

ОБЗОРЫ

УДК 338:620.9(470.21)

**РАЗВИТИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ****Кузнецов Н.М., Коновалова О.Е.***Центр физико-технических проблем энергетики Севера ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, e-mail: n.kuznetsov@ksc.ru*

Основными направлениями энергетического перехода от традиционной организации энергосистем к новой архитектуре электроэнергетики, которая будет основана на принципах децентрализации управления и обеспечения свободного обмена энергией между субъектами рынка электроэнергетики, являются технологии распределенной энергетики (распределенная генерация, управление спросом, управление энергоэффективностью, локальные энергосистемы, распределенные системы хранения энергии). Внедрение технологий распределенной энергетики в Мурманской области начинается с распределенной генерации для энергоснабжения удаленных и изолированных потребителей от энергосистемы. В статье представлен обзор технологий распределенной энергетики, применяемых в регионе. Показана динамика удельного веса выработки электроэнергии гидроэлектростанциями как источниками возобновляемой энергии. Приведены примеры источников распределенной генерации, которые успешно работают в регионе. Показана возможность использования возобновляемых речных ресурсов в качестве источника распределенной генерации для удаленных потребителей от энергетической системы. Механизм ценозависимого снижения потребления субъектов оптового рынка, введенный в 2017 г., внедряется медленно из-за недостаточного количества участников. В развитие механизма ценозависимого снижения потребления на электроэнергетическом рынке региона с 2019 г. внедряется пилотный проект по управлению спросом розничных потребителей электроэнергии. Управление спросом с использованием возобновляемых источников энергии позволит обеспечить динамическое регулирование нагрузки на стороне потребителей и генерации электроэнергии.

Ключевые слова: производство электроэнергии, источники распределенной генерации, ветро-солнечно-дизельные комплексы, управление спросом, энергоэффективность

DEVELOPMENT OF DISTRIBUTED ENERGY IN THE MURMANSK REGION**Kuznetsov N.M., Konovalova O.E.***Northern Energetics Research Centre KSC RAS, Apatity, e-mail: n.kuznetsov@ksc.ru*

The main directions of the energy transition from the traditional organization of energy systems to the new architecture of the electric power industry, which will be based on the principles of decentralizing management and ensuring the free exchange of energy between the subjects of the electric power market, are distributed energy technologies (distributed generation, demand management, energy efficiency management, local energy systems, distributed energy storage systems). The introduction of distributed energy technologies in the Murmansk region begins with distributed generation for the power supply of remote and isolated consumers from the power system. The article presents an overview of distributed energy technologies used in the region. The dynamics of the specific weight of electricity generation by hydroelectric power plants as sources of renewable energy is shown. Examples of distributed generation sources that work successfully in the region are given. The possibility of using renewable river resources as a source of distributed generation for remote consumers from the energy system is shown. The mechanism of price-dependent reduction of consumption of wholesale market entities, introduced in 2017, is being implemented slowly due to the insufficient number of participants. In order to develop the mechanism of price-dependent reduction of consumption in the electricity market of the region, a pilot project on managing the demand of retail electricity consumers is being implemented from 2019. Demand management with the use of renewable energy sources will allow for dynamic regulation of the load on the side of consumers and electricity generation.

Keywords: electricity generation, distributed generation sources, wind-solar-diesel complexes, demand management, energy efficiency

Ключевым направлением энергетического перехода от традиционной организации энергосистем к новым технологиям гибкого построения и интеллектуального управления энергетическими сетями [1] является *распределенная энергетика*. Технологии распределенной энергетики: *распределенная генерация, локальная энергосистема с распределенной генерацией, управление энергоэффективностью, управление спросом, распределенные системы накопления энергии*. Основным требованием, которое предъявляется к технологиям распределенной энергетики, является максималь-

ное приближение к потребителю энергии. Основными принципами рационального природопользования являются повышение качества жизни населения и экономический рост при одновременном снижении нагрузки на окружающую среду [2]. К основным задачам развития регионов Арктической зоны Российской Федерации относится ликвидация транспортных и энергетических ограничений, препятствующих увеличению масштабов хозяйственного освоения Арктики, стимулирование опережающего развития и внедрения энергосберегающих и энергоэффективных технологий [3, 4].

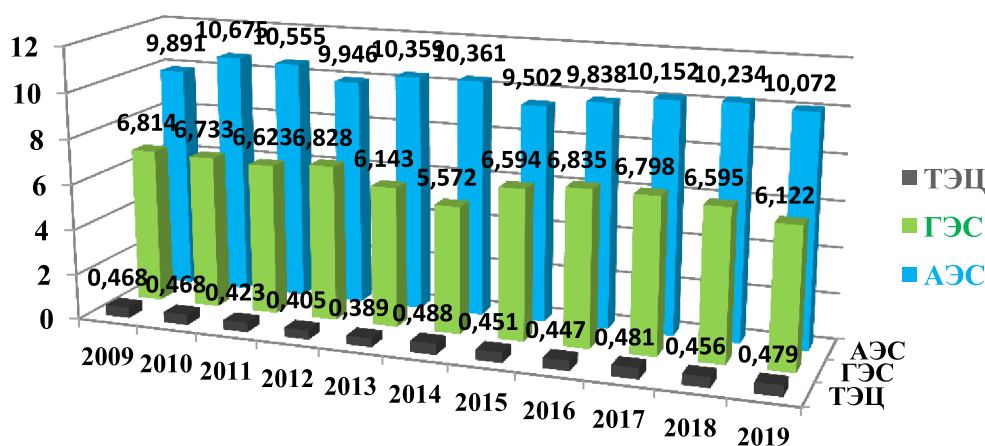


Рис. 1. Производство электроэнергии в Мурманской области, млрд кВт-ч

Наличие альтернативных моделей низкоуглеродной электроэнергетики важно для достижения стратегических целей экологизации экономики [5]. Проведенное исследование [6] возможностей использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) показало, что высокие показатели по наращиванию объемов генерируемой энергии из ВИЭ с одновременным снижением их себестоимости стали результатом привлечения значительных инвестиций. При внедрении источников распределенной энергетики необходимо обеспечить экономический обоснованный подход к поиску оптимального варианта размещения ВИЭ в отдаленных арктических районах [7] в зависимости от их мощности и удаленности от потребителей по минимуму затрат на передачу мощности в сети [8]. Из-за прерывистого характера возобновляемых источников энергии в распределительных сетях появляются колебания мощности и напряжения [9], поэтому для обеспечения стабильности напряжения, снижения суммарных потерь электроэнергии в электрической сети [10], поддержания надежности локальной энергосистемы [11] необходимо применять накопители энергии и контроллеры [12].

Целью исследования является изучение перспектив развития распределенной энергетики Мурманской области.

Результаты исследования и их обсуждение

Создание и развитие электроэнергетической системы на Кольском полуострове на первом этапе основывалось на строительстве гидроэлектрических станций (ГЭС). Строительство первой ГЭС в Мур-

манской области, Нива-II, было начато в 1930 г. в связи с необходимостью обеспечения электроэнергией апатитовых разработок в г. Кировске, в 1934 г. ГЭС введена в эксплуатацию. Для электроснабжения г. Мурманска и электрификации железной дороги в 1933 г. начато строительство второй гидроэлектростанции – Нижне-Тулумской, которая в январе 1937 г. была введена в эксплуатацию. В 1940 г. Нива ГЭС-2 и Нижне-Тулумская ГЭС, соединенные линией электропередачи напряжением 110 кВ, стали основой Кольской энергосистемы [13], которая работала как источник распределенной генерации в островном режиме до объединения с Карельской энергосистемой в 1974 г. С 1949 по 1961 г. построены и введены в эксплуатацию гидроэлектростанции Нива-III (подземная), Яникоски, Нива-I, Князегубская, Раякоски, Кайтакоски и Иовская ГЭС. Удельный вес выработки электроэнергии гидроэлектростанциями до 1959 г. составлял 97%, в 1959 г. он снизился до 90%, в 1960 г. – до 65%, а в 1961 г. с вводом в эксплуатацию Апатитской ТЭС удельный вес выработки электроэнергии гидроэлектростанциями в Кольской энергосистеме составил 61% [14]. С вводом Кольской АЭС на полную мощность в 1985 г. выработка электроэнергии гидроэлектростанциями снизилась до 32%, а с 2009 по 2019 г. составляет в среднем 38% (рис. 1).

Мурманская область относится к числу районов с высоким уровнем потребления электрической энергии, которое определяется большой энергоемкостью горно-обогатительных предприятий и цветной металлургии, потребление которых составляет около 2/3 от суммарно-

го потребления электрической энергии в регионе [15]. Для принятия инвестиционных решений по модернизации энергетики региона (реконструкция электростанций, повышение энергоэффективности в регионе, управление спросом, развитие распределенной когенерации, внедрение собственной генерации потребителей энергии и использование распределенных возобновляемых источников энергии) необходимо оценить потенциал распределенной энергетики. Используя потенциал энергосбережения с помощью различных технологий распределенной энергетики, возможно закрыть значительную часть потребности в генерирующих мощностях области. Область имеет значительный потенциал возобновляемых источников энергии, но в настоящее время мощность установок на возобновляемых источниках энергии (не включая мощность ГЭС, работающих в составе энергосистемы) составляет менее 0,1% установленной мощности всех электростанций (60% установленной мощности распределенной генерации на возобновляемых источниках энергии приходится на энергию приливов Кислогубской ПЭС) [16]. 46% установленной мощности источников производства электроэнергии приходится на атомную электростанцию, доля гидроэлектростанций составляет 42%, установленная мощность на ТЭЦ – 12%. После завершения строительства на Кольском полуострове ветропарка мощностью 200,97 МВт установленная мощность на возобновляемых источниках энергии, включая ГЭС, работающих в составе энергосистемы, увеличится до 47% (рис. 2). Расчеты режимов работы Кольской ВЭС в составе энергосистемы Мурманской области показали, что уровни напряжений в узлах энергосистемы и перемотки мощностей в эксплуатационных режимах находятся в рамках допустимых нормативными документами значений [17].

Энергетика регионов Арктической зоны Российской Федерации приобретет более распределенный характер, будет основана на экологически чистых источниках энергии: атомной [18], солнечной, ветровой и приливов [19]. Формирование *распределенной энергетики* в Мурманской области начинается с *распределенной генерации*. В 1968 г. впервые в мировой гидроэнергетической практике наплавным способом (без перемычек) сооружена Кислогубская ПЭС (200 кВт), что позволяет экономить при строительстве ПЭС и ГЭС до 43% капитальных затрат. Эксплуатация станции на Арктическом побережье показала, что она является экологически чистым источником энергии, обеспечивает устойчивую работу в пиковой и базовой части графика нагрузки энергосистемы. Наплавной способ на треть сократил сметную стоимость строительства и применяется при строительстве ГЭС, ЛЭП, подводных тоннелей и защитных гидротехнических комплексов. В 2006 г. в рамках проекта создания Мезенской ПЭС установлена ортогональная турбина мощностью 1,5 МВт. Отечественный генератор с переменной скоростью вращения позволяет увеличить КПД на 5%.

Локальные энергосистемы с распределенной генерацией, работающие в островном режиме, внедрены на побережье Терского района. Модернизация систем электроснабжения удаленных поселений Пялица, Чаваньга, Тетрино, Чапома в 2014–2016 г. после установки ветро-солнечно-дизельных электрических станций позволила обеспечить потребителей круглосуточным электроснабжением, сократив региональное бюджетное финансирование на 50% (снижение объемов завозимого топлива и дизельных масел). Себестоимость электроэнергии, вырабатываемой на гибридных электростанциях, уменьшилась на 50%, при этом на 25% увеличился срок эксплуатации дизельных генераторов.

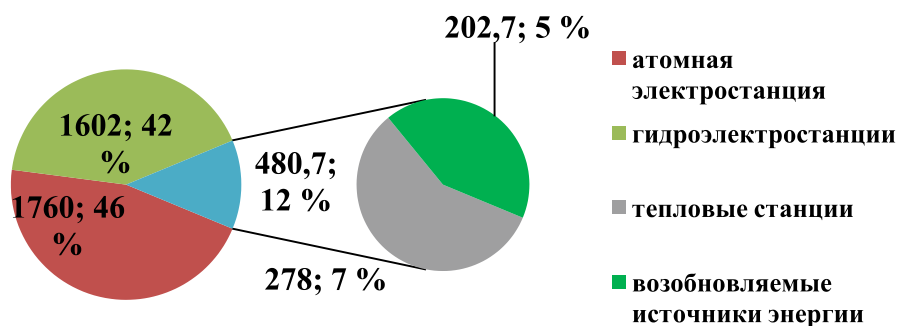


Рис. 2. Установленная мощность по типам энергоносителей, МВт

Затраты на модернизацию системы энергообеспечения составили из федерального бюджета – 22%; областного бюджета – 38%; местного бюджета – 3%; внебюджетные средства – 37%. Создана практическая площадка для тиражирования проектов в удаленных поселениях Мурманской области и благоприятный инвестиционный климат для развития туризма в Терском районе.

В 2020 г. проведены испытания системы автоматического регулирования (САР) гидроагрегатов Серебрянской ГЭС-15 и Серебрянской ГЭС-16 по корректировке параметров их настройки. В состав локальной энергосистемы были включены часть города Мурманска, Североморск, Сафоново, Териберка, Туманный, Дальние Зеленцы, Гремиха и Североморск-3. Работа локальной энергосистемы с нулевым небалансом генерации и потребления, с избытком генерации и с ее дефицитом, проверка устойчивой работы оборудования при различном сочетании состава генераторов каскада Серебрянских ГЭС показала высокую надежность системы автоматического регулирования при выделении гидроэлектростанций на изолированный энергорайон.

В г. Кола на предприятии «Green House» сушка древесины обеспечивается котлами, работающими на отходах собственного производства (щепы, опилки) и мазуте. В целях экономии электроэнергии компания в 2013 г. в Германии закупила ветроустановку мощностью 500 кВт, трансформатор и электрические котлы мощностью 400 кВт. С августа 2015 г. ветроустановка работает на полную мощность при скорости ветра от 15 м/с. В районе расположения предприятия среднегодовая ветровая нагрузка составляет 6,5 м/с (оценочно при скорости ветра 10 м/с ветрогенератор вырабатывает до 50% мощности). Ветроустановка вырабатывает 20% электроэнергии, требуемой предприятию.

Муниципальное унитарное предприятие «Оленегорские тепловые сети» при модернизации котельной с 2016 по 2018 г. установило паровинтовую турбину мощностью 2 МВт, для использования энергии пара. Работа паровинтовой машины покрывает часть собственных нужд в электроэнергии и уменьшает ее потребление из сети на 73%.

Для снижения энергоемкости валового регионального продукта и повышения энергетической эффективности предусматривается модернизация энергетических установок, внедрение энергосберегающих материалов и технологий, увеличение доли распределенной генерации в энергетическом балансе с активным вовлечением потребителей в управление спросом на элек-

троэнергию. Рассматриваются варианты расширения использования угля для выработки теплоэнергии и увеличения в два раза доли электроэнергии в структуре установленной тепловой мощности. Реализация мероприятий по комплексной модернизации схемы теплоснабжения позволит увеличить коэффициент использования установленной мощности с 19 до 26% [20].

Использование возобновляемых речных ресурсов в качестве источника распределенной генерации в Мурманской области возможно для электроснабжения удаленного населенного пункта Краснощелье, электроснабжение которого осуществляется тремя дизельными станциями мощностью 1500 кВт. Расход топлива составляет около 340 т в год. Малая ГЭС мощностью 500 кВт на Ельреке (притоке Поноя) в 11 км от поселка при совместной работе с ДЭС мощностью 300 кВт в качестве аварийного резерва и для покрытия части нагрузки в маловодные годы полностью обеспечит потребности села в электроэнергии. Снижение выбросов в атмосферу парниковых газов, пересчитанных в эквивалент диоксида углерода (CO_2 -эквивалент), составит 73 тыс. т, а чистая прибыль достигнет 434,5 млн руб. (в ценах 2018 г.) за время эксплуатации ГЭС.

Большинство рек Кольского полуострова относятся к разряду малых рек (95,1%) и по своим гидрологическим характеристикам пригодны для эксплуатации на них микроГЭС. Рыболовно-охотничьи базы, расположенные на реках бассейна Баренцева моря (р. Рында, Харловка, Восточная Лица), Терском берегу (р. Кица, Хлебная, Индель, Умба) и бассейне реки Поной (р. Ача, Пача), используют дизель-генераторные станции. Поэтому строительство микроГЭС [21] в этих регионах является перспективным направлением развития источников распределенной генерации.

Погружные микроГЭС, работающие на напорах менее 2 м, разработаны в Красноярском государственном техническом университете. Стоимость электроэнергии, выработанной такой станцией, в 5–8 раз ниже стоимости электроэнергии дизельных электростанций, окупаемость составляет 1,5 года. При серийном производстве и минимизации всех издержек рыночная стоимость микроГЭС мощностью 5 кВт может составить 650–700 тыс. руб. [22]. Сводно-поточная микроГЭС «Акула» мощностью 3 кВт фирмы ООО «Деалан Энерго» (г. Ижевск) предназначена для работы в автоматическом режиме на реках и каналах со скоростью потока 0,8–3,0 м/с при глубине водоема не менее 1,0 м. Фирма также разрабатывает и бесплотинные миниГЭС с без-

редукторным водопогружным генератором мощностью гидроагрегата от 0,3 до 100 кВт при скорости течения реки от 0,7 до 6 м/с.

Из зарубежных разработок интересным представляется модель портативной микроГЭС под названием Back Power Plant (BPP-1 и BPP-2) мощностью 500 и 600 Вт [23] американской компании Bourne Energy. В ее корпусе размещается генератор, управляющая электроника с датчиками и система охлаждения.

Автономные микроГЭС в сравнении с ВЭУ и дизель-генераторами работают непрерывно в течение суток, причем до 20 ч на балластную нагрузку [24].

Управление спросом розничных потребителей электроэнергии является инструментом поддержания и регулирования баланса спроса и предложения на электроэнергетическом рынке и позволяет оперативно регулировать баланс мощности в энергосистеме, повышая системную надёжность. Для реализации внедрения технологий распределенной энергетики постановлением Правительства РФ № 287 от 20 марта 2019 г. внесены изменения в нормативно-правовые акты по вопросам функционирования агрегаторов управления спросом на электрическую энергию в единой энергетической системе России, а также совершенствования механизма ценозависимого снижения потребления электрической энергии и оказания услуг по обеспечению системной надёжности. Одним из компонентов технологии управления спросом является механизм ценозависимого потребления электроэнергии [25], который представляет собой управление потребителями собственным спросом на электроэнергию на основе реакции на ценовые сигналы поставщиков электроэнергии с целью минимизации затрат на потребляемую электроэнергию. Механизм ценозависимого потребления электроэнергии в регионах Российской Федерации внедряется с 2017 г., но недостаточно эффективно из-за малого количества потребителей.

Для развития механизма ценозависимого потребления электроэнергии в Мурманской области с 2019 г. реализуется пилотный проект по управлению спросом потребителей электроэнергии. Для участия в проекте необходимо обеспечить: наличие интервальных приборов учета электроэнергии, возможность дистанционного снятия и передачи показаний, отсутствие опосредованно присоединенных потребителей без интервального учета потребления электроэнергии. Кроме того необходимо учитывать, что механизм ценозависимого управления электропотреблением можно

применять только тем потребителям, технологические процессы которых позволяют управлять волатильностью собственного графика электропотребления [26] и, следовательно, величиной затрат на оплату услуг по содержанию электрических сетей.

Энергоэффективность в Мурманской области остается значимым ресурсом сокращения потребности в генерирующих мощностях [20, 27], однако реализации потенциала энергосбережения препятствуют следующие основные барьеры: недостаточное стимулирование программ и мероприятий по энергосбережению со стороны муниципальных органов власти, инвестиционные риски.

Заключение

С увеличением объемов добычи полезных ископаемых в северных регионах усиливается роль энергетики для обеспечения надежности и экологической безопасности в арктических условиях. Ключевым направлением оптимизации экономических механизмов северного завоза энергоресурсов и снижения энергоёмкости валового регионального продукта при комплексном социально-экономическом развитии арктических регионов является распределенная энергетика, позволяющая осуществить адаптацию энергетики к новым технологиям гибкого построения и интеллектуального управления энергетическими сетями локального энергоснабжения. Управление спросом, энергетическая эффективность и распределенная генерация являются основными технологиями развития распределенной энергетики. Внедрение энергосберегающих технологий [28] приводит к снижению затрат на введение дополнительных мощностей, улучшению экологической ситуации в регионе.

Список литературы

1. Хохлов А., Мельников Ю., Веселов Ф., Холкин Д., Дацко К. Распределенная энергетика России: потенциал развития // Энергетический центр Московской школы управления СКОЛКОВО. 2018. 87 с. [Электронный ресурс]. URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEnec/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf (дата обращения: 28.04.2021).
2. Пакина А.А., Горбанёв В.А. Перспективы зелёной экономики как новой парадигмы развития // Вестник МГИМО-Университета. 2019. № 12 (5). С. 134–155. DOI: 10.24833/2071-8160-2019-5-68-134-155.
3. Наливайченко Е.В., Волков А.Д., Тишков С.В. Программные инструменты управления топливно-энергетического комплекса Арктической зоны России // Экономика строительства и природопользования. 2020. № 3 (76). С. 55–66. DOI: 10.37279/2519-4453-2020-3-55-66.
4. Nalivaychenko E., Volkov A., Tishkov S. Fuel and energy complex of the Arctic zone of Russia and its transport infrastructure. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 918 (2020) 012238. DOI: 10.1088/1757-899X/918/1/012238.

5. Зимаков А.В. Энергетика Франции в поиске оптимальной модели // Вестник МГИМО-Университета. 2019. № 12 (5). С. 156–171. DOI: 10.24833/2071-8160-2019-5-68-156-171.
6. Тишков С.В., Наливайченко Е.В., Волков А.Д., Щербак А.П., Каргинова-Губинова В.В., Пахомова А.А. Повышение энергоэффективности экономики Арктической зоны Российской Федерации: проблемы, перспективы, методы оценки. М.: Первое экономическое издательство, 2021. 130 с. DOI: 10.18334/9785912923586.
7. Nazarova Y.A., Sopilko N.Y., Kulakov A.V., Shatalova I.I., Myasnikova O.Y., Bondarchuk N.V. Feasibility Study of Renewable Energy Deployment Scenarios in Remote Arctic Communities. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2019. Vol. 9. Iss. 1. P. 330–335. DOI: 10.32479/ijep.7343.
8. Варганова А.В., Байрамгулова Ю.М., Гончарова И.Н., Кроткова О.А. Техничко-экономическое обоснование места установки распределенной генерации // Электротехнические комплексы и системы. 2019. № 3 (44). С. 68–72. DOI: 10.18503/2311-8318-2019-3(44)-68-72.
9. Said S.M., Salama H.S., Hartmann B., Vokony I. A robust SMES controller strategy for mitigating power and voltage fluctuations of grid-connected hybrid PV–wind generation systems. *Electrical Engineering*. 2019. Vol. 101. Iss. 3. P. 1019–1032. DOI: 10.1007/s00202-019-00848-z.
10. Essallah S., Khedher A., Bouallegue A. Integration of distributed generation in electrical grid: Optimal placement and sizing under different load conditions. *Computers & Electrical Engineering*. 2019. Vol. 79. DOI: 10.1016/j.compeleceng.2019.106461.
11. Erlinghagen P., Erkens S. & Schnettler A. Backup power supply concepts for low-voltage microgrids with directly coupled or inverter-interfaced grid-forming generators. *Electrical Engineering*. 2019. Vol. 101. No. 2. P. 291–302. DOI: 10.1007/s00202-018-0694-8.
12. Tilli A., Conficoni C., Hashemi A. An effective control solution for doubly-fed induction generator under harsh balanced and unbalanced voltage sags. *Control Engineering Practice*. 2019. Vol. 84. P. 172–182. DOI: 10.1016/j.conengprac.2018.11.014.
13. Все начиналось с Нивы. [Электронный ресурс]. URL: <https://kolenergo.mrsksevzap.ru/history/> (дата обращения: 26.04.2021).
14. Зархи И.М. Опыт первого этапа развития и работы Кольской энергетической системы // Вопросы энергетики Кольского полуострова. 1975. С. 15–27.
15. Кузнецов Н.М., Минин В.А., Селиванов В.Н. Развитие Кольской энергосистемы в интересах горнопромышленного комплекса Мурманской области // Горный журнал. 2020. № 9. С. 96–100. DOI: 10.17580/gzh.2020.09.14.
16. Коновалова О.Е., Кузнецов Н.М. Возобновляемые источники энергии в Мурманской области // Промышленная энергетика. 2018. № 9. С. 51–56.
17. Белей В.Ф., Коцарь Г.В. Оценка ветропотенциала Мурманской области и эффективности Кольской ветроэлектростанции // Вестник МГТУ. 2020. Т. 23. № 4. С. 376–386. DOI: 10.21443/1560-9278-2020-23-4-376-386.
18. Мельников Н.Н., Конухин В.П., Гусак С.А., Амосов П.В., Наумов В.А., Наумов А.В., Орлов А.Ю., Смирнов Ю.Г., Климин С.Г. Научные основы создания подземных комплексов для размещения атомных станций малой мощности в условиях Арктики. Апатиты: ФИЦ КНЦ РАН, 2020. 304 с. DOI: 10.37614/978.5.91137.405.1.
19. Кузнецов Н.М., Коновалова О.Е. Альтернативная энергетика в районах арктической зоны Российской Федерации // Промышленная энергетика. 2019. № 10. С. 40–46.
20. Кузнецов Н.М. Управление энергоэффективностью в регионах арктической зоны Российской Федерации. Апатиты: ФИЦ КНЦ РАН, 2020. 92 с. DOI: 10.37614/978.5.91137.434.1.
21. Коновалова О.Е. Возобновляемые речные ресурсы Мурманской области и их использование в энергетике: вчера, сегодня, завтра // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2020. № 3 (69). С. 144–156. DOI: 10.37614/2220-802X.2.2020.69.010.
22. Коновалова О.Е., Иванова Е.И. Возможности использования микроГЭС на Кольском полуострове // Труды КНЦ РАН. Энергетика. 2013. № 4 (17). С. 132–138.
23. Речные ГЭС. [Электронный ресурс]. URL: <https://dealanenergo.ru/> (дата обращения: 22.04.2021).
24. Кусков А. Микрогидроаккумулирующая электростанция // Энергетика и промышленность России. 2008. № 14 (106). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eprussia.ru/epr/106/8201.htm> (дата обращения: 29.04.2021).
25. Победоносцева В.В., Победоносцева Г.М. Механизмы инвестирования в энергетическом комплексе региона Крайнего Севера. Апатиты: КНЦ РАН, 2014. 118 с.
26. Баев И.А., Соловьева И.А., Дзюба А.П. Управление затратами на услуги по передаче электроэнергии в промышленном регионе // Экономика региона. 2018. Т. 14. Вып. 3. С. 955–969. DOI: 10.17059/2018-3-19.
27. Кузнецов Н.М., Клюкин А.М., Трибуналов С.Н. Управление энергоэффективностью и энергосбережением // Вестник Кольского научного центра РАН. 2016. № 2 (25). С. 97–102.
28. Кузнецов Н.М., Победоносцева В.В. Эффективность внедрения наилучших доступных энергосберегающих технологий в Мурманской области // Фундаментальные исследования. 2017. № 6. С. 143–148. DOI: 10.17513/fr.41564.