

# РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ В КОНТЕКСТЕ РЯДА МИРОВЫХ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ<sup>1</sup>

## RESOURCE POTENTIAL OF RENEWABLE ENERGY OF THE REPUBLIC OF KARELIA IN THE CONTEXT OF A NUMBER OF WORLD INDUSTRIAL DEVELOPMENT TRENDS

**S. Tishkov**  
**A. Volkov**  
**A. Scherbak**  
**V. Karginova-Gubinova**  
**J. Romashkina**

*Summary.* The subject of the study is the impact of resource provision on the development of renewable energy in the regions of the world and the northern peripheral territories in particular. The object of study is the regional socio-economic system of the northern Arctic region and its energy subsystem. One of the leading trends in the development of world energy today is the transition to renewable energy sources. One of the most important factors of this transition at the regional level is the resource provision of the territory with renewable energy sources. At the same time, renewable energy resources and critical minerals for its technologies are distributed extremely unevenly on the Earth. The main trends in the development of global renewable energy are determined by the leading regions of the industry, which form the demand for technology based on their own resource base, general socio-economic development and economic needs. Peripheral regions are forced to adapt to these trends based on their own capabilities, which are largely determined by their own resource supply. In preparing the article, scientific methods of comparative analysis and synthesis were used, as well as the dialectical method. As the analysis showed, the northern peripheral region has objective opportunities to successfully adapt to existing world trends in the development of the industry, increasing the stability of the regional energy system.

*Keywords:* renewable energy, resource endowment, insolation, hydropower, wind energy, energy system, peripheral region.

**Тишков Сергей Вячеславович**

К.э.н., учёный секретарь, Институт экономики  
Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск  
insteco\_85@mail.ru

**Волков Александр Дмитриевич**

М.н.с., Институт экономики Карельского научного  
центра РАН, г. Петрозаводск  
kov-vol@rambler.ru

**Щербак Антон Павлович**

К.э.н., н.с., Институт экономики Карельского научного  
центра РАН, г. Петрозаводск  
scherbaka@mail.ru

**Каргинова-Губинова Валентина Владимировна**

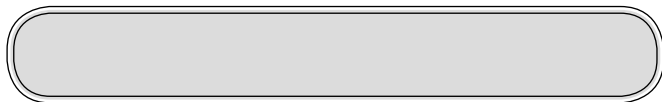
К.э.н., н.с., Институт экономики Карельского научного  
центра РАН, г. Петрозаводск  
vkarginowa@yandex.ru

**Ромашкина Юлия Валерьевна**

М.н.с., Институт экономики Карельского научного  
центра РАН, г. Петрозаводск  
romashkinayulia@gmail.com

*Аннотация.* Предметом исследования является влияние ресурсной обеспеченности на процессы развития возобновляемой энергетики регионов мира и северных периферийных территорий в частности. Объект исследования — региональная социально-экономическая система северного арктического региона и ее энергетическая подсистема. Одной из ведущих тенденций развития мировой энергетики сегодня является переход на возобновляемые источники энергии. Одним из важнейших факторов этого перехода на региональном уровне является ресурсная обеспеченность территории источниками возобновляемой энергии. При этом ресурсы возобновляемой энергетики и критически важные для ее технологий ископаемые распространены крайне неравномерно на территории Земли. Основные тенденции развития мировой возобновляемой энергетики определяются регионами-лидерами отрасли, которые формируют спрос на технологии исходя из собственной ресурсной базы, общего социально-экономического развития и хозяйственных потребностей. Периферийные регионы вынуждены адаптироваться к этим тенденциям исходя из собственных возможностей, которые во многом определяются их собственной ресурсной обеспеченностью. При подготовке статьи использованы научные методы сравнительного анализа и синтеза, а также диалектический метод. Как показал анализ, у северного периферийного региона есть объективные возможности успешно адаптироваться к существующим мировым тенденциям развития отрасли, повысив устойчивость региональной энергетической системы.

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых МК- 229.2019.6



Одной из ведущих тенденций развития мировой энергетики сегодня является переход на возобновляемые источники энергии. В основе этого перехода лежат как объективные тенденции развития производительных сил общества, так и экономико-политические и экологические причины. В русле этой причинной обусловленности, сегодня ВИЭ позволяют решать странам и административным образованиям следующие задачи:

- ◆ выполнение обязательств по Киотскому протоколу, Парижскому соглашению и другим международным договоренностям в сфере сохранения окружающей природной среды и снижения выбросов CO<sub>2</sub>, а также удовлетворение возрастающего общественного запроса на экологически ответственное потребление.
- ◆ повышение энергетической безопасности, снижение зависимости от поставок традиционных энергоносителей, диверсификация источников получения энергии.
- ◆ электрификация отдаленных и труднодоступных районов, в отношении которых проведение магистральных линий электропередачи затруднено или экономически не оправдано.

Отечественными и зарубежными исследователями ведутся активные работы в области анализа рентабельности перехода на возобновляемые источники энергии (Л. Серга, М. Р. Espinosa, Л. С. Беляев, М. Ram), издержек этого перехода (А. Dhar, S. Zhang), экономических и политических стимулов развития возобновляемой энергетики (М. Harmelink, А. С. Marques, А. Pitelis, Т. А. Ланшина), анализу условий развития возобновляемой энергетики (Б. В. Ермоленко, О. В. Шеповалова, F. Zhang), зависимостью между уровнем экономического развития, темпами роста экономики и использованием ВИЭ (М. Sebri, K. Menyah, N. Vamati и др.)

При этом, мы должны понимать, что основным двигателем (стимулом) роста рынка средств генерации энергии из возобновляемых источников является спрос, локализованный лишь в ряде регионов мира (в первую очередь, это Европейский Союз, Азия, Южная и Северная Америка низких широт). В то время как большинство регионов мировой экономической карты в обозримом будущем будут опираться на традиционные способы генерации энергии, практически не увеличивая долю ВИЭ в энергобалансе (на основе данных [IEA 2019]). Мы видим ряд факторов, обуславливающих данное разделение. В первую очередь, это:

*Ключевые слова:* возобновляемая энергетика, обеспеченность ресурсами, инсоляция, гидроэнергетика, энергия ветра, энергетическая система, периферийный регион.

ресурсная обеспеченность территорий с точки зрения существующих технологий преобразования энергии. Скорость, направление и постоянство ветра, инсоляция, наличие выходов тепловой энергии недр Земли создают базовые условия извлечения и преобразования энергии из возобновляемых источников на той или иной территории (Zhang et al. 2018; Prävälje et al. 2019; Ermolenko et al. 2017).

уровень экономического и технологического развития территории. Как правило, переход на использование возобновляемых источников энергии происходит вместе с комплексным развитием энергетической инфраструктуры, наличием развитого спроса со стороны хозяйствующих субъектов и обусловлен также мерами экономического стимулирования со стороны государственной власти [Vamati 2019; Menyah 2010].

институциональные условия развития энергетики на данной территории. Переход к использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ), как правило, сопровождается активизацией процессов экологизации и повышения энергоэффективности, законодательным оформлением стимулов и компенсаторных механизмов, позволяющих обеспечить рентабельность использования возобновляемой энергии для хозяйствующих субъектов в рыночных условиях [Marques et al. 2019; Özdemir et al. 2019; Pitelis et al. 2019].

На развитие возобновляемой энергетики оказывают влияние также наличие на территории традиционных ископаемых источников энергии (нефти, угля, газа). Регионы, богатые указанными ресурсами, с одной стороны имеют меньше стимулов к вовлечению в хозяйственный оборот рассматриваемых активов ввиду энергетической самодостаточности, с другой стороны, развитие возобновляемой энергетики позволяет им извлекать максимум выгоды из экспортных операций с традиционными энергоносителями, гибко адаптируясь к конъюнктуре мировых рынков [Vamati et al. 2019].

Использование технологий получения энергии из возобновляемых источников сопряжено также с повышенным потреблением ряда видов полезных ископаемых и минералов [Fabre et al. 2020], а также издержками экологического характера.

При этом, географическая концентрация, например, большинства из 14 критически важных для возобновляемой энергетики металлов и металлоидов выше, чем ге-

Таблица 1. Общее первичное производство энергии по странам и регионам мира.

Страны\ Года	1 Солнечная, ветровая и геотермальная энергия (ktoe)		Гидроэнергия (ktoe)		Биотопливо и переработка отходов (ktoe)	
	2000 год	2017 год	2000 год	2017 год	2000 год	2017 год
Китай	2646	70018	19124	99492	198171	113841
Япония	3947	7765	7227	7124	5426	15207
Южная Корея	44	1185	345	242	1380	7190
Индия	180	7479	6403	12193	148852	187138
Казахстан	0	37	648	964	73	66
Россия	50	165	14108	15908	6898	7841
Беларусь	0	16	2	35	942	1498
Польша	3	1373	181	220	3720	8145
Нидерланды	104	1209	12	5	1837	3744
Дания	374	1395	3	2	1747	4772
Швеция	45	1545	6757	5601	8264	13052
Великобритания	94	5344	437	510	1922	12414
Германия	920	13407	1869	1733	7876	31012
Испания	444	7574	2430	1615	4131	7540
Исландия	1866	3581	547	1209	1	19
Ближний Восток (12 стран)	72	564	688	1517	420	917
Африка (54 страны)	396	6090	6449	10540	239949	367459
Кения	370	4143	114	276	10949	17281
Египет	12	239	1178	1152	1307	1823
США	15166	39696	21772	25998	73245	101163
Канада	27	2826	30826	33752	13846	13686
Бразилия	31	4549	26174	31892	46626	86450
Чили	0	744	1592	1833	4721	8097
Австралия	90	2153	1407	1379	5036	5381

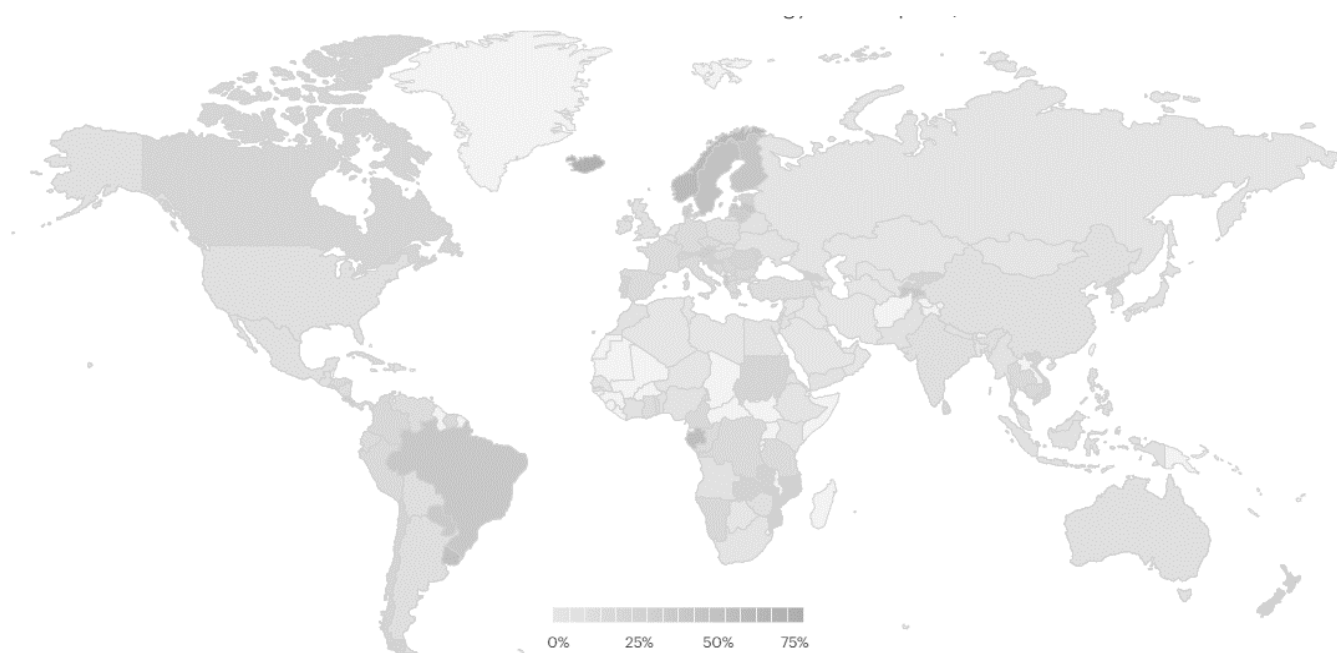


Рис. 1. Доля современной возобновляемой энергии в общем конечном объеме потребляемой энергии по странам мира (2017 год)

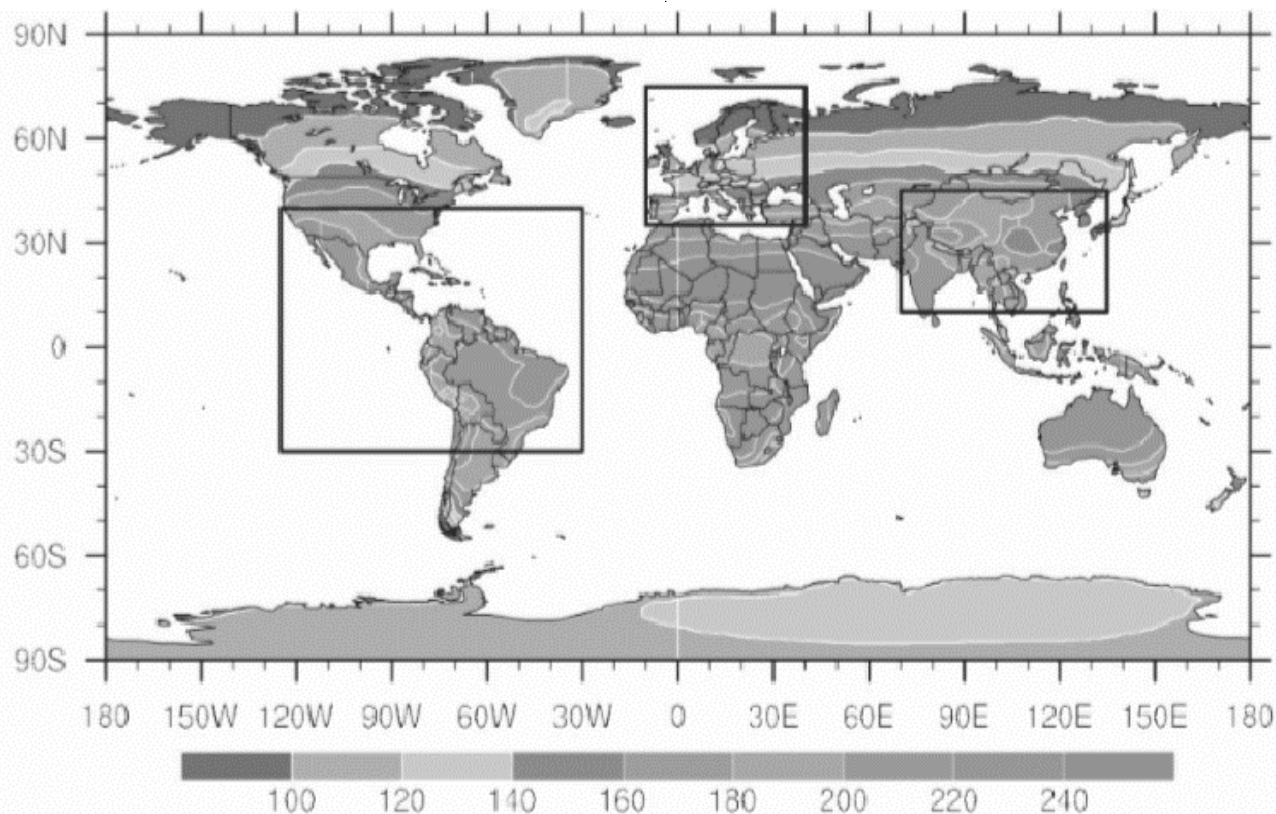


Рис. 2. Степень инсоляции поверхности суши (на основе [Zhang et al. 2018]).

ографическая концентрация нефтяных месторождений [Manberger et al. 2019], что создает условия для монополизации и картельных соглашений на рынках ресурсов для производства соответствующего энергетического оборудования.

В то же время, существующие технологии использования ВИЭ не свободны от отрицательного влияния на окружающую среду. Наибольшее негативное воздействие на окружающую среду имеет производство, эксплуатация и утилизация оборудования для использования энергии солнца [Briese 2019].

Динамика производства энергии из ВИЭ по странам и регионам мира представлена в Таблице 1 (составлена авторами на основе данных [IEA 2019]).

Представленные данные могут быть дополнены графической информацией о доле энергии из возобновляемых источников в общем объеме потребляемой энергии (Рис. 1).

В данном исследовании мы рассмотрим подробнее фактор ресурсной обеспеченности территорий с точки зрения существующих технологий преобразования энергии из возобновляемых источников в разрезе стран

и регионов мира, обратив внимание на сравнительные преимущества и издержки развития ВИЭ на территории Республики Карелия.

### Дифференциация регионов по ресурсной обеспеченности

Распределение энергетических ресурсов с точки зрения применения технологий ВИЭ имеет крайне неравномерный характер в масштабах Земли и может существенно различаться в зависимости от конкретного источника энергии (солнечная энергия, энергия ветра (прибрежный и равнинный), гидроэнергия, геотермальная энергия, биотопливо и др.).

**А) Солнечная энергия.** Наиболее обеспеченными в плане инсоляции являются регионы низких широт, при этом, регионы с наиболее развитой системой возобновляемой энергетики отмечены на рисунке прямоугольными формами (Рис. 2). Данный графический материал основан на данных, собранных в период 1986–2005 годов [Zhang et al. 2018].

**Б) Энергия ветра.** Разделение стран по скорости ветра вблизи поверхности земли приведено на Рисунке 3. Наиболее обеспеченные данным ресурсом территории

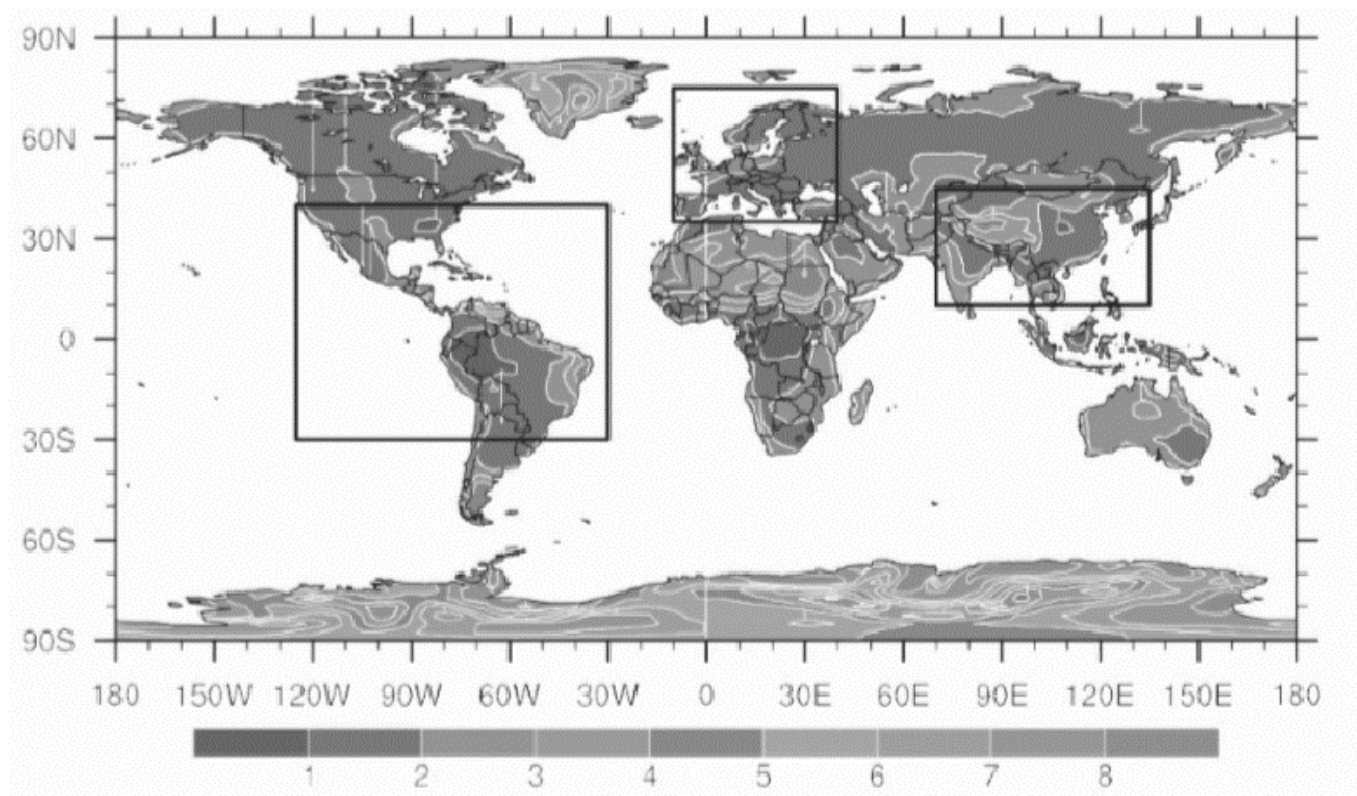


Рис. 3. Разделение регионов по скорости ветра у поверхности земли (на основе [Zhang et al. 2018])

являются в то же время территориями с экстремальными погодными условиями в целом (в основном, это территории Антарктики и Арктики, пустынные и высокогорные районы Африки, Азии и Южной Америки). При этом, прибрежные районы в большей степени обеспечены ресурсами ветра, чем континентальные. Регионы с наиболее развитой системой возобновляемой энергетики отмечены на рисунке прямоугольными формами. Данный графический материал основан на данных, собранных в период 1986–2005 годов [Zhang et al. 2018].

**В). Гидроэнергия.** Наиболее активно энергия рек используется в районах максимальной обеспеченности водными ресурсами (Китай, Бразилия, Канада, США, Россия), при этом решающее значение имеет концентрация воды в крупных водоемах и мощность рек. Помимо обеспеченности водными ресурсами, на развитие данного направления в энергетике оказывает влияние общий уровень социально-экономического и технологического развития страны или региона, поскольку строительство крупных ГЭС характеризуется капиталоемкостью и материалоемкостью.

**Г). Биотопливо.** Регионы с наиболее развитой системой использования биотоплива и отходов в энергетике относятся в основном к тропическому и субтропиче-

скому климатическим поясам, а также заболоченным и прибрежным районам. Это объясняется доступностью органического сырья для производства энергии, и относительной дешевизной наиболее простых технологий его переработки. Наибольший удельный вес как в энергетике в целом, так и среди способов производства возобновляемой энергии данный вид имеет в Африке и Азии, а также в Бразилии.

Приведенные данные о распространении ресурсов возобновляемой энергетики в мире, позволяют судить о значимости сырьевого фактора в развитии этой отрасли. Страны и регионы, обеспеченные исходными ресурсами развития возобновляемой энергетики, получают, при существующем уровне развития технологий, неоспоримое преимущество в развитии энергосистемы на основе ресурсосберегающих технологий, а также диверсификации мощностей и повышения ее устойчивости.

Рассматривая Республику Карелия, как арктический периферийный регион Российской Федерации, мы можем говорить о ее достаточно слабой обеспеченности указанными ресурсами.

Значительные колебания в режиме освещенности (инсоляции) делают использование солнечной энергии

на территории Республики Карелия затруднительным, ввиду возможных перебоев в подаче электроэнергии. Данное обстоятельство обуславливает необходимость диверсификации источников энергии в условиях Республики Карелия, особенно в местностях, где на ВИЭ предполагается возложить основную функцию по электроснабжению.

Системной энергетикой в Республике Карелия, как и в целом на севере Европейской части России, охвачены, в основном, крупные энергопотребители, города и поселки. При этом, Арктические территории характеризуются наличием множества обособленных, децентрализованных потребителей (наравне с севером республики Карелия, явление характерно для северо- и юго-востока Кольского полуострова, северо-восточных районов Архангельской области), развитие которых сдерживается экономической неоправданностью их подключения к существующей инфраструктуре. При этом, указанные территории характеризуются наличием ресурсов возобновляемой энергии ветра, гидроэнергии и биоэнергетики, что создает предпосылки развития малой возобновляемой энергетики.

Совокупный технический потенциал использования энергии ветра в Республике Карелия, составляет 60–150 млрд. кВт·ч в год, а экономический потенциал — 0.76–0.97 млрд. кВт·ч в год. Скорости ветра, как видно из Рис 3 в Карелии составляют в среднем 4–5 м/с. В русле общемировой ситуации, наиболее обеспеченными ресурсами ветра являются прибрежные районы Белого моря, Онежского и Ладожского озер. Валовый потенциал гидроэнергетических ресурсов рек Карелии равен 14.2 млрд. кВт·ч в год, а экономический потенциал малых рек региона составляет 5.0–5.8 млрд. кВт·ч в год [Коновалова 2016].

Использование энергии ветра, как показывают исследования, является экономически оправданным в прибрежных районах Белого моря (себестоимость электроэнергии в данных условиях составляет 14–21 руб/кВт·ч) [Коновалова 2016], перспективными для развития гидроэнергетики являются крупнейшие реки Кемь, Суна, Выг и др. С 2007 года в Карелии ведет свою деятельность ЗАО «Норд Гидро», занимающееся реконструкцией и строительством малых ГЭС. Предприятием, в частности, были построены ГЭС «Ляскеля» в 2011 г.,

ГЭС «Рюмякоски» в 2013 г., ГЭС «Каллиокоски» в 2014 г. На завершающей стадии находится строительство станций «Белопорожская ГЭС-1» и «Белопорожская ГЭС-2». Ввод данных мощностей позволит зафиксировать стоимость энергоресурсов на приемлемом для потребителей уровне, а также решит проблему перебоев электроэнергии. Общая мощность гидрогенерации двух Белопорожских ГЭС составит 49,8 МВт. Строительство объектов предполагает организацию 30 высококвалифицированных рабочих мест на этапе последующей эксплуатации.

Значительное число котельных (порядка 180), в основном поселках и малых городах, работают на местных видах органического топлива и продуктах его переработки — торфе, дровах, щепе, топливных брикетах, что позволяет снизить зависимость локальной энергетике от дорогостоящего мазута.

## Заключение

Рассмотрев распространение ресурсов возобновляемой энергетике в масштабах мира, мы можем говорить об общем совпадении регионов, богатых данными ресурсами, и стремительно развивающихся возобновляемую энергетике в последние десятилетия. При этом, неоспоримое значение имеют факторы общего экономического и технологического развития территории, а также институциональный фактор.

Рассматривая Республику Карелия, как арктический периферийный регион Российской Федерации, мы можем говорить о ее достаточно слабой обеспеченности указанными ресурсами, что, однако, не отменяет значения возобновляемой энергетике в обеспечении энергоресурсами труднодоступных районов, а также местностей, удаленных от основного инфраструктурного каркаса территории. Наиболее перспективным является развитие малых гидроэлектростанций, а также создание комбинированных систем генерации энергии, основанных на нескольких возобновляемых источниках, что позволит избежать влияния погодного фактора на стабильность электро- и теплоснабжения. Дополнительным фактором повышения стабильности энергосистемы может стать дальнейшее развитие энергетике, основанной на местных видах органического топлива (торфе, щепе, древесине и продуктах их переработки).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Marques, A. C., Fuinhas, J. A., Pereira, D. S. The dynamics of the short and long-run effects of public policies supporting renewable energy: A comparative study of installed capacity and electricity generation// *Economic Analysis and Policy*. — 2019. — Vol. 63. — pp.188–206. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eap.2019.06.004>
2. International Energy Agency. Данные о возобновляемой энергетике стран мира. Режим доступа: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables/> — на 15.12.2019 г.

3. Månberger, A., Johansson, B. The geopolitics of metals and metalloids used for the renewable energy transition// *Energy Strategy Reviews*. — 2019. — Vol. 26. — 100394. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100394>
4. Bamati, N., Raoofi, A. Development level and the impact of technological factor on renewable energy production// *Renewable Energy*. — 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.11.098>
5. Prävälje, R., Patriche, C., Bandoc, G. Spatial assessment of solar energy potential at global scale. A geographical approach// *Journal of Cleaner Production*. — 2019. — Vol. 209. — pp. 692–721. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.239>
6. Özdemir, Ö., Hobbs, B. F., van Hout, M., Koutstaal, P.R. Capacity vs energy subsidies for promoting renewable investment: Benefits and costs for the EU power market// *Energy Policy*. — 2019. — 111166. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111166>
7. Pitelis, A., Vasilakos, N., Chalvatzis, K. Fostering innovation in renewable energy technologies: Choice of policy instruments and effectiveness// *Renewable Energy*. — 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.11.100>
8. Menyah, K., Wolde-Rufael, Y. CO2 emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US// *Energy Policy*. — 2010. — Vol. 38. — Issue 6. — pp.2911–2915. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.01.024>
9. Fabre, A., Fodha, M., Ricci, F. Mineral resources for renewable energy: Optimal timing of energy production// *Resource and Energy Economics*. — 2020. — Vol. 59. — 101131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2019.101131>
10. Lashina, T.A., Laitner, J.A., Potashnikov, V.J., Barinova, V.A. The slow expansion of renewable energy in Russia: Competitiveness and regulation issues// *Energy Policy*. — 2018. — Vol. 120. — pp. 600–609. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.05.052>
11. Ermolenko, B.V., Ermolenko, G.V., Fetisova, Y.A., Proskuryakova, L.N. Wind and solar PV technical potentials: Measurement methodology and assessments for Russia// *Energy*. — 2017. — Vol. 137. — pp. 1001–1012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.050>
12. Zhang, F., Wang, C., Xie, G., Kong, W., Jin, S., Hu, J., Chen, X. Projection of global wind and solar resources over land in the 21st century// *Global Energy Interconnection*. — 2018. — Vol. 1. — Issue 4. — pp. 443–451. DOI: <https://doi.org/10.14171/j.2096-5117.gei.2018.04.004>
13. Беляев Л. С. Мирровая энергетика и переход к устойчивому развитию / Л. С. Беляев, О. В. Марченко, С. П. Филиппов и др. — Новосибирск: Наука, 2000. — 269 с.
14. Briese, E., Piezer, K., Celik, I., Apul, D. Ecological network analysis of solar photovoltaic power generation systems// *Journal of Cleaner Production*. — 2019. — Vol. 223. — pp. 368–378. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.112>
15. Коновалова О.Е., Никифорова Г.В. Малая возобновляемая энергетика на северо-западе Арктики // *Труды Кольского научного центра РАН*. — 2016. — № 1–12 (35). — С.117–131.

© Тишков Сергей Вячеславович ( [insteco\\_85@mail.ru](mailto:insteco_85@mail.ru) ), Волков Александр Дмитриевич ( [kov-vol@rambler.ru](mailto:kov-vol@rambler.ru) ),  
 Щербак Антон Павлович ( [scherbaka@mail.ru](mailto:scherbaka@mail.ru) ), Каргинова-Губинова Валентина Владимировна ( [vkarginowa@yandex.ru](mailto:vkarginowa@yandex.ru) ),  
 Ромашкина Юлия Валерьевна ( [romashkinayulia@gmail.com](mailto:romashkinayulia@gmail.com) ).  
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Петрозаводск