

Научная статья
УДК 620.9
doi:10.37614/2949-1215.2024.15.2.002

ЭНЕРГЕТИКА РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

**Николай Матвеевич Кузнецов¹, Ольга Евгеньевна Коновалова²,
Олег Васильевич Фёдоров³, Марина Вячеславовна Прохорова⁴**

^{1, 2}Центр физико-технических проблем энергетики Севера Кольского научного центра
Российской академии наук, Апатиты, Россия

^{3, 4}Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева,
Нижний Новгород, Россия

¹n.kuznetsov@ksc.ru

Аннотация

В статье рассматривается состояние топливно-энергетического комплекса Республики Карелия на современном этапе развития. Определена структура потребления электростанциями и котельными по видам топлива. Энергетический комплекс республики энергодефицитен и зависит от привозного топлива. Энергетическая система региона работает в составе энергосистемы Северо-Запада. Приведена структура установленной мощности по типам электростанций с группировкой по принадлежности энергокомпаниям. Основными производителями электрической энергии являются гидроэлектростанции. Показана динамика потребления электрической энергии и структура потребления электроэнергии по видам экономической деятельности. Основную долю в структуре потребления электроэнергии и тепловой энергии составляет промышленное производство. Для зоны децентрализованного энергоснабжения предусматривается создание каскадов малых гидроэлектростанций, замещение неэффективной дизельной генерации электроэнергии генерацией на базе сжиженного природного газа, возобновляемых источников энергии и местного топлива, что позволит повысить энергетическую эффективность производства и потребления энергоресурсов, снизить энергоёмкость производимой продукции, уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова:

Карелия, топливо, газоснабжение, электроэнергетика, электростанции, теплоснабжение, децентрализованное энергоснабжение

Благодарности:

работа выполнена в рамках государственного задания Центра физико-технических проблем энергетики Севера Кольского научного центра Российской академии наук (FMEZ-2022-0014).

Original article

THE ENERGY SECTOR OF THE REPUBLIC OF KARELIA

Nikolai M. Kuznetsov¹, Olga E. Konovalova², Oleg V. Fedorov³, Marina V. Prokhorova⁴

^{1, 2}Northern Energetics Research Centre of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences,
Apatity, Russia

^{3, 4}Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia

¹n.kuznetsov@ksc.ru

Abstract

The state of the fuel and energy complex of the Republic of Karelia at the present stage of development is considered. The structure of consumption by power plants and boiler houses by fuel types is determined. The energy complex of the republic is energy deficient and depends on imported fuel. The energy system of the region operates as part of the energy system of the Northwest. The structure of installed capacity by types of power plants with grouping by ownership of power companies is given. The main producers of electric energy are hydroelectric power plants. The dynamics of electricity consumption and the structure of electricity consumption by types of economic activity are shown. The main share in the structure of electricity and heat consumption is industrial production. It is planned to create cascades of small hydroelectric power plants for the decentralized energy supply zone. Replacing inefficient diesel power generation with generation based on liquefied natural gas, renewable energy sources and local fuel, which will increase the energy efficiency of production and consumption of energy resources, reduce the energy intensity of manufactured products, and reduce the negative impact on the environment.

Keywords:

Karelia, fuel, gas supply, power industry, power plants, heat supply, decentralized energy supply

Acknowledgments:

The work was carried out within the framework of the State Research Program of the Northern Energetics Research Centre of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences (FMEZ-2022-0014).

Введение

Особенностями территорий Арктической зоны Российской Федерации в социально-экономическом развитии являются: экстремальные природно-климатические условия, низкая плотность населения, слабый уровень развития транспортной и социальной инфраструктуры, высокая чувствительность экологических систем к внешним воздействиям, ориентированность экономики регионов на добычу природных ресурсов. Республика Карелия входит в состав Северного экономического региона Северо-Западного федерального округа (СЗФО) Российской Федерации. *Арктические территории:* районы Кемский, Лоухский, Беломорский, Сегежский, Калевальский, Костомукшский городской округ. Население арктических территорий составляет 18,3 % [1].

Полезные ископаемые представлены запасами железных руд [2], титана, ванадия, молибдена, благородных металлов, алмазов, слюды, строительных материалов, керамического сырья. Более половины территории республики занято лесом. Основными отраслями являются добыча полезных ископаемых, металлургия, камнеобработка, машиностроение, лесная, деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная и рыбная промышленность. Сельское хозяйство представлено такими отраслями, как животноводство (преимущественно молочное, а также мясное скотоводство), свиноводство, форелеводство, птицеводство, звероводство, растениеводство. Выращиваются кормовые культуры. Развито пушное звероводство, рыболовство. Водные ресурсы карельской части Арктической зоны Российской Федерации активно используются для нужд гидроэнергетики [3]. Экономика региона потенциально обеспечена энергоресурсами, но их добыча и производство затруднены ограниченностью финансовых средств [4].

Потребление топливно-энергетических ресурсов

Топливный баланс Республики Карелия включает следующие виды энергоресурсов:

- уголь и продукты его переработки (кокс металлургический, коксовый газ и отходящие газы металлургических процессов);
- нефть сырая и газовый конденсат;
- продукты переработки нефти (бензин, керосин, дизельное топливо, мазут, углеводородные газы);
- природный газ;
- прочее топливо (торф и торфобрикеты, древесина топливная, древесные топливные гранулы (пеллеты), отходы деревообрабатывающего производства, твердые бытовые отходы и т. п.).

Структура потребления по видам топлива электростанциями и котельными приведена на рис. 1.

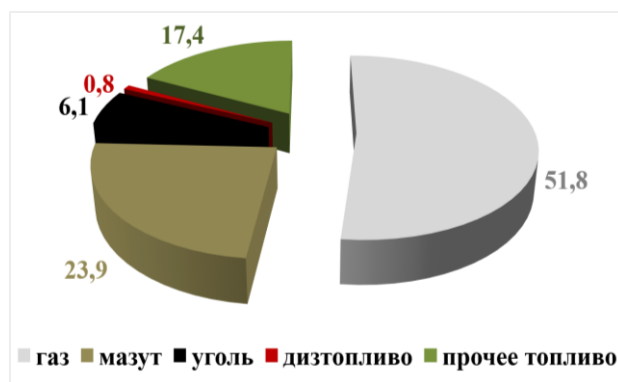


Рис. 1. Структура потребления по видам топлива, %

Fig. 1. Structure of consumption by fuel types, %

Газоснабжение потребителей Республики Карелия природным газом осуществляется ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург» через систему газопроводов-отводов и межпоселковых газораспределительных сетей АО «Газпром газораспределение Петрозаводск». В соответствии с Генеральной схемой газоснабжения и газификации Республики Карелия [5] удаленные от сетей газоснабжения районы (Беломорский, Кемский, Калевальский, Лоухский) планируется газифицировать сжиженным природным газом (СПГ) путем формирования комплекса по производству и доставке СПГ до предполагаемых потребителей автомобильным транспортом и создания системы хранения и регазификации СПГ.

Для снижения энергоемкости валового регионального продукта в регионе большое значение уделяется энергосбережению [6], которое должно быть взаимосвязано с методами управления конкурентоспособностью региона и проработкой мотивирующих факторов ключевых экономических агентов [7].

Электросетевой комплекс

Электроэнергетика является базовой отраслью. Динамичное развитие промышленности, (металлургии, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей промышленности, горного комплекса и т. д.), социально-культурных объектов, естественный рост потребления электрической энергии в бытовом секторе, а также реализация национальных проектов требуют ввода дополнительных электрических мощностей, развития электросетевого хозяйства, ориентированного на строительство цифровых высоковольтных подстанций, создание цифрового района электрических сетей [8], что является необходимым условием для социально-экономического развития Республики Карелия. Энергетический комплекс характеризуется как энергодефицитный и зависит от привозных видов топлива. Собственное производство электроэнергии покрывает порядка 60 % от его общего потребления [9].

Энергетическая система региона работает в составе объединенной энергосистемы Северо-Запада, имеет межсистемные связи линий электропередачи (ЛЭП) напряжением 35–330 кВ с энергосистемами Мурманской, Ленинградской, Вологодской, Архангельской областей (рис. 2).

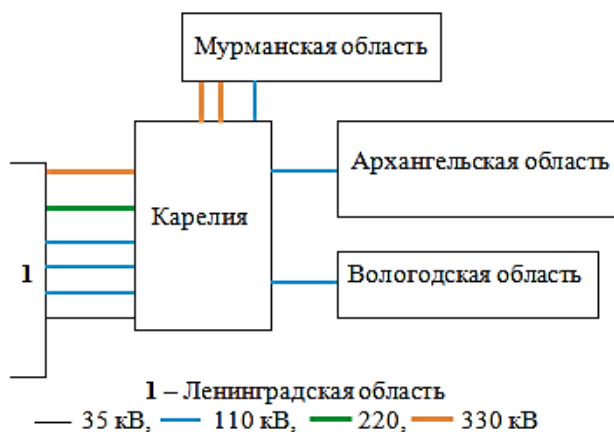


Рис. 2. Схема линий электропередачи напряжением 35–330 кВ в Карелии
Fig. 2. Scheme of 35–330 kV power transmission lines in Karelia

Общая протяженность линий электропередачи напряжением 35–330 кВ составляет 7488,5 км, в том числе линий электропередачи напряжением 330 кВ — 903,3 км; 220 кВ — 1137,2 км; 110 кВ — 2904 км; 35 кВ — 2544 км. Магистральные линии электропередачи напряжением 220–330 кВ эксплуатируются филиалом ПАО «ФСК ЕЭС» — карельским предприятием магистральных электрических

сетей, распределительные сети воздушных линий (ВЛ) и кабельных линий (КЛ) напряжением 110 кВ и менее — Карельским филиалом ПАО «МРСК Северо-Запада» и территориальными сетевыми организациями.

На рынке электрической энергии Республики Карелия осуществляют деятельность следующие субъекты электроэнергетики (табл. 1).

Таблица 1

Направления деятельности субъектов электроэнергетики
Areas of activity of electric power industry entities

Субъекты электроэнергетики	Генерация энергии	Сетевая компания	Сбытовая компания
Филиал «Карельский» ПАО «ТГК-1»	ТЭЦ, ГЭС, МГЭС		
Филиал ПАО «ФСК ЕЭС»		220–330 кВ: 9 ПС 1931,5 МВА; 2015,935 км ЛЭП 110–330 кВ	
Карельский филиал ПАО «МРСК Северо-Запада»		35–110 кВ: 152 ПС 1831,7 МВА; 4678,2 км ВЛ и КЛ	
АО «Прионежская сетевая компания»	ДЭС, СЭС	0,4–110 кВ: 1583 ТП и РП; 4737,76 км ЛЭП	
АО «Объединённые региональные электрические сети Петрозаводска»		Г. Петрозаводск, пос. Кварцитный	
Филиал ОАО «РЖД»		ВЛ и ПС 6(10)–220 кВ	
АО «Карельский окатыш»		Костомукшский городской округ	
АО «ТНС Энерго Карелия»			Все районы Республики Карелия
Октябрьский филиал ООО «Русэнергосбыт»			Потребители от электросетей ОАО «РЖД»
ООО «Энергокомфорт Карелия»			Петрозаводский городской округ, пос. Кварцитный

На территории Республики Карелия осуществляют деятельность территориальные электросетевые компании, которые владеют электросетевым хозяйством менее 35 кВ: АО «Объединённые региональные электрические сети Карелии», филиал «Северо-Западный» АО «Оборонэнерго», Петрозаводский филиал ООО «Энергозащита», Филиал ООО «ЭнергоХолдинг» по Республике Карелия. Направлениями деятельности компаний являются техническое и оперативное обслуживание сетей электроснабжения; проведение плановых текущих и капитальных ремонтов; текущая эксплуатация электросетевого хозяйства; модернизация и реконструкция сетей; технологическое присоединение вводимых объектов; обслуживание, проверка, установка и опломбирование приборов учета электроэнергии и др.

Централизованное оперативно-диспетчерское управление в пределах энергосистемы Республики Карелия для субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии, влияющих на электроэнергетический режим работы, осуществляет филиал АО «СО ЕЭС» «Региональное диспетчерское управление энергосистемы Республики Карелия».

Производство электрической энергии. На начало 2021 г. 25 электростанций общей мощностью 1178,1 МВт работают в составе ОЭС Северо-Запада (21 гидроэлектростанция — ГЭС, 4 тепловые электростанции — ТЭС). Объем произведенной электроэнергии в 2020 г. составил 5468 млн кВт·ч (без учета выработки Кумской гидроэлектростанции, расположенной на территории Карелии, но организационно входящей в энергосистему Мурманской области).

В таблице 2 приведены перечень электростанций Республики Карелия и их установленная мощность с группировкой по принадлежности энергокомпаниям.

Структура установленной мощности по типам электростанций представлена на рис. 3.

Таблица 2

Электростанции Республики Карелия
Power plants of the Republic of Karelia

Собственник	Тип	Наименование	Установленная мощность, МВт
Филиал «Карельский ПАО ТГК-1»	ТЭЦ	Петрозаводская ТЭЦ	280
	ГЭС	Каскад Кемских ГЭС	330
		Путкинская ГЭС (ГЭС-9)	84
		Подужемская ГЭС (ГЭС-10)	48
		Кривопорожская ГЭС (ГЭС-14)	180
		Юшкозерская ГЭС (ГЭС-16)	18
		Каскад Выгских ГЭС	160
		Маткожненская ГЭС (ГЭС-3)	63
		Выгостровская ГЭС (ГЭС-5)	40
		Беломорская ГЭС (ГЭС-6)	27
		Палакоргская ГЭС (ГЭС-7)	30
		Каскад Сунских ГЭС:	50,6
		Кондопожская ГЭС (ГЭС-1)	25,6
		Пальеозерская ГЭС (ГЭС-2)	25
		Малые ГЭС АО «Норд Гидро»	13,1
		Питкякоски (ГЭС-19)	1,28
		Хямекоски (ГЭС-21)	3,54
		Харлу (ГЭС-22)	3
		Пиени-Йоки (ГЭС-24)	1,28
		Суури-Йоки (ГЭС-25)	1,28
		Игнойла (ГЭС-26)	2,7
Всего по филиалу «Карельский ПАО ТГК-1»			833,7
ООО «ЕвроСибЭнерго — тепловая энергия»	ГЭС	Ондская ГЭС (ГЭС-4)	80
АО «Кондопожский ЦБК»	ТЭС	ТЭС АО «Кондопожский ЦБК»	108
		ТЭС-1	48
		ТЭС-2	60
АО «Сегежский ЦБК»	ТЭЦ, ТЭС	ТЭС АО «Сегежский ЦБК»	48
		ТЭЦ-1	24
		ТЭС-2	24
ООО «РК-Гранд»	ТЭЦ	ТЭЦ ООО «РК-Гранд»	22
АО «Норд Гидро»	ГЭС	Малые ГЭС АО «Норд Гидро»	6,405
		Малая ГЭС Ляскеля ГЭС	4,8
		Малая ГЭС Рюмякоски ГЭС	0,63
		Малая ГЭС Каллиокоски ГЭС	0,975
Всего по территории Карелии			1098,105

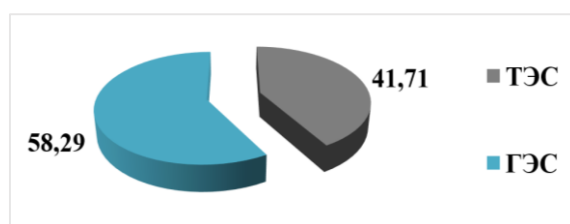


Рис. 3. Структура установленной мощности по типам электростанций, %
Fig. 3. Structure of installed capacity by type of power plants, %

Основным производителем электрической и тепловой энергии на территории Республики Карелия является *Филиал «Карельский» ПАО «ТГК-1»*, в собственности которого находится десять крупных гидроэлектростанций, шесть малых гидроэлектростанций в составе *каскада Сунских ГЭС* и одна теплоэлектроцентраль (установленная электрическая мощность — 280 МВт; установленная тепловая мощность — 689,0 Гкал/ч) суммарной установленной электрической мощностью 833,7 МВт.

Потребление электроэнергии

Карелия является энергодефицитным регионом по потреблению электроэнергии и сбалансированным по установленной мощности. В 2022 г. общее потребление по территории республики составило 8354 млн кВт·ч (рис. 4).

Основную долю в структуре потребления электрической энергии (рис. 5) составляет промышленное производство (60 %), доля населения в энергопотреблении составляет 9 %.

Основными промышленными потребителями электроэнергии являются АО «Карельский окатыш» (20 %), Кондопожский ЦБК (20 %), Сегежский ЦБК (5 %).

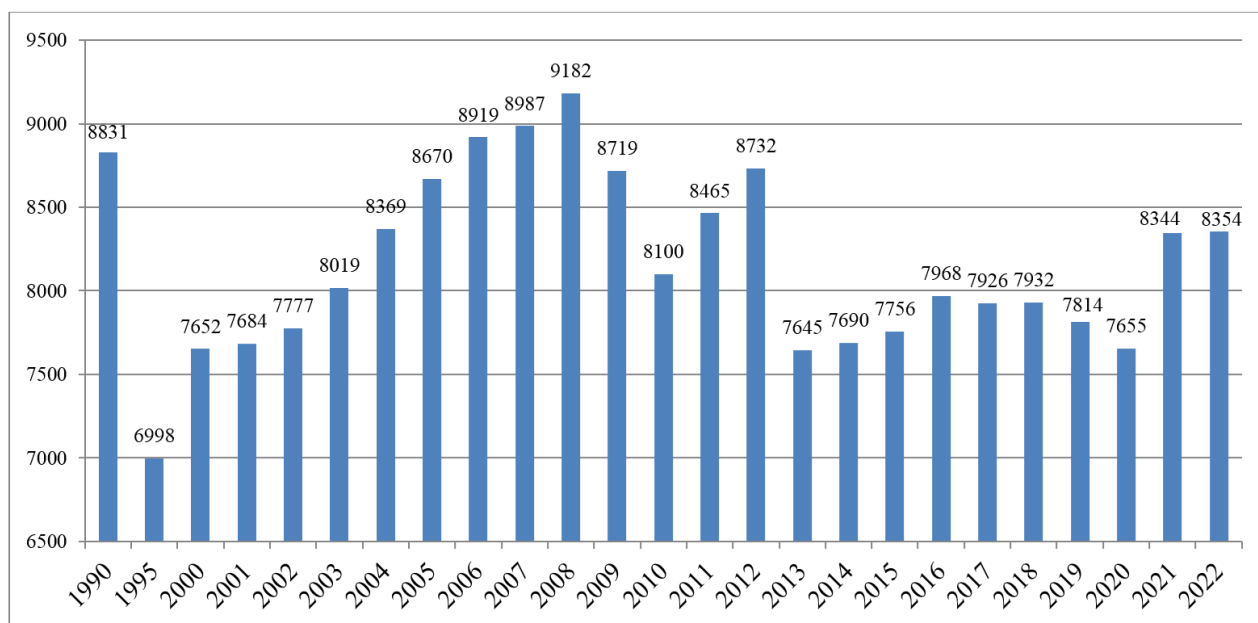


Рис. 4. Потребление электроэнергии за 1990–2022 гг., млн кВт·ч [10]
Fig. 4. Electricity consumption for 1990–2022, million kWh [10]

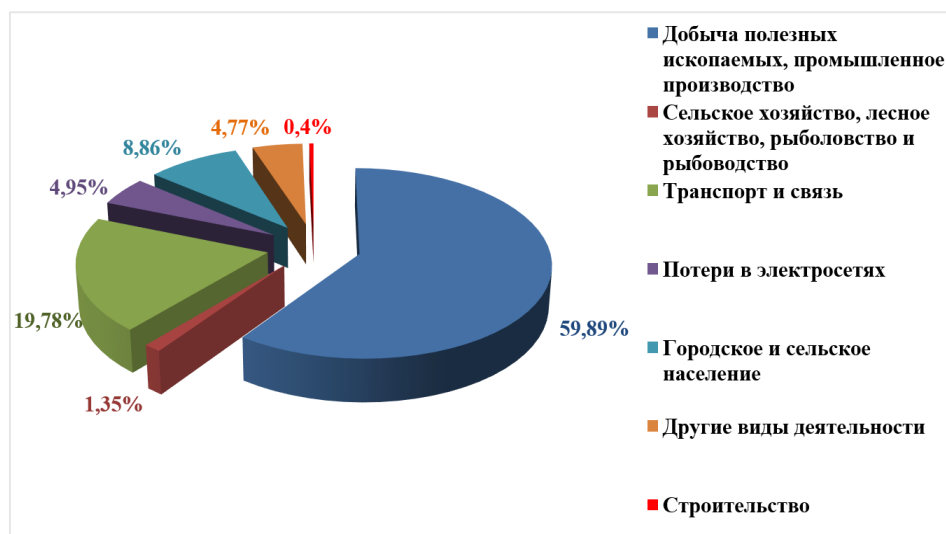


Рис. 5. Структура потребления электроэнергии по видам деятельности [1]
Fig. 5. Structure of electricity consumption by type of activity [1]

Теплоснабжение

Выработка тепловой энергии в основном осуществляется на тепловых электростанциях промышленных предприятий (88,5 %), котельные вырабатывают 11,5 % теплоэнергии. Общая тепловая мощность источников теплоснабжения составляет 3313 Гкал/ч, в том числе тепловые электростанции — 1603 Гкал/ч. Производство тепловой энергии — 6124 тыс. Гкал. Структура отпуска тепловой энергии источниками теплоснабжения за 2020 г. представлена на рис. 6.

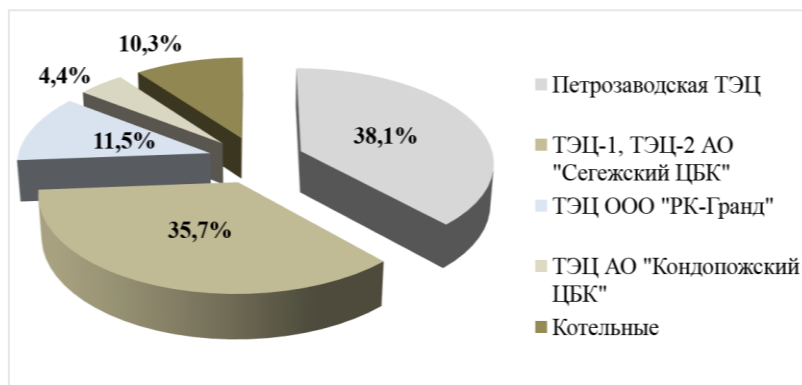


Рис. 6. Структура отпуска тепловой энергии
Fig. 6. Structure of heat energy release

Крупнейшей электростанцией региона и основным источником теплоснабжения города Петрозаводска является *Петрозаводская ТЭЦ*. Паротурбинная теплоэлектроцентраль в качестве топлива с 1996 г. использует природный газ. Это позволило значительно уменьшить выброс вредных веществ в окружающую среду и обеспечить более надежное энергоснабжение потребителей. Турбоагрегаты станции введены в эксплуатацию в 1979–1982 гг. Оборудование станции включает три турбоагрегата (один мощностью 60 МВт и два по 110 МВт), три котлоагрегата производительностью по 420 т/час. Установленная электрическая мощность станции — 280 МВт, тепловая мощность — 689 Гкал/час, выработка электроэнергии — 1281,7 млн кВт·ч, выработка тепловой энергии — 1811,17 тыс. Гкал [11].

Потребление тепловой энергии промышленностью составляет 3800 тыс. Гкал. Структура потребления тепловой энергии промышленным производством с разделением по видам представлена на рис. 7.



Рис. 7. Потребление тепловой энергии промышленным производством, %
Fig. 7. Consumption of thermal energy by industrial production, %

Основное потребление тепловой энергии приходится на обрабатывающее производство (производство бумаги и бумажных изделий — 80 %, обработка древесины — 11,5 %). Наиболее крупными промышленными потребителями тепловой энергии являются АО «Сегежский ЦБК», АО «Кондопожский ЦБК», ООО «РК-Гранд» и АО «Карельский окатыш».

Энергетика зоны децентрализованного энергоснабжения

Энергоснабжение потребителей северных регионов [12–14] приобретает распределенный характер с использованием экологически чистых источников энергии: ветровой, солнечной, энергии малых рек. Комплексное использование возобновляемых источников энергии различного типа для автономного энергообеспечения отдаленных потребителей позволяет увеличить надежность энергоснабжения [15; 16] и повысить эффективность использования установленной мощности возобновляемых источников энергии.

В зоне децентрализованного энергоснабжения в Карелии потребители обеспечиваются энергией от 8 дизельных электростанций общей мощностью 3,4 МВт и от 5 солнечных электростанций общей мощностью 61 кВт. В изолированных от энергосистемы и труднодоступных населенных пунктах на территории Сегежского, Муезерского, Кондопожского и Калевальского муниципальных районов расположены восемь дизельных электростанций (ДЭС) и пять солнечных электростанций (СЭС): пос. Валдай — ДЭС 1640 кВт; дер. Полга — ДЭС 152 кВт; пос. Возмозеро — ДЭС 23 кВт, СЭС 8 кВт; с. Реболы — ДЭС 1280 кВт; пос. Кимоваара — ДЭС 112 кВт, СЭС 32 кВт; пос. Войница — ДЭС 80 кВт, СЭС 12 кВт; дер. Юстозеро — ДЭС 16 кВт, СЭС 3 кВт; дер. Линдозеро — ДЭС 22 кВт, СЭС 6 кВт. Для обеспечения электроэнергией туристического комплекса на реке Чирка-Кемь в Киви-Койву Муезерского района в 1995 г. введена в работу микроГЭС мощностью 60 кВт (3 гидроагрегата «МикроГЭС-20ПрД» по 20 кВт с диагональными турбинами производства фирмы «ИНСЭТ», работающими на напоре 14 м) [17].

Ветроэнергетика. В трех муниципальных районах республики (Кемский, Беломорский, Медвежьегорский) средняя скорость ветра превышает 3,5 м/с, что достаточно для работы мощных ветроэлектрических установок. В остальных районах целесообразно строительство малых ветроустановок для локального энергоснабжения удаленных потребителей.

Развитие малых ГЭС. В настоящее время ведется реконструкция и возведение малых гидроэлектростанций на территории Республики Карелия. В 2014 г. завершен комплекс инженерных изысканий под размещение объектов гидротехнических сооружений, выполнены проектно-

изыскательские работы по инвестиционным проектам строительства малой ГЭС в пос. Реболы, МГЭС «Белопорожская ГЭС-1» и МГЭС «Белопорожская ГЭС-2». Сдерживающим фактором на пути сооружения каскадов малых ГЭС [18] является рыбохозяйственное значение большинства рек, а также вопросы подключения к сетям малых ГЭС [19; 20].

Использование местного вида топлива. Согласно стратегии развития топливной отрасли республики на основе местных энергетических ресурсов большинство муниципальных образований обладают сырьевой базой для полного удовлетворения потребности коммунальной энергетики (дрова, топливная щепка, торф). Однако распределение древесных ресурсов по территории неравномерно, их доступные объемы не всегда могут обеспечить годовую потребность в биотопливе для источников теплоснабжения некоторых муниципальных образований, стоимость дров ежегодно увеличивается. Имеются запасы торфа во всех районах республики. В пос. Харлу введен в эксплуатацию источник комбинированной выработки тепловой и электрической энергии (3 МВт) из газифицированного торфа. Организована промышленная добыча торфа в Пряжинском национальном, Суоярвском, Пудожском муниципальных районах. В 2012 г. реализован инвестиционный проект модернизации схемы теплоснабжения пос. Эссола Пряжинского национального муниципального района с переводом котельной на сжигание местного топлива (торф, щепка). За счет собственных средств ООО «Питэр Пит» завершило реконструкцию котельной установленной мощностью 1,5 МВт в селе Вешкелица Суоярвского муниципального района. Рассматриваются два направления по увеличению доли использования местного топлива: полное замещение энергетическим торфом (щепой) искомого топлива (угля, мазута, дизельного топлива); комбинированное сжигание каменного угля и энергетического торфа (в пропорции 80/20 %) без дополнительного переоборудования котельных.

Заключение

Основными направлениями реализации государственной политики Российской Федерации по развитию топливно-энергетического комплекса и энергетической инфраструктуры в Республике Карелия являются: создание каскадов малых гидроэлектростанций при условии подтверждения перспективного спроса на электроэнергию и их экономической эффективности; проведение последовательной политики энергосбережения и повышения эффективности использования энергетических ресурсов, ориентированной на устойчивое сбалансированное инновационное развитие инфраструктуры топливно-энергетического комплекса и обеспечение экономики республики энергоресурсами.

Список источников

1. Схема и программа перспективного развития электроэнергетики Республики Карелия на 2021–2025 годы. URL: https://gov.karelia.ru/legal_acts/161619/ (дата обращения: 05.10.2022).
2. Совершенствование методов эколого-экономической оценки процессов добычи и переработки железной руды корпораций арктической зоны России на основе математического моделирования / С. В. Тишков [и др.] // Горная промышленность. 2022. № 2. С. 112–119. doi:10.30686/1609-9192-2022-2-112-119.
3. Водохозяйственный комплекс карельской части Арктической зоны Российской Федерации: современное состояние и динамика / А. В. Литвиненко [и др.] // Арктика: экология и экономика. 2023. Т. 13, № 2. С. 280–296. doi:10.25283/2223-4594-2023-2-280-296.
4. Повышение энергоэффективности экономики Арктической зоны Российской Федерации: проблемы, перспективы, методы оценки / С. В. Тишков [и др.]. М.: Первое экономическое издательство, 2021. 126 с.
5. Региональная программа «Газификация жилищно-коммунального хозяйства, промышленных и иных организаций на территории Республики Карелия на 2022–2030 годы». URL: https://gov.karelia.ru/upload/iblock/c56/120r_P.pdf (дата обращения: 21.11.2022).

6. Тишков С. В., Щербак А. П. Энергоэффективность и энергосбережение как факторы повышения конкурентоспособности экономики Северного приграничного региона (на примере Республики Карелия) // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2015. Т. 15, № 4. С. 40–45. doi:10.14529/power150406.
7. Бурый О. В. Оценка системы управления энергосбережением в экономике северных регионов // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2018. № 4 (36). С. 136–143. doi:10.19110/1994-5655-2018-4-136-143.
8. Интеллектуальные системы учета как инструмент снижения потерь электрической энергии / Т. А. Мусаев [и др.] // Строительство: новые технологии — новое оборудование. 2021. № 2. С. 52–55. EDN: GDPLEJ.
9. Иванов А. В., Складчиков А. А., Хренников А. Ю. Развитие электроэнергетики арктических регионов Российской Федерации с учетом использования возобновляемых источников энергии // Российская Арктика. 2021. № 2 (13). С. 62–80. doi:10.24412/2658-4255-20212-62-80.
10. Потребление энергии по субъектам Российской Федерации. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/el-potr.xls> (дата обращения: 02.12.2022).
11. Петрозаводская ТЭЦ. URL: <https://www.tgc1.ru/production/complex/karelia-branch/petrozavodskaya-chpp/> (дата обращения: 22.09.2023).
12. Лебедева М. А. Состояние и перспективы развития возобновляемой энергетики в регионах Крайнего Севера России // Проблемы развития территории. 2021. Т. 25, № 4. С. 139–155. doi:10.15838/ptd.2021.4.114.8.
13. Citizens' Behavior as a Driver of Energy Transition and Greening of the Economy in the Russian Arctic: Findings of a Sociological Survey in the Murmansk Region and Karelia / S. Tishkov [et al.] // Appl. Sci. 2022. Vol. 12, No 3. 1460. doi:10.3390/app12031460.
14. Volotkovskaya N. S., Semenov A. S., Fedorov O. V. Feasibility of Energy Sector Development and Optimization Program of the Republic of Sakha (Yakutia) // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 753. 082033. doi:10.1088/1757-899X/753/8/082033.
15. Кузнецов Н. М. Управление энергоэффективностью в регионах Арктической зоны Российской Федерации. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2020. 92 с.
16. 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.
17. Минигидроэлектростанция «Киви-Койву». URL: <https://inset.ru/realizovannye-proekty/kivi-kojvu/> (дата обращения: 22.09.2023).
18. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202010260033> (дата обращения: 28.09.2022).
19. Коновалова О. Е., Никифорова Г. В. Малая возобновляемая энергетика на северо-западе Арктики // Труды Кольского научного центра РАН. 2016. № 1 (35). С. 117–131. EDN: WMAKUP.
20. Коновалова О. Е. Энергетическое использование возобновляемых речных ресурсов Северного экономического района РФ // Труды Кольского научного центра РАН. 2019. Т. 10, № 5 (18). С. 57–69. doi:10.25702/KSC.2307-5252.2019.5.57-69.

References

1. *Skhema i programma perspektivnogo razvitiya elektroenergetiki Respubliki Kareliya na 2021–2025 gody* [Scheme and program for the long-term development of the electric power industry of the Republic of Karelia for 2021–2025]. (In Russ.). Available at: https://gov.karelia.ru/legal_acts/161619/ (accessed 05.10.2022).
2. Tishkov S. V., Volkov A. D., Kulakov K. A., Shchiptsov V. V. Sovershenstvovanie metodov ekologo-ekonomicheskoy otsenki protsessov dobychi i pererabotki zheleznoy rudy korporatsiy arkticheskoy zony Rossii na osnove matematicheskogo modelirovaniya [Improvement of environmental and economic assessment methods of mining and processing of iron ore by corporations of the Arctic zone of the Russian Federation based on mathematical modeling]. *Gornaya promyshlennost'* [Mining Industry], 2022, No 2, pp. 112–119. (In Russ.). doi:10.30686/1609-9192-2022-2-112-119.

3. Litvinenko A. V., Litvinova I. A., Bogdanova M. S., Filatov N. N. Vodokhozyaystvennyy kompleks karel'skoy chasti Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii: sovremennoe sostoyanie i dinamika [Water management complex of the Karelian part of the Russian Arctic zone: current state and dynamics]. *Arktika: ekologiya i ekonomika* [The Arctic: Ecology and Economy], 2023, Vol. 13, No. 2, pp. 280–296. (In Russ.). doi:10.25283/2223-4594-2023-2-280-296.
4. Tishkov S. V., Nalivaychenko E. V., Volkov A. D., Shcherbak A. P., Karginova-Gubinova V. V., Pakhomova A. A. *Povyshenie energoeffektivnosti ekonomiki Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii: problemy, perspektivy, metody otsenki* [Improving the energy efficiency of the economy of the Arctic zone of the Russian Federation: problems, prospects, assessment methods]. Moscow, Pervoe ekonomicheskoe izdatel'stvo, 2021, 126 p. (In Russ.).
5. *Regional'naya programma "Gazifikatsiya zhilishchno-kommunal'nogo khozyaystva, promyshlennykh i inyykh organizatsiy na territorii Respubliki Kareliya na 2022–2030 gody"* [The regional programme "Gasification of housing and communal services, industrial and other organizations in the Republic of Karelia for 2022–2030"]. (In Russ.). Available at: https://gov.karelia.ru/upload/iblock/c56/120r_P.pdf (accessed 21.11.2022).
6. Tishkov S. V., Shcherbak A. P. Energoeffektivnost' i energosberezhenie kak faktory povysheniya konkurentosposobnosti ekonomiki Severnogo prigranichnogo regiona (na primere Respubliki Kareliya) [Energy efficiency and conservation as factors of competitiveness of the economy of the Northern Border Region (on the example of the Republic of Karelia)]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Energetika* [Bulletin of the South Ural State University. Series: Power Engineering], 2015, Vol. 15, No. 4, pp. 40–45. (In Russ.). doi:10.14529/power150406.
7. Buryy O. V. Otsenka sistemy upravleniya energosberezheniem v ekonomike severnykh regionov [Assessment of energy saving management system in the economy of the Northern Regions]. *Izvestiya Komi nauchnogo tsentra UrO RAN* [Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the RAS], 2018, No. 4 (36), pp. 136–143. (In Russ.). doi:10.19110/1994-5655-2018-4-136-143.
8. Musaev T. A., Fedorov O. V., Shageev S. R., Prokhorova M. V. Intellekturnye sistemy uchyota kak instrument snizheniya poter' elektricheskoy energii [Intelligent metering systems as a tool for reducing electrical energy losses]. *Stroitel'stvo: novye tekhnologii — novoe oborudovanie* [Construction: New Technologies — New Equipment], 2021, No. 2, pp. 52–55. (In Russ.). EDN: GDPLEJ.
9. Ivanov A. V., Skladchikov A. A., Khrennikov A. Yu. Razvitie elektroenergetiki arkticheskikh regionov Rossiyskoy Federatsii s uchyotom ispol'zovaniya vozobnovlyаемых источников energii [Development of electric power industry in the Arctic Regions of the Russian Federation, considering the use of renewable energy sources]. *Rossiyskaya Arktika* [The Russian Arctic], 2021, No. 2 (13), pp. 62–80. (In Russ.). doi:10.24412/2658-4255-20212-62-80.
10. *Potreblenie energii po sub"ektam Rossiyskoy Federatsii* [Energy consumption by regions of the Russian Federation]. (In Russ.). Available at: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/el-potr.xls> (accessed 02.12.2022).
11. *Petrozavodskaya TETs* [Petrozavodsk CHP plant]. (In Russ.). Available at: <https://www.tgc1.ru/production/complex/karelia-branch/petrozavodskaya-chpp/> (accessed 22.09.2023).
12. Lebedeva M. A. Sostoyanie i perspektivy razvitiya vozobnovlyаемой energetiki v regionakh Kraynego Severa Rossii [The state and prospects of renewable energy development in the regions of the Far North of Russia]. *Problemy razvitiya territorii* [Problems of Territory Development], 2021, Vol. 25, No. 4, pp. 139–155. (In Russ.). doi:10.15838/ptd.2021.4.114.8.
13. Tishkov S., Tleppayev A., Karginova-Gubinova V., Volkov A., Shcherbak A. Citizens' Behavior as a Driver of Energy Transition and Greening of the Economy in the Russian Arctic: Findings of a Sociological Survey in the Murmansk Region and Karelia. *Appl. Sci.*, 2022, Vol. 12, No 3, 1460. doi:10.3390/app12031460.
14. Volotkovskaya N. S., Semenov A. S., Fedorov O. V. Feasibility of Energy Sector Development and Optimization Program of the Republic of Sakha (Yakutia). *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2020, Vol. 753, 082033. doi:10.1088/1757-899X/753/8/082033.

15. Kuznetsov N. M. *Upravlenie energoeffektivnost'yu v regionakh Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii* [Energy efficiency management in the regions of the Arctic zone of the Russian Federation]. Apatity, Publ. KSC RAS, 2020, 92 p. (In Russ.).
16. Kuznetsov N. M., Minin V. A., Selivanov V. N. Razvitie Kol'skoy energosistemy v interesakh gornopromyshlennogo kompleksa Murmanskoy oblasti [Kola power network development for the sake of the mining industry in the Murmansk Region]. *Gornyi zhurnal* [Mining Journal], 2020, No 9, pp. 96–100. (In Russ.). doi:10.17580/gzh.2020.09.14.
17. *Minigidroelektrostantsiya "Kivi-Koyvu"* [Mini hydroelectric power station "Kivi-Koyvu"]. (In Russ.). Available at: <https://inset.ru/realizovannye-proekty/kivi-kojvu/> (accessed 22.09.2023).
18. *Strategiya razvitiya Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii i obespecheniya natsional'noy bezopasnosti na period do 2035 goda* [Strategy for the development of the Arctic zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period up to 2035]. (In Russ.). Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202010260033> (accessed 28.09.2022).
19. Konovalova O. E., Nikiforova G. V. Malaya vozobnovlyаемaya energetika na severo-zapade Arktiki [Small renewable energy sector in the north-west of the Arctic]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Transactions of the Kola Science Centre of the RAS], 2016, No 1 (35), pp. 117–131. (In Russ.). EDN: WMAKUP.
20. Konovalova O. E. Energeticheskoe ispol'zovanie vozobnovlyаемых rechnykh resursov Severnogo ekonomicheskogo rayona RF [The energy use of renewable river resources of the Northern Economic Region of the Russian Federation]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Transactions of the Kola Science Centre of the RAS], 2019, Vol. 10, No. 5 (18), pp. 57–69. (In Russ.). doi:10.25702/KSC.2307-5252.2019.5.57-69.

Информация об авторах

Н. М. Кузнецов — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;

О. Е. Коновалова — инженер;

О. В. Фёдоров — доктор технических наук, профессор;

М. В. Прохорова — кандидат социологических наук, доцент.

Information about the authors

N. M. Kuznetsov — PhD (Engineering), Leading Researcher;

O. E. Konovalova — Engineer;

O. V. Fedorov — D.Sc. (Engineering), Professor;

M. V. Prokhorova — PhD (Sociological), Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 09.02.2024; одобрена после рецензирования 26.02.2024; принята к публикации 01.03.2024.
The article was submitted 09.02.2024; approved after reviewing 26.02.2024; accepted for publication 01.03.2024.