вологодская область	123-130	770-850	4549-4924	5160-5566
Мурманская область	143-646	986-3060	5164-14306	5849-15150

Источник: ГИС ВИЭР

Технический потенциал не является равномерно распределенным, наивысшее его значение может в два раза превышать его самую низкую величину в разрезе субъекта. Закономерности его распределения такие же, что и валового потенциала.

Помимо скорости ветра необходимо узнать также и его регулярность. Для анализа регулярности ветровых потоков на территории необходимо рассмотреть повторяемость энергетических затиший (табл. 8).

Таблица 8

Продолжительность энергетических затиший, %

Субъект	Продолжительность энергетических затиший, %			
	30 м	50 м	100 м	120 м
Республика Карелия	58-62	43-46	7-8	6-8
Республика Коми	29-61	18-43	1-8	1-8
Ненецкий автономный округ	25-46	18-30	1-3	1-3
Вологодская область	60-62	43-44	7-8	6-7
Архангельская область	21-63	13-45	1-8	1-8
Мурманская область	22-53	12-42	1-6	1-5

Источник: ГИС ВИЭР

В целом можно заметить, что продолжительность энергетических затиший обратно пропорциональна скорости ветра и его техническому и валовому потенциалу.

Одним из направлений развития альтернативной энергетики является малая гидроэнергетика, основными преимуществами которой являются возможность размещения на малом водотоке без необходимости создания водохранилищ. Так как малая энергетика подразумевает использование энергии водного потока, то в данном исследовании информация об озерах субъектов ЕСР рассматриваться не будет, во внимание примем только водотоки (реки). Информация о водотоках ЕСР представлена в табл. 9.

¹⁰ Предложения по единой методологии оценки валовых и технических потенциалов ветровой и солнечной энергии в странах СНГ, рекомендуемым форматам предоставления данных, методологическим основам и принципам развития региональных программ реализации потенциалов ветровой и солнечной энергии. URL: https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/gere/2019/ws_method_WindSolar_CIS_Nur-Sutlan_June2019/%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F_fin2106.pdf

Таблица 9

Ресурсы водотоков Европейского Севера России

Субъект	Реки, ед	Протяженность, км	Объем среднего многолетнего речного стока, км ³ /год
Республика Карелия	27600	83000	56,0
Республика Коми	58676	402597	164,8
Архангельская область	71776	250660	387,2
Ненецкий автономный округ	1854	47144	212,1
Вологодская область	19923	66554	47,7
Мурманская область	20616	60485	65,7

Источник: Научно-популярная энциклопедия «Вода России»

По протяженности водотока, а также по объему среднего многолетнего стока лидирует Республика Коми – регион, где гидроэнергетика не развита вообще, вероятно по причине обеспеченности каменным углем. В Ненецком автономном округе по сравнению с остальными субъектами ЕСР самая небольшая протяженность водотоков и их количество, при этом довольно большой средний многолетний речной сток, а объектов гидроэнергетики, как и в Республике Коми нет совсем. Наибольшее развитие гидроэнергетика получила в Мурманской области и Республике Карелии – регионах, где объем среднего многолетнего стока значительно уступает Республике Коми и Ненецкому автономному округу. Развитость гидроэнергетики в Карелии и Мурманской области можно объяснить особенностями рельефа, которыми обусловлены перепады высот в руслах рек, что является очень благоприятным условием для строительства ГЭС. Тем не менее современные объекты малой гидроэнергетики практически не предъявляют требований к перепадам высот и могут быть использованы даже на равнинных ручьях. Еще одним направлением альтернативной энергетики, перспективным для Европейского Севера России, является биоэнергетика. Об экологической полезности биоэнергетики есть две точки зрения. Согласно первой, биоэнергетика подразумевает сжигание биологических (органических) ресурсов (древесина, отходы деревообработки, отходы сельского хозяйства, биоэтанол, биодизель), а соответственно и выбросы загрязняющих веществ, в первую очередь парниковых газов в атмосферный воздух. Согласно второй, в основе этих ресурсов находится растительная основа, в которой столько же углерода, сколько она поглотила в ходе фотосинтеза, соответственно, большего вреда она не наносит.

Лаборатория возобновляемых источников энергии МГУ выделяет следующие ресурсы для биоэнергетики:

- Осадок сточных вод.
- Органические твердые коммунальные отходы.
- Отходы зерновых и бобовых культур.

Информация о потенциале этих ресурсов в регионах ЕСР представлена в табл. 10.

Таблица 10

Потенциал ресурсов для биоэнергетики в регионах ЕСР, тонн условного топлива (т.у.т.)

Субъект ЕСР	Потенциала осадка сточных вод, т.у.т.	Потенциал ТКО, т.у.т.	Потенциал отходов зерновых и бобовых культур т.у.т.
Республика Карелия	4-7	0-47	0,1-39,3
Республика Коми	4-7	0-47	0,1-39,3
Архангельская область	7-11	47-93	0,1-39,3
Ненецкий автономный округ	4-7	0-47	0,1-39,3
Вологодская область	7-11	47-93	93,2-93,3
Мурманская область	4-7	0-47	0,1-39,3

Источник: ГИС ВИЭР: <https://gisre.ru/maps/bio-rastr/cereals>

Как видно из табл. 10, наибольший потенциал развития биоэнергетики в Вологодской области. Однако одним из существенных барьеров для этого является отсутствие развитой системы раздельного сбора мусора, что бы позволило собирать сырье для биоэнергетики уже на уровне сбора ТКО, а не после этапа его совокупного вывоза, а также отсутствие системы сбора сточных вод как организованных, так и для неорганизованных источников сброса загрязняющих веществ на сельскохозяйственных угодьях.

Потенциал сырья для биоэтанола и биодизеля на уровне региона оценить очень сложно, потому как качество и количество этих энергоресурсов зависит и от свойств сырья и характеристик технологии.

К проблемам развития альтернативной энергетики на Европейском Севере стоит выделить следующие.

1. Слабая инвестиционная привлекательность. Ассоциация развития возобновляемой энергетики (АРВЭ) составила рейтинг регионов по инвестиционной привлекательности их альтернативной энергетики. Среди всех субъектов ЕСП лидирует Мурманская область (12 место в рейтинге из 66 рассмотренных регионов. 25-е место в рейтинге заняла Республика Карелия, а Вологодская область – 37 место. Такие субъекты как Ненецкий автономный округ, Республика Коми и Архангельская область в рейтинг включены не были. В то же время АРВЭ отметила Республику Карелию как четвертый регион по величине установленной мощности мало гидроэнергетики (после Кабардино-Балкарской Республики, Карачаево-Черкесской Республики и Ставропольского края), а Вологодскую область – как второй регион с наибольшей установленной и целевой мощностью биоэнергетики (после Ставропольского края).

2. Еще одной особенностью Европейского Севера является тот факт, что часть его регионов (Архангельская область, Ненецкий автономный округ и Республика Коми) **входят в неценовую зону оптового рынка энергии и, соответственно, инвесторы в альтернативную энергетику не могут претендовать на получение господдержки в рамках договоров поставленной мощности**¹¹.

3. Субъекты Европейского Севера России **не воспринимаются перспективными для развития возобновляемой энергетики**, несмотря на наличие ресурсов и потребителей, в силу обеспеченности топливно-энергетическими ископаемыми ресурсами, добыча которых уже активно ведется.

4. Дороговизна внедрения оборудования альтернативной энергетики. Как было отмечено на первом этапе исследования, в случае использования некоторых технологий на севере, нужно учесть возможность их адаптации к суровым метеорологическим условиям. То есть требования к морозостойкости, неподверженности обледенению, смазочным жидкостям сильно возрастают, соответственно требуют дополнительных затрат.

5. Логистические и инфраструктурные трудности изолированной генерации. Например, при установке ветряка нужно доставить части механизма, а также необходимую технику для сборки, часто требуются конструкции, которые могли бы быть смонтированы в местных условиях и могли бы работать при экстремальных холодах и шквальных ветрах. В связи с чем обусловлена потребность в удовлетворительной инфраструктуре и логистике. Пока на данный момент достаточных компетенций в логистике северных регионов у России нет, особенно в арктических и других удаленных регионах страны.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что на территории Европейского Севера России развитие альтернативной энергетики еще только в самом начале. Более того, строительство объектов ВИЭ обусловлено ни сколько важностью снижения негативного воздействия на природу, в том числе выбросов парниковых газов, а сколько недостаточностью текущего энергообеспечения и зависимости от энергоснабжения от энергосистем других регионов.

При анализе Стратегий социально-экономического развития субъектов Европейского Севера России выявлено, что в долгосрочной перспективе все субъекты планируют развитие возобновляемой энергетики, в то же время конкретизированы конкретные виды не во всех стратегиях, соответственно вероятность осуществления мероприятий в этом направлении сомнительно (табл. 11).

¹¹ Оптовый рынок. Русэнергобыт. <https://ruses.ru/ru/energy-market/wholesale>

Таблица 11

Наличие стратегических целей по развитию альтернативной энергетики

Субъект	ВИЭ в целом	МГЭС	ВЭС	СЭС	БиоЭС
Республика Карелия	+	+	+	–	+
Республика Коми	+	–	–	–	+
Архангельская область	+	–	–	–	–
Ненецкий автономный округ	+	–	+	–	–
Вологодская область	+	–	–	–	–
Мурманская область	+	–	–	–	–

Составлено по данным Стратегий социально-экономического развития субъектов ЕСП

Так, например, остается неясным, почему имея сопоставимый ресурсный потенциал, Республика Карелия в Стратегии социально-экономического развития ставит перед собой цель развивать практически все виды альтернативной энергетики (за исключением солнечной, так как потенциал для ее развития в Карелии мал), а Стратегия Мурманской области, которая уже имеет успешный опыт строительства ПЭС и МГЭС, только упоминает, что в долгосрочной перспективе нужно развивать возобновляемую энергетику без конкретизации направлений.

Для стимулирования развития альтернативной энергетики органами государственной власти оказывается поддержка владельцам объектов ВИЭ, как правило, по трем направлениям: на оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ), на розничных рынках и с 2017 года на развитие микрогенерации (до 15 кВт).

На оптовом рынке главным механизмом являются договоры о предоставлении мощности (ДПМ) ВИЭ на ОРЭМ, которые устанавливают право инвесторов на получение выгод от регулируемых цен. Этот инструмент позволяет нивелировать проблему надбавки к цене на электроэнергию ВИЭ. В данном случае регулируется не количество произведенной энергии как таковое, а мощность электростанции, то есть финансирование выделяется на строительство электростанций, а не компенсацию затрат на строительство через тариф на энергию. Механизм был запущен в 2013 году и рассчитан на период до 2024 года. Он охватывает солнечную, ветровую генерацию и малую гидроэнергетику (до 25 МВт)[16].

Кроме договоров поставленной мощности Министерство энергетики РФ периодически организует комиссию по предоставлению субсидий из федерального бюджета в порядке компенсации стоимости технологического присоединения для владельцев объектами ВИЭ мощностью до 25 МВт. К настоящему времени в субъектах Европейского Севера России такую компенсацию получило АО «НордГидро» (строительство малых гидроэлектростанций, Республика Карелия)¹². По правилам предоставления таких субсидий, их размер не должен превышать 70% стоимости технологического присоединения. Максимальный размер субсидии составляет 15 млн рублей на один генерирующий объект. Для получения такой субсидии организация-владелец генерирующего объекта ВИЭ должна представить документы, подтверждающие их право собственности на этот объект, подтверждения соответствия электростанции технологическим требованиям (работает на основе ВИЭ, мощность не более 25 МВт), платежные документы и подтверждение о проведенных работах. Так в отношении двух вышеуказанных организаций Минэнерго вынесло следующее решение: при затраченных на две МГЭС АО «НордГидро» 1,61 млн рублей выделить субсидию в размере 806,9 тыс. рублей [17–22].

В отличие от оптовой, управление розничной ВИЭ-генерацией происходит на региональном уровне, а федеральной господдержки не предусматривается [17–22]. На розничных рынках поддержка осуществляется через включение ВИЭ в региональные схемы развития электроэнергетики и формирование для них долгосрочных тарифов одновременно с обязанностью сетевых компаний компенсировать сетевые потери в приоритетном порядке за счет покупки альтернативной электроэнергии и учитывать дополнительные затраты в расчете сетевого тарифа [16,17,19]. В то же время тариф устанавливается по факту введения объекта в эксплуатацию, через 2–4 года после начала строительства, что создает риск для инвестора.

В стратегическом аспекте на национальном уровне наблюдается смена приоритетов и целей развития энергетики в стране. В предыдущей версии генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до

¹² 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).

2020 года¹³, кроме обеспечения надежности энергообеспечения и развития энергетической инфраструктуры, значительное внимание в формулировках целей уделялось экологическому аспекту: сокращение потребления невозобновляемых топливно-энергетических ресурсов; снижение экологической нагрузки от деятельности топливно-энергетического комплекса.

В случае распределенного производства электроэнергии (именно того, что целесообразно для изолированных территорий северных регионов) 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 государственного субсидирования [17–22].

Заключение

Таким образом, на Европейском Севере России существуют предпосылки для развития альтернативной энергетики. При условии использования соответствующих технологий (следящая за солнцем и/или оптимально ориентированная поверхность или солнечных батарей, высота ветряка 100 метров и более, водоток с достаточным годовым стоком и скоростью течения) возобновляемая энергетика получит достаточное ресурсное обеспечение. Что касается потенциального потребления, то учитывая энергодефицитность ЕСР, недостаточную обеспеченность домохозяйств отоплением, а также проблемы с энергоснабжением, при достижении ценового паритета с традиционными источниками энергии, ВИЭ должны быть востребованы для распределенного энергоснабжения удаленных территорий, так и для повышения надежности имеющихся централизованных источников.

Основная цель развития альтернативной энергетики на Европейском Севере России это повышение технологического уровня и децентрализованное обеспечение удаленных территорий, централизованное энергоснабжение которых нецелесообразно. В то же время практически во всех стратегиях социально-экономического развития (за исключением Республики Карелии) развитию возобновляемой энергетики не уделяется должного внимания, а генеральный план размещения объектов энергетики до 2030 года не предусматривает обеспечение доли ВИЭ в энергоснабжении ЕСР хотя бы на уровне среднего по России.

Литература

1. *Klarin T.* The Concept of Sustainable Development: From its Beginning to the Contemporary Issues. *Zagreb International Review of Economics and Business*. 2018. Vol. 21, № 1. pp. 67–94.
2. Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., Behrens W.W. *The limits to growth*. New York: Universe book, 1997. 211p.
3. *Кокорин А., Поташиников В.* Глобальный низкоуглеродный тренд развития как движущая сила реализации Парижского соглашения // *Экономическая политика*. 2018. Т. 13, № 3. С. 234–255.
4. *Яшалова Н.Н.* Стимулирование устойчивого эколого-экономического развития региона. МГУ им. М.В. Ломоносова, 2015. 372 с.
5. *Эколого-экономическая сбалансированность регионального развития: методологические методические основы: монография / под. ред. д.э.н. М.Ф. Замятиной.* Санкт-Петербург: ГУАП, 2013. 143 с.
6. *Навстречу «зеленой» экономике: пути к устойчивому развитию и искоренению бедности.* Сен-Мартэн-Бельвю, 2011. 52 с.
7. *Irsryad, M. I., Halog, A., Nepal R.* Renewable energy projections for climate change mitigation: An analysis of uncertainty and errors. *Renewable Energy*. 2019. Т. 130. pp. 536–546.
8. *Solaun K., Cerdá E.* Climate change impacts on renewable energy generation. A review of quantitative projections. *Renewable Sustainable Energy Reviews*. 2019. Vol. 116.109415
9. *Guardaa E.L.A., Domingos R.M.A., Jorgea S.H.M., Durantea L.C., Sanchesc J.C.M., Leão M., Callejasa I.J. A.* 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, № September 2019. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/>.
10. *Davidsdottir B.* Sustainable Energy Development. *Comprehensive Renewable Energy*. 2012. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/sustainable-energy-development/pdf> (accessed: 27.01.2021).
11. *Chen A.A. et al.* Pathways to climate change mitigation and stable energy by 100% renewable for a small island:

¹³ Об одобрении Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до 2020 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 февраля 2008 года N 215-р.

- Jamaica as an example // *Renewable Sustainable Energy Reviews*. 2020. Vol. 121.109671
12. Слепухина Т.А. Взаимодействие государства и бизнеса в сфере альтернативной энергетики стран // *Азиатско-Тихоокеанский Регион: Экономика, Политика, Право*. 2016. Vol. 18, № 3. С. 117–124.
 13. *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.
 14. *Кожеевников С.А., Лебедева М.А.* Проблемы перехода к зеленой экономике в регионе (на материалах Европейского Севера России) // *Проблемы развития территории*. 2019. Т. 4, № 4 (102). С. 72–88.
 15. *Порфирьев Б., Широв, А., Колпаков А.* Как пройти тур // *Эксперт*. 2021. № 4. С. 66–69.
 16. *В. Бердин, А. Кокорин, В. Поташиников Г.Ю.* Развитие ВИЭ в России: потенциал и практические шаги // *Экономическая политика*. 2020. № 2. С. 106–135.
 17. *Попель О.С., Киселева С.В., Морганова М.О., Габдрахманова Т.С., Тарасенко А.Б.* Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения потребителей в Арктической зоне Российской Федерации // *Арктика: экология и экономика*. 2015. № 1. С. 64–69.
 18. *Смоленцев Д.О.* Развитие энергетики Арктики: проблемы и возможности малой генерации // *Арктика: экология и экономика*. 2012. № 3. С. 22–29.
 19. *Бердин В.Х., Кокорин А.О., Юлкин Г.М., Юлкин М.А.* Возобновляемые источники энергии в изолированных населенных пунктах российской Арктики. Москва: Всемирный фонд дикой природы (WWF) 2017. 80 с.
 20. *Ермоленко Г., Сапаров М.* Широкомасштабное развитие возобновляемых источников энергии и его влияние на рынок электроэнергии и сетевую инфраструктуру. 2020. 84 с.
 21. *Инфраструктура пространственного развития РФ: транспорт, энергетика, инновационная система, жизнеобеспечение / под ред. проф. Тарасовой О.В.* Новосибирск, ИЭОПП СО РАН, 2020. 456 с.
 22. *Мотыка, М., Слотер Э.Э.К.* Международные тенденции в области возобновляемых источников энергии Солнечно-ветровая энергия: больше, чем мейнстрим. Лондон: Делойт, 2019. 39 с.

References

1. Klarin T. The Concept of Sustainable Development: From its Beginning to the Contemporary Issues. *Zagreb International Review of Economics and Business*. 2018. Vol. 21, № 1. pp. 67–94.
2. Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., Behrens W.W. *The limits to growth*. New York: Universe book, 1997. Vol. 65, No. 9. pp. 3944-3946.
3. Kokorin A., Potashnikov V. The global low-carbon development trend as a driving force for the implementation of the Paris Agreement. *Economic policy*. 2018. Vol. 13, No. 3. pp. 234-255.
4. Yashalova N. N. Stimulating sustainable ecological and economic development of the region. Lomonosov Moscow State University, 2015. 372 p.
5. *Ecological and economic balance of regional development: methodical and methodological foundations: monograph / ed.by M. F. Zamyatina, Doctor of Economics.* Saint Petersburg: GUAP, 2013. 143 p.
6. *Towards a "green" economy: ways to sustainable development and poverty eradication.* Saint-Martin-Bellevue, 2011. 52 p.
7. Irsryad, M. I., Halog, A., Nepal R. Renewable energy projections for climate change mitigation: An analysis of uncertainty and errors. *Renewable Energy*. 2019. Vol. 130. pp. 536-546.
8. Solaun K., Cerdá E. Climate change impacts on renewable energy generation. A review of quantitative projections. *Renewable Sustainable Energy Reviews*. 2019. Vol. 116.109415
9. Guardia E.L.A., Domingos R.M.A., Jorgea S.H.M., Durantea L.C., Sanchesc J.C.M., Leão M., Callejasa I.J. A. 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, № September 2019. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/>.
10. Davidsdottir B. Sustainable Energy Development. *Comprehensive Renewable Energy*. 2012. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/sustainable-energy-development/pdf> (accessed: 27.01.2021).
11. 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 Sustainable Energy Reviews*. 2020. Vol. 121.109671
12. Slepukhina T. A. Interaction of the state and business in the field of alternative energy of the countries. *Asia-Pacific Region: Economics, Politics, Law*. 2016. Vol. 18, No. 3. С. 117-124.
13. Gasnikova A. A. The role of traditional and alternative energy in the regions of the North. *Economic and social changes facts, trends, forecast*. 2013. Vol. 29, No. 5. С. 77-88.
14. Kozhevnikov S. A., Lebedeva M. A. Problems of transition to a green economy in the region (on the materials of the European North of Russia). *Problems of territory development*. 2019. Vol. 4, No. 4 (102). С. 72-88.

15. Porfiriev B., Shirov, A., Kolpakov A. How to pass the tour. *Expert*. 2021. No. 4. pp. 66-69.
16. Berdin V., Kokorin A., Potashnikov G. Development of renewable energy in Russia: potential and practical steps". *Economic policy*. 2020. № 2. pp. 106–135.
17. Popel O. S., Kiseleva S. V., Morgnova M. O., Gabderakhmanova T. S., Tarasenko A. B. The use of renewable energy sources for energy supply to consumers in the Arctic zone of the Russian Federation. *Arctic: Ecology and Economics*. 2015. No. 1. pp. 64-69.
18. Smolentsev D. O. Development of Arctic energy: problems and opportunities of small generation. *Arctic: Ecology and Economics*. 2012. № 3. pp. 22–29.
19. Berdin V. Kh., Kokorin A. O., Yulkin G. M., Yulkin M. A. *Renewable energy sources in isolated settlements of the Russian Arctic*. Moscow: World Wildlife Fund (WWF) 2017. 80 p.
20. Ermolenko G., Saparov M. *Large-scale development of renewable energy sources and its impact on the electricity market and network infrastructure*. 2020. 84 p.
21. *Infrastructure of spatial development of the Russian Federation: transport, energy, innovative system, life support* / ed. prof. Tarasova O. V. Novosibirsk, IEOPP SB RAS, 2020. 456 p.
22. Motyka, M., Slaughter E. E. K. *International trends in the field of renewable energy sources Solar and wind energy: more than the mainstream*. London: Deloitte, 2019. 39 p.

Статья поступила в редакцию 31.07.2021 г
Received 31.07.2021