

Потенциал и перспективы развития ветряной генерации на территории Кольского полуострова

Любимова Наталия Геннадьевна

Д-р экон. наук, проф. каф. экономики и управления в топливно-энергетическом комплексе
ORCID: 0000-0003-4021-4487, e-mail: sebez221@rambler.ru

Флакسمан Алина Сергеевна

Канд. экон. наук, доц. каф. экономики и управления в топливно-энергетическом комплексе
ORCID: 0000-0001-8122-0862, e-mail: flax75@mail.ru

Редин Антон Геннадьевич

Канд. техн. наук, доц. каф. экономики и управления в топливно-энергетическом комплексе
ORCID: 0009-0006-0304-4289, e-mail: redinag@yandex.ru

Кучкина Александра Дмитриевна

Студент
ORCID: 0009-0009-2903-2800, e-mail: sash2003ka@mail.ru

Государственный университет управления, г. Москва, Россия

Аннотация

В настоящее время все большую популярность в электроэнергетике набирают квалифицированные генерирующие станции, работающие на возобновляемых источниках энергии (далее – ВИЭ). Самыми распространенными в современном мире стали ветроэнергетические станции и солнечные генерирующие панели. Россия – страна, обладающая огромной территорией, разные части которой представляют собой потенциальные места для размещения ВИЭ-объектов. Особое внимание привлекают арктические зоны. Однако, выбрав потенциальное место строительства объектов ВИЭ-генерации, необходимо провести анализ эффективности и возможности реализации инвестиционного проекта. Целью исследования является рассмотрение состояния существующей энергетической системы Мурманской области для дальнейшего определения вероятности развития там новых энергетических проектов. Таким образом, оценен ветроэнергетический потенциал региона и проведен прогноз электропотребления на период 2024–2029 гг. Проанализированы обоснования и возможности строительства ветроэнергетических установок на территории Кольского полуострова как альтернативы станциям, работающим на углеводородном топливе. Выявлено, что существующие возможности субъекта России располагают к строительству на его территории новых ветропарков. В результате проведения сравнительного анализа Мурманской области и соседних регионов определено, что данная область наиболее предрасположена к реализации подобных инвестиционных проектов.

Ключевые слова

Электроэнергия, электроэнергетика, возобновляемые источники энергии, ВИЭ-объекты, ветроэнергетика, ветроэлектростанции, Мурманская область, Кольский полуостров, энергетическая система

Для цитирования: Любимова Н.Г., Флакسمан А.С., Редин А.Г., Кучкина А.Д. Потенциал и перспективы развития ветряной генерации на территории Кольского полуострова // Вестник университета. 2024. № 5. С. 116–128.



Potential and development prospects of wind generation on the Kola Peninsula

Natalya G. Lyubimova

Dr. Sci. (Econ.), Prof. at the Economics and Management in the Fuel and Energy Complex Department
ORCID: 0000-0003-4021-4487, e-mail: sebez221@rambler.ru

Alina S. Flaxman

Cand. Sci. (Econ.), Assoc. Prof. at the Economics and Management in the Fuel and Energy Complex Department
ORCID: 0000-0001-8122-0862, e-mail: flax75@mail.ru

Anton G. Redin

Cand. Sci. (Engr.), Assoc. Prof. at the Economics and Management in the Fuel and Energy Complex Department
ORCID: 0009-0006-0304-4289, e-mail: redinag@yandex.ru

Alexandra D. Kuchkina

Student
ORCID: 0009-0009-2903-2800, e-mail: sash2003ka@mail.ru

State University of Management, Moscow, Russia

Abstract

Currently, qualified generating stations powered by renewable energy sources (hereinafter referred to as RES) are becoming increasingly popular in the electric power industry. Wind farms and solar generating panels have become mostly common in the modern world. Russia is a vast country that offers many potential locations for RES facilities. The arctic zones attract special attention. However, having chosen a potential location for the construction of such an object, it is necessary to analyse the effectiveness and feasibility of the investment project. The purpose of this study is to consider the current state of the Murmansk region's energy system for further determination of the probability of new energy projects developing there. In this regard, the wind energy potential of the region has been assessed, and the forecast of electricity consumption for the period from 2024 to 2029 has been performed. The authors have analysed justifications and possibilities for the construction of wind power plants on the territory of the Kola Peninsula as an alternative to stations powered by hydrocarbon fuels. It has been found that the existing opportunities in the Russian region are favourable for the realisation of new wind farm on its territory. A comparative analysis of the Murmansk region and neighboring territories has shown that this area is suitable for implementing such investment projects.

Keywords

Electric power, electric power industry, renewable energy sources, RES facilities, wind power, wind farms, Murmansk region, Kola Peninsula, energy system

For citation: Lyubimova N.G., Flaxman A.S., Redin A.G., Kuchkina A.D. (2024) Potential and development prospects of wind generation on the Kola Peninsula. *Vestnik universiteta*, no. 5, pp. 116–128.



ВВЕДЕНИЕ

Ветроэнергетика – это сектор электроэнергетики, генерирующим типом станций которого являются ветроэнергетические установки (далее – ВЭУ). Данный агрегат преобразует кинетическую энергию воздушного потока в электрическую путем передачи потенциальной энергии ветра на механический вал, а затем превращения ее в электроэнергию с помощью электрогенератора.

Первые проекты отечественных ветроэлектростанций (далее – ВЭС) появились еще в 1920-х гг. Они были разработаны Центральным аэрогидродинамическим институтом имени профессора Н.Е. Жуковского и изначально представляли собой проектно-исследовательские установки. В 1931 г. результатом упорного и длительного труда стал ввод в эксплуатацию ВЭС мощностью 100 кВт в Крыму в поселке Балаклава, на тот момент являвшейся самой мощной ВЭС в мире. В том же году была введена в эксплуатацию еще одна станция в Курске – первая в мире ВЭС с инерционным аккумулятором (энергия запасалась в маховике). Однако с разворотом на территории Советского Союза военных событий развитие возобновляемой энергетики пришлось отложить, и вернулись к ней лишь в конце XX столетия [1].

Одним из наиболее значимых этапов становления отечественной энергетики в области внедрения на рынки электроэнергии и (или) мощности возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ) стали предложения, внесенные рабочей группой российского акционерного общества «ЕЭС России». Она предусматривала внесение поправок в Федеральный закон № 35-ФЗ «Об электроэнергетике»¹. Благодаря этому впервые на законодательном уровне были рассмотрены основные принципы государственной поддержки электростанций, работающих на ВИЭ (Федеральный закон № 250-ФЗ от 04.11.2007 г. «О внесении изменений в законодательные акты Российской Федерации в связи с осуществлением мер по реформированию Единой энергетической системы России»²) [2]. В данном законе также была отмечена система стимулирования выхода субъектов электроэнергетики не только на розничные рынки электроэнергетики, но и на оптовый рынок, в то же время были определены основные механизмы финансовой поддержки. Поддержание государством развития зеленой энергетики в стране продолжается и на данный момент.

В целом можно поэтапно выделить меры поддержки генерирующих объектов ВИЭ в таких установленных нормативно-правовых актах, как:

- 1) Федеральный закон от 26.03.2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике»³;
- 2) Постановление Правительства Российской Федерации (далее – РФ, Россия) от 03.06.2008 г. № 426 «О квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии»⁴;
- 3) Постановление Правительства РФ от 17.10.2009 г. № 823 «О схемах и программах перспективного развития электроэнергетики»⁵;
- 4) Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 г. № 1-р «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 г.»⁶;
- 5) Постановление Правительства РФ от 17.02.2014 г. № 117 «О некоторых вопросах, связанных с сертификацией объемов электрической энергии, производимой на функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии квалифицированных генерирующих объектах»⁷;

¹ Федеральный закон от 26.03.2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике». Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/ (дата обращения: 01.03.2024).

² Федеральный закон от 04.11.2007 г. № 250-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с осуществлением мер по реформированию Единой энергетической системы России». Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72255/ (дата обращения: 01.03.2024).

³ Федеральный закон от 26.03.2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике». Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/ (дата обращения: 01.03.2024).

⁴ Постановление Правительства Российской Федерации от 03.06.2008 г. № 426 «О квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии» (с изменениями и дополнениями). Режим доступа: <https://base.garant.ru/193385/> (дата обращения: 03.03.2024).

⁵ Постановление Правительства Российской Федерации от 17.10.2009 г. № 823 «О схемах и программах перспективного развития электроэнергетики» (с изменениями и дополнениями). Режим доступа: <https://base.garant.ru/196473/> (дата обращения: 03.03.2024).

⁶ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 08.01.2009 г. № 1-р «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 г.» (с изменениями и дополнениями). Режим доступа: <https://base.garant.ru/194737/> (дата обращения: 05.03.2024).

⁷ Постановление Правительства Российской Федерации от 17.02.2014 г. № 117 «О некоторых вопросах, связанных с сертификацией объемов электрической энергии, производимой на функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии квалифицированных генерирующих объектах». Режим доступа: <https://base.garant.ru/57503187/> (дата обращения: 05.03.2024).

6) Постановление Правительства РФ от 29.08.2020 г. № 1298 «О вопросах стимулирования использования возобновляемых источников энергии, внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации и о признании утратившими силу отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации»⁸;

7) Постановление Правительства РФ от 28.01.2023 г. № 2359 «Об утверждении Правил квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии и (или) являющегося низкоуглеродным генерирующим объектом, Правил определения степени локализации на территории Российской Федерации производства генерирующего оборудования для производства электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии по генерирующему объекту и показателя экспорта промышленной продукции (генерирующего оборудования для производства электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии) и (или) работ (услуг), выполняемых (оказываемых) при проектировании, строительстве и монтаже генерирующих объектов, расположенных на территориях иностранных государств, по генерирующему объекту, Правил ведения реестра атрибутов генерации, предоставления, обращения и погашения сертификатов происхождения электрической энергии»⁹.

Одним из важнейших моментов в развитии возобновляемой энергетики в России стал 2013 г. Тогда 28 мая Правительством РФ было издано Постановление № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электроэнергии и мощности»¹⁰. Это ознаменовало начало этапа активного содействия развитию электроэнергетики России за счет использования ВИЭ и их вывода на оптовый рынок электроэнергии и мощности (далее – ОРЭМ). Постановление № 449 определяло 15-летний срок реализации отобранных инвестиционных проектов строительства ВЭС, в течение которого мощность на ОРЭМ оплачивается по более высоким ценам. Стоит отметить, что важная особенность российского механизма такой поддержки, отличающей его от поддержки зарубежных стран, заключается именно в предоставлении мощности по договорам о предоставлении мощности (далее – ДПМ) (готовность оборудования электрической станции к несению требуемой нагрузки), в то время как за рубежом – плата за объем произведенной электроэнергии.

Таким образом, с помощью данного механизма предоставления договоров на продолжительный срок инвестирующие в проекты ВИЭ лица (инвесторы) получают выгоду от регулируемых цен. В качестве посредника заключения договоров между заинтересованными сторонами (инвесторами и потребителями на ОРЭМ) выступает Центр финансовых расчетов. Эта программа получила название «Договор о предоставлении мощности квалифицированных генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии» (далее – ДПМ ВИЭ). Согласно программе проводится конкурентный отбор проектов в соответствии с капитальными затратами в два этапа. Предполагается, что общая сумма государственной поддержки до 2035 г. составит 350–400 млрд руб.

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РЫНОК РОССИИ

Среди основных участников инвестиционной программы ДПМ ВИЭ можно выделить три компании: публичное акционерное общество (далее – ПАО) «Фортум» («Форвард Энерго» с 29 августа 2023 г.) совместно с финансовыми партнерами – акционерным обществом (далее – АО) «НоваВинд» (дивизион «Росатома») и ПАО «ЭЛ5-Энерго» (ранее – ПАО «Энел»). По этой причине можно отметить, что

⁸ Постановление Правительства Российской Федерации от 29.08.2020 г. № 1298 «О вопросах стимулирования использования возобновляемых источников энергии, внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации и о признании утратившими силу отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации». Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74487394/> (дата обращения: 05.03.2024).

⁹ Постановление Правительства Российской Федерации от 28.01.2023 г. № 2359 «Об утверждении Правил квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии и (или) являющегося низкоуглеродным генерирующим объектом, Правил определения степени локализации на территории Российской Федерации производства генерирующего оборудования для производства электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии по генерирующему объекту и показателя экспорта промышленной продукции (генерирующего оборудования для производства электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии) и (или) работ (услуг), выполняемых (оказываемых) при проектировании, строительстве и монтаже генерирующих объектов, расположенных на территориях иностранных государств, по генерирующему объекту, Правил ведения реестра атрибутов генерации, предоставления, обращения и погашения сертификатов происхождения электрической энергии». Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408222071/> (дата обращения: 08.03.2024).

¹⁰ Постановление Правительства Российской Федерации от 28.05.2013 г. № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» (с изменениями и дополнениями). Режим доступа: <https://base.garant.ru/70388616/?ysclid=1w522xf7up251032262> (дата обращения: 07.03.2024).

в целом рынок ветроэнергетики мало дифференцирован из-за наличия на нем нескольких крупных игроков, которые обладают всеми необходимыми средствами, в том числе финансовыми, для относительно свободного входа на рынок, однако это не ограничивает конкуренцию. Поэтому можно выделить следующие перспективы его развития.

1. Введенные требования по локализации при реализации проектов ДПМ ВИЭ, а также санкции против РФ дают определенный стимул к развитию собственных технологий в области ветровых установок. На таганрогском заводе «Красный Котельщик» организовано производство ветряных башен. Государственная корпорация «Росатом» также обеспечивает отечественное производство составляющих ветроустановок: платформ оснований башен, систем охлаждения, генераторов и др. Существует достаточное количество заводов, производящих комплектующие ВЭС, чтобы активно развивать рынок ветроэнергетики на базе отечественных установок.

2. Ветровой потенциал России. Совокупная протяженность прибрежных границ России, по данным Пограничной службы Федеральной службы безопасности России, составляет 38 тыс. км. Такие зоны считаются наиболее энергоэффективными, скорость ветра в них, как правило, больше 6 м/с, а на Сахалине и Севере часто наблюдаются так называемые ураганные ветры, скорость которых – 30 м/с. На Урале средняя скорость составляет 5–6 м/с, что является «золотым порогом», связанным с окупаемостью проектов, оптимальная скорость – 12–25 м/с. В целом для минимального уровня генерации ветроустановке достаточно 3,5–4 м/с в зависимости от ее номинальной скорости и генерирующих параметров [3].

3. Экологический тренд на зеленую энергетику, в соответствии с концепцией устойчивого развития, стимулирует государство вводить новые мощности ВИЭ, тем самым показывая миру свое желание заботы о состоянии окружающей среды и будущих поколений.

4. Существование технологически изолированных энергетических систем и удаленных от центров электропитания поселений. Данный фактор позволяет не тянуть многокилометровые линии электропередач или возводить дорогие центры питания, а строить небольшие гибридные станции, например ВЭС-ДЭС (дизельная электростанция), характеризующиеся стабильной выработкой и технико-экономической эффективностью, вблизи таких пунктов.

В России районы с высоким коэффициентом ветроэнергетической эффективности, то есть с большим потенциалом развития ветроэнергетики, сосредоточены в прибрежных районах Северного Ледовитого океана, от Кольского полуострова до Камчатки. Такие зоны также имеются в районах Каспийского, Аральского, Охотского, Берингова, Черного, Азовского морей и в области Среднего Поволжья. Общая площадь таких потенциальных мест размещения ВЭС составляет около 5 млн км².

Валовой ветровой потенциал РФ оценивается приблизительно в 80 трлн ГВт·ч/г., технический – в 62 трлн ГВт·ч/г., экономический – в 31 млн ГВт·ч/г. [3]. В то же время длительность действия энергетического потока ветра составляет от 2 000 до 5 000 ч в год.

Что касается экономической эффективности ВЭС в стране, то примерно 30 % экономического потенциала от их эксплуатации сосредоточено на Дальнем Востоке, от 30 до 35 % – в Восточной и Западной Сибири и около 15 % – в Северном экономическом регионе (в первую очередь – в Мурманской области). Остановимся на последнем регионе.

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Мурманская область располагается на северо-западе Европейской части РФ, граничит с Республикой Карелия, а также имеет сухопутные границы с соседними государствами – Норвегией и Финляндией. Регион занимает примерно 0,85 % территории России и считается одним из самых водных в стране, что благоприятствует строительству гидроэлектростанций (далее – ГЭС) в области. В данном субъекте находится 22 электростанции, в том числе 17 ГЭС, образованных в 6 каскадов и расположенных на реках Нива, Терiberка, Паз, Воронья, Ковда и Тулома. Большая часть территории находится за Полярным кругом, с чем связан суровый климат, часто представляющий проблему в области строительства и эксплуатации энергетических объектов¹¹.

Поскольку берега региона омываются Баренцевым морем, там располагаются порты и рыболовные предприятия. Рыбная промышленность – традиционная отрасль специализации субъекта, которая является одним из его достояний. Наиболее крупными организациями по данным видам экономической

¹¹ Кольская энциклопедия. Природные условия и ресурсы. Режим доступа: https://ke-culture.gov-murman.ru/murmanskaya_oblast/5237/ (дата обращения: 08.03.2024).

деятельности являются АО «Мурманский морской торговый порт», общество с ограниченной ответственностью (далее – ООО) «Айсберг-Норд», ООО «Аква-Баренц» и пр.

Наибольшую часть области занимает Кольский полуостров. Он богат крупными месторождениями минерального сырья, таким как медь, никель, апатиты, фосфатные и железные руды, редкоземельные металлы и т.д. Поэтому экономику области, помимо грузоперевозок морским путем и рыболовства, образуют также добыча полезных ископаемых и обрабатывающее производство, и предприятия, базирующиеся на этих видах деятельности, являются ведущими по региону¹²:

- 1) общество с ограниченной ответственностью (далее – ОАО) «Оленегорский горно-обогатительный комбинат» – ОАО «Олкон» (производство железорудного сырья);
- 2) ОАО «Апатит» (производство апатитового концентрата);
- 3) ОАО «Ковдорский горно-обогатительный комбинат» (производство металлических концентратов);
- 4) филиал ОАО «СУАЛ» «Кандалакшский алюминиевый завод – СУАЛ» (производство первичного алюминия);
- 5) ОАО «Кольская горно-металлургическая компания» (производство никеля, рафинированной меди, серной кислоты).

Эти же организации на протяжении многих лет остаются крупнейшими потребителями электрической энергии (табл. 1). Однако вместе с тем следует признать, что из года в год значение максимума потребления мощности и годовое электропотребление предприятий остается либо неизменным (например, у АО «Кольская горно-металлургическая компания»), либо у него наблюдается незначительная динамика (например, у АО «Северо-Западная Фосфорная Компания» среднегодовой темп прироста максимума потребления мощности составляет + 3,39 %).

Таблица 1

**Потребление электроэнергии крупнейшими предприятиями
Мурманской области в 2020–2023 гг.**

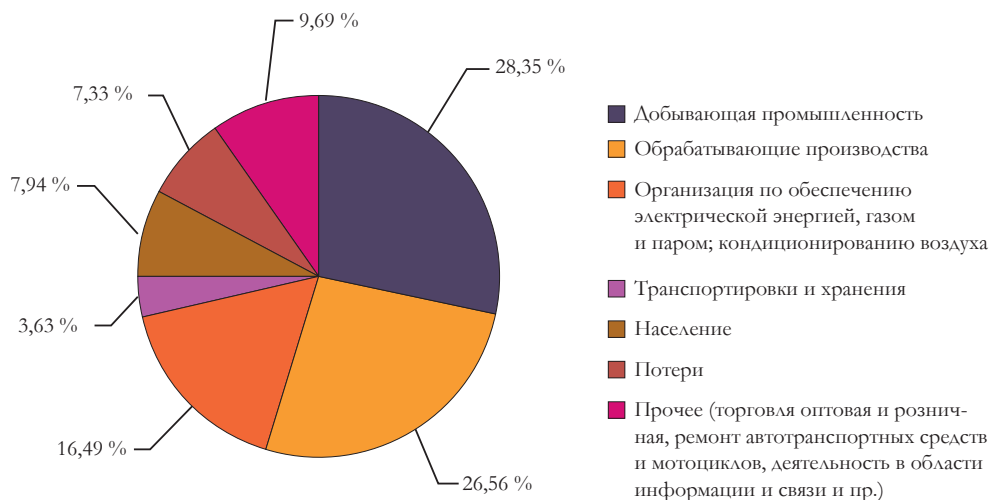
Предприятие	2020 г.		2021 г.		2022 г.		2023 г.	
	Максимум потребления мощности, МВт	Электропотребление, млн кВт·ч	Максимум потребления мощности, МВт	Электропотребление, млн кВт·ч	Максимум потребления мощности, МВт	Электропотребление, млн кВт·ч	Максимум потребления мощности, МВт	Электропотребление, млн кВт·ч
АО «Кольская горно-металлургическая компания»	297,2	2 552,7	297,2	2 552,7	297,2	2 552,7	297,2	2 552,7
Кировский филиал АО «Апатит»	274,3	1 851,7	278,3	1 878,4	286,2	1 931,7	286,2	1 931,7
«РУСАЛ Кандалакша»	143,1	1 253,8	143,1	1 253,8	143,1	1 253,8	143,1	1 253,8
АО «Ковдорский горно-обогатительный комбинат»	110,5	851	115	892	115	892	115	892
АО «Олкон»	57,5	422	57,5	422	57,5	422	57,5	422
АО «СЗФК»	35	207,9	35	253,5	38	290,2	40	314,6
АО «Мурманский морской торговый порт»	7,5	23	7,5	23,5	8	24	8,5	24

Составлено авторами по материалам источника¹³

¹² Министерство энергетики Российской Федерации. Обосновывающие материалы. Схема и программа развития электроэнергетических систем России на 2024–2029 годы. Энергосистема Мурманской области. Режим доступа: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/future_plan/public_discussion/2024/final/30_Murmanskaja_oblast.pdf (дата обращения: 09.03.2024).

¹³ Постановление Правительства Российской Федерации от 29.08.2020 г. № 1298 «О вопросах стимулирования использования возобновляемых источников энергии, внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации и о признании утратившими силу отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации». Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74487394/> (дата обращения: 05.03.2024)

Таким образом, за 2022 г., как и за последние несколько лет, самым энергоемким сектором в Мурманской области оставалась добывающая промышленность, на долю которой приходилось 28 %. Немного меньше пришлось на обрабатывающие производства – около 26 %. На организации по обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционированию воздуха – 17 %. На транспортировки и хранения – около 4 %. Одну из самых маленьких долей в потреблении электроэнергии имело население – всего около 8 % (рис. 1).



Составлено авторами по материалам источника¹⁴

Рис. 1. Структура электропотребления в Мурманской области за 2022 г.

Всего за 2022 г. было потреблено 11 984,2 млн кВт·ч, что составило 100,2 % к потреблению за 2021 г. Произведено электроэнергии за анализируемый год – 18 226,8 млн кВт·ч, отпущено за пределы региона – 6 242,8 млн кВт·ч (табл. 2).

Таблица 2

Структура потребления электроэнергии в Мурманской области за 2022 г.

Структура	Потреблено, млн кВт·ч
Добывающая промышленность	4 107,6
Обрабатывающие производства	3 080,7
Организации по обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционированию воздуха	1 369,2
Транспортировки и хранения	435,1
Население	951,6
Потери	878,4
Прочее (ремонт автотранспортных средств и мотоциклов, деятельность в области информации и связи, оптовая и розничная торговля и т.д.)	1 161,5
Всего потреблено	11 984,2

Составлено авторами по материалам источника¹⁵

Крупнейшей генерирующей станцией в регионе является Кольская атомная электростанция (далее – АЭС), входящая в АО «Концерн Росэнергоатом». Она имеет четыре энергоблока, в каждом из которых установлен реактор типа ВВЭР (водо-водяной энергетический реактор) мощностью 440 МВт. Первый блок был запущен в 1973 г., а в 2019 г. была проведена программа модернизации, в соответствии с которой срок его эксплуатации продлился до 2033 г. Доля АЭС в балансе мощности региона составляет

¹⁴ Федеральная служба государственной статистики. Электробаланс 2005–2022 гг. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/elbalans_2022.xlsx (дата обращения: 09.03.2024).

¹⁵ Там же.

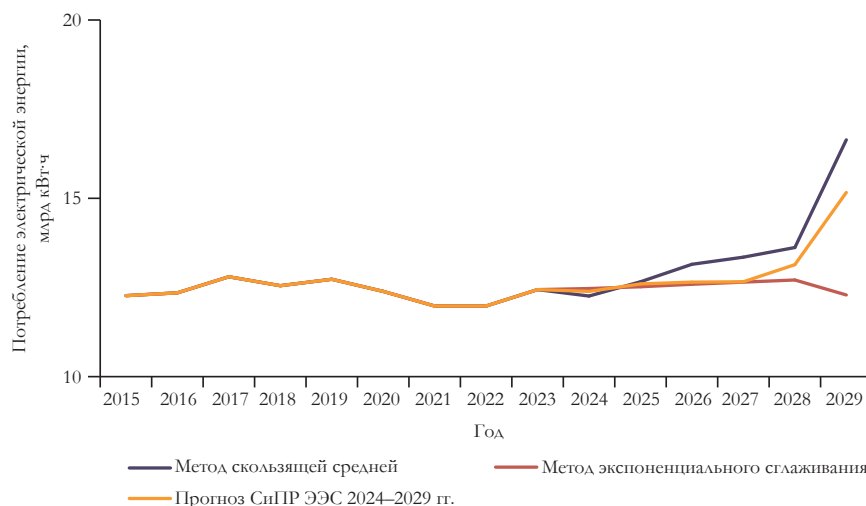
46 %, а в балансе выработки – 63 %. В 2022 г. объем производства электроэнергии увеличился на 11,4 % по сравнению с предыдущим годом и составил 10,4 млрд кВт.

В 2022 г. в Мурманской области был реализован первый этап крупного зеленого проекта энергетической компании ПАО «ЭЛ5-Энерго», а именно состоялся запуск первой очереди Кольской ВЭС установленной мощностью 170 МВт (84 % от проектной установленной мощности) – самой крупной ВЭС за Полярным кругом. Выработка электроэнергии за тот год составила 40 ГВт·ч (при условии запуска первой очереди 1 декабря 2022 г.). В мае 2023 г. в коммерческую эксплуатацию была введена вторая очередь, и таким образом Кольский ветропарк достиг своей полной установленной мощности, а именно 201 МВт. Предполагаемая выработка электроэнергии за год составляет 750 млн кВт·ч. Кольская ВЭС подключена к Единой национальной энергетической сети. В то же время стоит отметить, что энергетический проект очень важен в целом для страны с точки зрения экологии: генерация энергии на ветропарке позволяет предотвратить до 800 тыс. т выбросов углекислого газа за год¹⁶.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ И АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЯ

Опираясь на вышеизложенное, подчеркнем, что одним из перспективных направлений энергетики для Мурманска является зеленая энергетика, поскольку, во-первых, часть Мурманской области, располагающаяся на Кольском полуострове, обладает огромным потенциалом энергии ветра, а во-вторых, территория Мурманской области характеризуется разветвленной сетью многоводных рек с достаточными перепадами высот, благодаря чему в регионе можно строить ГЭС. Стоит упомянуть: в некоторых исследованиях отмечается, что пики интенсивности ветрового потока в регионе приходятся на зимний период в то время, когда наблюдается максимумы потребления электрической и тепловой энергии, а эффективность выработки на ГЭС падает (годовой сток рек приходится на летний период) [2]. Таким образом, можно рассмотреть эффективность одновременного использования чистой генерации на ВЭС и ГЭС как дополняющих друг друга станциях в регионе.

Для первоначальной оценки потребности региона в новых генерирующих мощностях определим прогноз потребления электроэнергии за 2024–2029 гг. (рис. 2). За базовый период возьмем данные за 20 лет, приведенные Федеральной службой государственной статистики. При расчете прогноза электропотребления на 5 лет были использованы два метода: метод скользящей средней и метод экспоненциального сглаживания. Средний по годам прирост потребления при расчете первым методом находится на уровне 2,18 % и на уровне 1 % при расчете прогноза вторым способом. Среднее отклонение значений, полученных с помощью метода скользящей средней от прогноза, приведенного в Схеме и программе развития электроэнергетических систем (далее – СиПР ЭЭС) России на 2024–2029 гг., в частности Мурманской области, составило + 2,52 % и – 2,69 % при расчете методом экспоненциального сглаживания (рис. 2).



Составлено авторами по материалам источника¹⁷

Рис. 2. Прогноз потребления электрической энергии в Мурманской области за 2024–2029 гг.

¹⁶ ЭЛ5-Энерго. Годовой отчет 2022. Режим доступа: <https://www.el5-energo.ru/investors/information-disclosure/> (дата обращения: 12.03.2024).

¹⁷ Министерство энергетики Российской Федерации. Обосновывающие материалы. Схема и программа развития электроэнергетических систем России на 2024–2029 годы. Энергосистема Мурманской области. Режим доступа: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/future_plan/public_discussion/2024/final/30_Murmanskaja_oblast.pdf (дата обращения: 09.03.2024).

Важно отметить, что основной акцент при прогнозировании был сделан на планируемых к вводу в исследуемый период электропотребителях, крупнейший из которых – завод по производству сжиженного природного газа ООО «НОВАТЭК-Мурманск». Его проектная мощность должна составить 900 МВт. Именно по этой причине ожидается резкий рост потребления электроэнергии в период 2028–2029 гг. Однако стоит учитывать, что для Мурманской области также важна и температура окружающей среды, от которой зависит объем использования электроэнергии потребителями, в связи с чем объем потребления может изменяться. Также не стоит игнорировать и прочие факторы (например, политические или экономические).

Проанализировав планируемый объем электропотребления в регионе до 2029 г. и оценив баланс производства и потребления электроэнергии (табл. 3), можно сделать заключение о том, что регион сохранит статус избыточной энергосистемы, и даже при условии роста электропотребления (рис. 2) выработанный объем электроэнергии будет полностью покрывать ее потребление.

Таблица 3

Баланс производства и потребления электроэнергии в Мурманской области в 2018–2022 гг.

Показатель	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Выработано, млн кВт·ч	17 285,7	16 672,7	16 492,8	16 605,7	18 226,8
Потреблено, млн кВт·ч	12 530,1	12 718	12 379,5	11 969,5	11 984,2
Экспорт, млн кВт·ч	4 755,6	3 954,7	4 113,3	4 636,2	6 242,6

Составлено авторами по материалам источника¹⁸

Впрочем, при оценке потенциала строительства ВИЭ в районе Кольского полуострова стоит сделать акцент не столько на балансе производства и потребления электроэнергии или мощности, сколько на состоянии энергосистемы региона в целом, а также на энергетических системах соседних регионов.

Относительно развития электросетевая система региона позволяет осуществлять передачу электрической энергии не только в его пределах, но и за его границы, либо в субъекты, в которые ее экономически выгоднее доставлять, чем производить там, либо в общую энергосистему страны для поддержания ее стабильного функционирования и требуемых параметров надежности. Добавим, что в настоящее время ведутся строительно-монтажные работы, которые приведут к увеличению возможностей транзита электроэнергии из Мурманской области в Республику Карелию и через нее далее в объединенную энергетическую систему Северо-Запада.

Сегодня электросетевой комплекс Мурманской области включает в себя как распределительные сети, работающие на напряжении от 35 до 110 и 150 кВ, так и магистральные воздушные линии электропередач (далее – ВЛЭП) с напряжением 330 кВ:

- связь энергетической системы Мурманской области с энергосистемами регионов РФ (ВЛЭП 330 кВ с Республикой Карелия – 2 шт., ВЛЭП 110 кВ – 1 шт.);
- связь с зарубежными энергетическими системами (ВЛЭП 110 кВ с Финляндией – 1 шт.; ВЛЭП 150 кВ с Норвегией – 1 шт.).

Строительство электростанций, работающих на ВИЭ, не означает полный отказ от станций, работающих на углеродном топливе, так как это чревато последствиями, поскольку всем известно непостоянство и невозможность точного предсказания скорости потока воздушных масс, инсоляции, полноводности рек и пр. Для бесперебойного энергоснабжения можно использовать гибридный тип установок – ветродизельные станции, имеющие в составе ВЭУ и дизельный генератор. Более того, в состав ветродизельного комплекса могут включаться и аккумулирующие энергию устройства. Такой тип генерирующих объектов проектируется для сокращения расхода топлива на ДЭС небольших изолированных энергосистем, линии электропередач которых не подключены к общей энергосистеме.

Таким образом, активное внедрение альтернатив генерации электроэнергии на дорогом углеродном топливе сможет способствовать повышению экономической эффективности децентрализованных систем энергоснабжения потребителей. Учитывая, что на территории области уже располагаются ГЭС Серебрянского и Териберского каскадов, то за их счет возможно компенсировать непостоянство выработки ВЭС в связи с меняющимися погодными условиями.

¹⁸ Федеральная служба государственной статистики. Электробаланс 2005–2022 гг. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/elbalans_2022.xlsx (дата обращения: 09.03.2024).

ОЦЕНКА ЭНЕРГОСИСТЕМЫ СОСЕДНЕГО РЕГИОНА

Одной из важнейших функций энергосистемы Мурманской области является экспорт электроэнергии в соседние регионы РФ, в первую очередь в Республику Карелия, для которой характерно дефицитное состояние энергетической системы. Остановимся на ней подробнее.

Энергосистема Карелии представлена преимущественно двумя типами электростанций – гидро- и теплоэлектростанциями, которые в совокупности не могут покрыть спрос на электроэнергию республики в полной мере (табл. 4). Установленная мощность генерирующих станций энергосистемы – 1 095 МВт, в то время как средний максимум потребления за период 2018–2022 гг. составляет 1 196 МВт. При этом число часов использования максимума потребления мощности в году варьируется от 6 517 до 6 928 ч/г.

Таблица 4

Баланс производства и потребления электроэнергии в энергосистеме Республики Карелия в 2018–2022 гг.

Показатель	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Выработка, млн кВт·ч	5 025,9	4 931,5	5 476	5 217,6	4 866,3
Потребление, млн кВт·ч	7 931	7 847	7 815	8 302	8 299
Энергобаланс, млн кВт·ч	– 2 906,1	– 2 915,5	– 2 339,0	– 3 084,4	– 3 432,7

Составлено авторами по материалам источника¹⁹

Дефицит электроэнергии в регионе покрывается в основном за счет перетоков электроэнергии с Мурманской области, главным образом за счет ее передачи от Кольской АЭС. При этом объем передаваемой энергии достигает 40 % и варьируется от 4 000 до 5 000 МВт·ч в год.

Учитывая вышеизложенное, стоит отметить, что строительство станций промышленных масштабов, работающих на ВИЭ, крайне невыгодно в республике. Солнечные электростанции нецелесообразно строить из-за низкой инсоляции, а ВЭС – из-за низкого ветропотенциала региона. Согласно расчетам экспертов, ветровой технический потенциал региона составляет 60–150 млрд кВт·ч в год, в то время как в Мурманской области он на порядок выше и приходится примерно на 360 млрд кВт·ч. Не зря в Карелии планировалось построить четыре ВЭС – Валаамскую, Морскую, Беломорскую и ВЭС в поселке Валдай, но ни один проект так и не был реализован из-за экономической нецелесообразности и высокого уровня рисков.

Среднегодовая скорость ветра на территории Карелии равняется 3,3–4,8 м/с, а максимальные скорости, как правило, наблюдаются лишь два месяца в году – в сентябре и октябре, в то время как минимальная скорость работы ветровой установки – 3 м/с. Однако стоит учитывать и то, что мощность при такой силе потока будет минимальной. Строительство ВЭС промышленных масштабов осложняется также лесистостью местности.

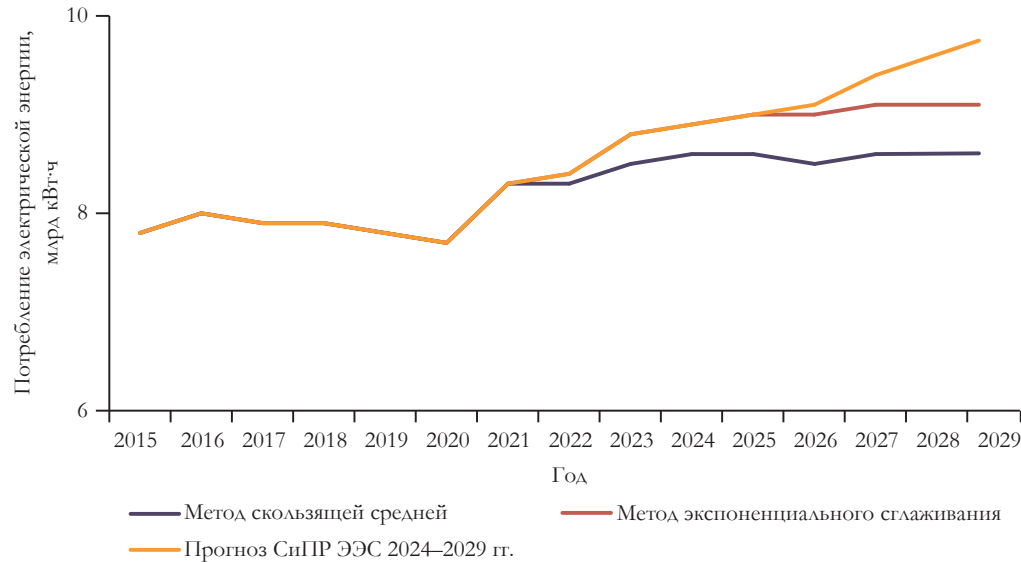
Что касается потребности Республики Карелии в электроэнергии, то, как отмечалось ранее, энергосистема региона дефицитная, а крупнейшие потребители – промышленные предприятия. Ключевыми отраслями экономики за 2023 г. являлись добыча полезных ископаемых и обрабатывающие производства (30,7 и 19,3 % соответственно в структуре валовой добавленной стоимости региона)²⁰. При этом основная промышленность региона – горнодобывающая, лесодобывающая и лесоперерабатывающая, целлюлозно-бумажная. Данные направления экономической деятельности, как правило, довольно энергозатратные, что требует оснащения региона недорогой электрической энергией. С другой стороны, оптимизация энергетической системы Карелии в целом и формирование стабильного и надежного энергоснабжения в частности создадут в регионе устойчивую базу для развития существующих предприятий, а также для роста экономики региона.

Чтобы оценить перспективы потребности региона в новых генерирующих мощностях, определим прогнозные значения потребления электроэнергии на период до 2029 г. теми же методами, которые применялись ранее (рис. 3). Расчеты проводятся с учетом развития АО «Карельский окатыш» и увеличения

¹⁹ Федеральная служба государственной статистики. Электробаланс 2005–2022 гг. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/elbalans_2022.xlsx (дата обращения: 09.03.2024).

²⁰ Карелиястат. Республика Карелия в цифрах 2023. Краткий статистический сборник. Режим доступа: <https://youthlib.mirea.ru/ru/resource/4553> (дата обращения: 15.03.2024).

его существующей мощности на 16 МВт в 2024 г., а также в связи с ростом потребления электроэнергии дата-центром филиала алюминиевого завода АО «РУСАЛ Урал» в поселке Надвоицы. Среднее отклонение полученных значений при расчете методом скользящей средней от прогноза, приведенного в СиПР ЭЭС России на 2024–2029 гг., а именно Республики Карелия²¹, составило 5,18 % и – 1,04 % методом экспоненциального сглаживания. Средний годовой прирост потребления в период 2023–2029 гг. по первому методу достигает 0,44 %, по второму – 1,47 %.



Составлено авторами по материалам источника²²

Рис. 3. Прогноз потребления электрической энергии в Республике Карелия за 2024–2029 гг.

Для дальнейшего анализа потребности региона в электроэнергии составим также баланс производства и потребления электроэнергии в соответствии с прогнозом потребления, рассчитанным методом экспоненциального сглаживания. Мы отдаем ему предпочтение по причине среднего значения между прогнозом СиПР ЭЭС 2024–2029 гг. и прогнозом по методу скользящей средней (табл. 5). При этом выработка энергии была рассчитана исходя из значения ежегодной установленной мощности электростанций в Республике Карелия в период 2024–2029 гг., в том числе с учетом ввода новых генерирующих мощностей ГЭС (+ 8,1 МВт) в 2024 г.

Таблица 5

Прогноз баланса производства и потребления электроэнергии в энергосистеме Республики Карелия в 2024–2029 гг.

Показатель	2024 г.	2025 г.	2026 г.	2027 г.	2028 г.	2029 г.
Потребление, млн кВт·ч	8 813	8 893,91	8 953,37	9 031,72	9 106,44	9 163,8
Выработка, млн кВт·ч	7 608,86	7 789,09	7 756,17	7 619,54	7 767,14	7 621,3
Энергобаланс, млн кВт·ч	– 1 204,14	– 1 104,82	– 1 197,20	– 1 412,18	– 1 339,31	– 1 543,53

Составлено авторами по материалам источника²³

Судя по полученным данным, можно предположить, что энергосистема будет оставаться дефицитной до 2030 г., при этом разница между потреблением и производством электроэнергии непосредственно в регионе будет расти, а значит, будут возрастать и перетоки из других энергосистем. Учитывая

²¹ Министерство энергетики Российской Федерации. Обосновывающие материалы. Схема и программа развития электроэнергетических систем России на 2024–2029 годы. Энергосистема Республики Карелия. Режим доступа: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/future_plan/public_discussion/2024/final/49_Respublika_Karelija.pdf (дата обращения: 15.03.2024).

²² Там же.

²³ Там же.

большую сетевую составляющую в тарифе на электричество (~ 40 %), во избежание возрастания финансовой нагрузки на потребителей предлагается передавать энергию от ГЭС или ВЭС Мурманской области, где уже на сегодняшний день стоимость вырабатываемого 1 кВт·ч ниже, чем на станциях, работающих на углеродном топливе. В то же время, рассчитав объем переданной и потребленной внутри республики электроэнергии из Мурманской области, можно заметить, что большая часть экспорта оседает именно в Карелии, а с учетом прогноза потребления объем экспорта предположительно будет увеличиваться (табл. 6). Так как республика связана с соседними регионами страны (помимо Мурманской и Ленинградской областей, также с Вологодской и Архангельской областями), то возможна передача электроэнергии в эти субъекты РФ. Так, в 2021 г. производство электроэнергии за вычетом внутреннего потребления составило – 1 011,2 млн кВт·ч в Архангельской области и Ненецком автономном округе и – 6 564,1 млн кВт·ч в Вологодской области²⁴.

Таблица 6

Объем переданной электроэнергии в Республику Карелия из Мурманской области в 2018–2022 гг.

Экспорт электроэнергии	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Общий экспорт электроэнергии из Мурманской энергосистемы, млн кВт·ч	4 755,6	3 954,7	4 113,3	4 636,2	6 242,6
Передано в Карелию, млн кВт·ч	3 064,7	2 332,5	2 490,7	3 486	4 796,7
Передано за пределы Карелии, млн кВт·ч	1 690,9	1 676,1	1 782,3	1 150,2	1 445,9

Составлено авторами по материалам источника²⁵

Энергетика республики не играет ключевой роли в ее экономике и является лишь вспомогательным звеном по причине отсутствия в регионе собственных, обеспеченных достаточным количеством ресурсов энергетических баз. Отсюда и следует одна из главных проблем энергосистемы Республики Карелия – острая зависимость от привозного топлива, из-за цены которого увеличивается тариф на электроэнергию. Нельзя не отметить и высокий износ электросетевого комплекса.

Учитывая, что региональные энергосистемы Республики Карелия и Мурманской области имеют единую системообразующую сеть (330 кВ), необходимо взять во внимание расширение возможностей передачи электроэнергии из Мурманской области в Карелию. Тем самым обеспечится не только внутренний потенциал роста экономики области за счет развития энергетики в ее пределах, но и, после того как будет взят курс на увеличение экспорта электроэнергии в соседние регионы, устойчивая база для развития отечественной промышленности в них.

По этой причине стоит отметить и недавно введенный в эксплуатацию Кольско-Карельский транзит 330 кВ, проходящий параллельно первой цепи электромагистрали 330 кВ, которая была введена более 30 лет назад. Его линии электропередач в 1,1 тыс. км соединяют энергосистемы Мурманской, Ленинградской областей и Республики Карелия. Новый транзит позволит увеличить передачу мощности до 615 МВт, и таким образом будут обеспечены более надежная реализация электроэнергии в соседние регионы, а также ее наиболее эффективная продажа на ОРЭМ с учетом невысокой стоимости атомных, ветряных и гидравлических электростанций Кольского полуострова.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Перейдем к заключению о том, что строительство новых объектов генерации электроэнергии на территории Мурманской области – актуальная задача развития региона. Решить ее позволяет строительство альтернативных источников энергии, ВЭС или малых ГЭС, с возможностью их комбинирования. Тем более, как показывают исследования, пики интенсивности ветрового потока приходятся на зимний период в то время, когда наблюдаются максимумы потребления электрической и тепловой энергии, а эффективность выработки на ГЭС падает (годовой сток рек приходится на летний период) [4].

²⁴ АО «Системный оператор ЕЭС». Энергодостаточность регионов в 2021 году. Режим доступа: <https://nirating.ru/files/ratings/energodeficit012021.pdf> (дата обращения: 17.03.2024).

²⁵ Федеральная служба государственной статистики. Электробаланс 2005–2022 гг. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/elbalans_2022.xlsx (дата обращения: 09.03.2024).

Что касается технических требований для работы ВЭС, то минимально допустимая скорость ветра, при которой начинают работать ветрогенераторы, – примерно 2–4 м/с на высоте, как правило, 100 м, однако все зависит от типа установки и мощности генерирующей станции. Среднегодовая скорость ветра на Кольском полуострове составляет 8 м/с на высоте от 70 м [5]. Наиболее благоприятные территории для реализации зеленых проектов по части ветровой энергетики – побережье Баренцева моря, поскольку при удалении от береговой линии сила ветрового потока заметно снижается. При этом необходимо принять во внимание, что поток ветра должен быть постоянным. Менее эффективным, а иногда и опасным явлением является порывистый или шквалистый ветер. Оптимальная производительность ВЭС достигается при скорости 10–15 м/с, а если скорость ветра выше 25 м/с, то установки останавливаются, чтобы предотвратить повреждения или аварии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, заключаем, что Мурманская область обладает всеми необходимыми ресурсами и возможностями для реализации инвестиционных проектов в области ветроэнергетики. Наиболее подходящие площадки для строительства ВЭУ располагаются на береговой линии Кольского полуострова, где среднегодовая скорость ветра удовлетворяет техническим требованиям работы станции. Ко всему прочему, поскольку энергосистема региона является избыточной, ее электросетевая структура позволяет осуществлять транзит электроэнергии в соседние регионы, тем самым способствуя развитию отечественной экономики.

Список литературы

1. Бутузов В.А., Безруких П.П., Грибков С.В. Сто лет развития ветроэнергетики в России. Часть 1. Окружающая среда и энергоснабжение. 2021;3:8–24. <http://doi.org/10.5281/zenodo.5547003>
2. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М. Развитие сектора энергетики в России на основе возобновляемых источников энергии. Вестник Брянской ГСХА. 2021;3(85):55–60. <https://doi.org/10.52691/2500-2651-2021-85-3-55-60>
3. Шевченко М.В. Ветроэнергетический потенциал России. Вестник Камчатского государственного технического университета. 2006;5:54–58.
4. Белей В.Ф., Котсар Г.В. Оценка ветропотенциала Мурманской области и эффективности Кольской ветроэлектростанции. Вестник МГТУ. 2020;4(23):376–386. <http://doi.org/10.21443/1560-9278-2020-23-4-376-386>
5. Суркова Г.В., Соколова Л.А., Чичев А.Р. Многолетний режим экстремальных значений скорости ветра в Баренцевом и Карском морях. Вестник Московского университета. 2015;5:53–58.

References

1. Butuzov V.A., Bezrukikh P.P., Gribkov S.V. The hundred years of wind industry development in Russia. Part 1. Journal of Environmental Earth and Energy Study. 2021;3:8–24. (In Russian). <http://doi.org/10.5281/zenodo.5547003>
2. Kupreenko A.I., Isaev Kh.M., Mikhailichenko S.M. Development of the energy sector in Russia on the basis of renewable energy sources. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2021;3(85):55–60. (In Russian). <https://doi.org/10.52691/2500-2651-2021-85-3-55-60>
3. Shevchenko M.V. Wind energy potential of Russia. Bulletin of Kamchatka State Technical University. 2006;5:54–58. (In Russian).
4. Beley V.F., Kotsar G.V. Assessment of wind energy potential of the Murmansk Region and performance of Kola wind farm. Vestnik of MSTU. 2020;4(23):376–386. (In Russian). <http://doi.org/10.21443/1560-9278-2020-23-4-376-386>
5. Surkova G.V., Sokolova L.A., Chichev A.R. Long-term regime of extreme winds in the Barents and Kara Seas. Lomonosov Journal. 2015;5:53–58. (In Russian).