

# РАСПРЕДЕЛЁННАЯ ЭНЕРГЕТИКА РЕГИОНОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

## DISTRIBUTED ENERGY IN THE REGIONS OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION



### Кузнецов Н. М.

Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Центр физико-технических проблем энергетики Севера Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (Апатиты, Мурманская область).

E-mail: n.kuznetcov@ksc.ru

### Kuznetsov N. M.

Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Center for Physical and Technical Problems of the Power Industry of the North of the Federal Research Center "Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (Apatity, Murmansk Region). E-mail: n.kuznetcov@ksc.ru



### Маслобоев В. А.

Доктор технических наук, советник руководителя, Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук» (Апатиты, Мурманская область), эксперт Экспертного центра ПОРА (Проектный офис развития Арктики).

E-mail: v.masloboev@ksc.ru

### Masloboev V. A.

Doctor of Technical Sciences, Advisor to the Head, Federal Research Center "Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (Apatity, Murmansk region), expert of the PORA Expert Center (Project Office for the Development of the Arctic). E-mail: v.masloboev@ksc.ru



## **Коновалова О. Е.**

Младший научный сотрудник, Центр физико-технических проблем энергетики Севера Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (Апатиты, Мурманская область). E-mail: o.konovalova@ksc.ru

## **Kononova O. E.**

Junior Research Fellow, Center for Physical and Technical Problems of the Power Industry of the North of the Federal Research Center "Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (Apatity, Murmansk Region). E-mail: o.konovalova@ksc.ru

**Аннотация.** Ключевым направлением оптимизации экономических механизмов энергообеспечения («северный завоз» энергоресурсов) арктических проектов и снижения энергоёмкости валового регионального продукта при комплексном социально-экономическом развитии Арктической зоны России является распределённая энергетика. Распределение мощностей источников энергии при их взаимодействии в общей сети позволяет осуществлять адаптацию энергетики к новым технологиям гибкого построения и интеллектуального управления. С увеличением объёмов добычи полезных ископаемых в арктических регионах усиливается роль энергетики для обеспечения надёжности и экологической безопасности в арктических условиях. В статье рассмотрены источники распределённой генерации в регионах Арктической зоны Российской Федерации, и обоснованы направления развития распределённой энергетики.

**Annotation.** Distributed energy is a key direction in optimizing the economic mechanisms of energy supply ("northern delivery" of energy resources) for Arctic projects and reducing the energy intensity of the gross regional product in the complex socio-economic development of the Arctic zone of Russia. The distribution of the power of energy sources during their interaction in a common network allows for the adaptation of the energy sector to new technologies of flexible construction and intelligent control. With the increase in the volume of mining in the Arctic regions, the role of the energy industry is increasing to ensure reliability and environmental safety in the Arctic. The article discusses the sources of distributed generation in the regions of the Arctic zone of the Russian Federation, and substantiates the directions for the development of distributed energy.

**Ключевые слова:** арктические территории, энергоёмкость валового регионального продукта, возобновляемые источники энергии, распределённая энергетика, экологический мониторинг.

**Key words:** Arctic territories, energy intensity of gross regional product, renewable energy, distributed energy, environmental monitoring.

## **Введение**

Проблема надёжного и качественного электроснабжения удалённых малочисленных по-

селений российской Арктики, которые в основном находятся в зоне децентрализованного электроснабжения и характе-

ризуются высокими затратами на производство энергии, является актуальной. Трудности с доставкой топлива для действующих

электростанций и прогрессирующее старение энергетического оборудования приводят к существенному росту тарифов и требуют бюджетных субсидий, сдерживая развитие экономики на удалённых территориях Арктики. При разработке перспективных направлений производства энергетических ресурсов в регионах Арктики необходимо выполнение технико-экономического сравнения централизованной и автономных систем энергоснабжения на основе прогноза динамики потребления топливно-энергетических ресурсов предприятиями и населёнными пунктами арктических регионов.

## Распределённая энергетика

Арктическая зона Российской Федерации (рис. 1) включает девять регионов [1]. Процесс освоения российской Арктики требует решения главной задачи, поставленной в Стратегии развития АЗРФ – соединения роста экономики с социальным и транспортно-инфраструктурным развитием арктической территории [2].

Северные районы снабжаются электроэнергией от энергоисточников, работающих на дизельном топливе и угле, по-

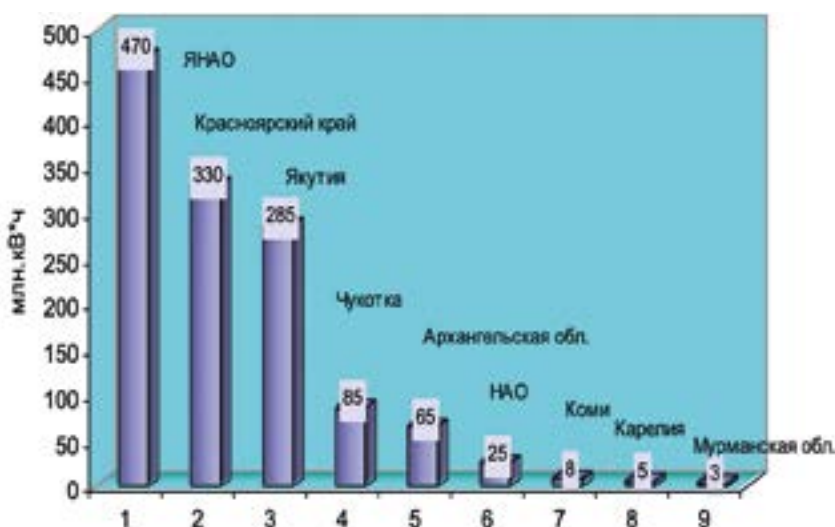
ставляемых в рамках так называемого «северного завоза». На рисунке 2 приведены масштабы выработки электроэнергии на дизель-электростанциях (ДЭС) общего пользования в регионах с большой долей изолированных систем энергоснабжения в 2015 году [3]. В связи с большим транспортным плечом, ограниченными сроками доставки и устареванием генерирующих источников стоимость электроэнергии на них получается очень высокой, что требует бюджетных субсидий для сдерживания тарифов для населения.



Рис.1. Распределённая генерация в АЗРФ

1. Мурманская область. 2. Республика Карелия (Лоухский, Кемский и Беломорский муниципальные районы). 3. Архангельская область (Онежский, Приморский и Мезенский муниципальные районы; городские округа: Архангельск, Северодвинск и Новодвинск; Арктические острова). 4. Ненецкий автономный округ. 5. Республика Коми (городской округ Воркута). 6. Ямало-Ненецкий автономный округ. 7. Красноярский край (Таймырский (Долгано-Ненецкий район), городской округ Норильск, муниципальное образование г. Игарка Туруханского муниципального района). 8. Республика Саха (Якутия) (Аллаиховский улус, Анабарский (Долгано-Эвенкийский) улус, Булунский улус, Усть-Янский улус, Нижнеколымский район). 9. Чукотский автономный округ.

Рисунок 2. Выработка электроэнергии (млн кВт·ч) на ДЭС общего пользования

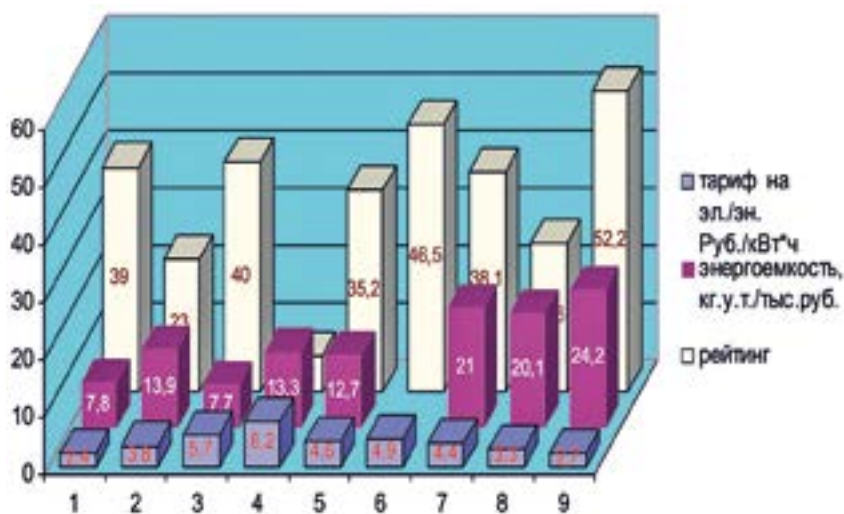


№	Регионы	Выработка электроэнергии на ДЭС, млн кВт·ч	Тариф эл./эн. руб./кВт·ч	Энергоёмкость, кг у.т./тыс. руб.	Рейтинг
1.	ЯНОАО	470	2,44	7,8	39
2.	Красноярский край	330	3,78	13,9	23
3.	Республика Саха (Якутия)	285	5,68	7,7	40
4.	Чукотский АО	85	8,2	13,3	6,2
5.	Архангельская обл. (без НАО)	65	4,59	12,7	35,2
6.	НАО	25	4,85		46,5
7.	Республика Коми	8	4,43	21	38,1
8.	Республика Карелия	5	3,26	20,1	25,6
9.	Мурманская обл.	3	2,65	24,2	52,2

Показатели энергоёмкости валового регионального продукта [4] в 2017 г. (в кг у.т./тыс. руб.) и тариф на электроэнергию для населения в 2018 г. (в руб./кВт·ч) по регионам Арктической зоны Российской Федерации приведены на рис. 3.

**Рис. 3.** Энергоёмкость ВРП и тариф на ЭЭ по регионам Арктической зоны РФ:

1 – ЯНОАО, 2 – Красноярский край, 3 – Республика Саха (Якутия), 4 – Чукотский АО, 5 – Архангельская обл. (без НАО), 6 – НАО, 7 – Республика Коми, 8 – Республика Карелия, 9 – Мурманская обл.



Для снижения энергоёмкости валового регионального продукта в рамках стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности в сфере повышения энергоэффективности предусматривается оптимизация эконо-

мических механизмов «северного завоза», за счёт использования возобновляемых источников энергии [5], использования атомных станций малой мощности [6,7], реконструкции и модернизации энергетических установок, внедрения энергосберегающих материалов и

технологий. Ключевым направлением энергетического перехода от традиционной организации энергосистем к новым технологиям гибкого построения и интеллектуального управления энергетическими сетями [8] является распределённая энергетика (таблица 1).

**Таблица 1.** Направления развития распределённой энергетики

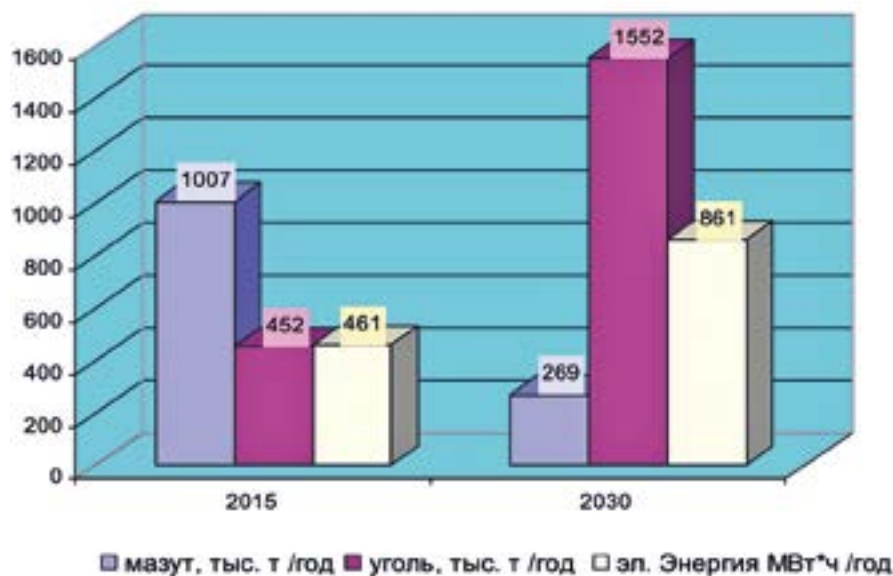
Технологии распределённой энергетики	Содержание
Распределённая генерация (РГ)	Совокупность электростанций, расположенных близко к месту потребления энергии и подключённых либо непосредственно к потребителю, либо к распределительной электрической сети.
Локальная энергосистема с распределённой генерацией (ЛЭСРГ)	Энергосистема, состоящая из источников распределённой генерации и потребителей, и работающая как единый управляемый объект с существующей электрической сетью или в островном режиме.
Управление энергоэффективностью (УЭЭ)	Внедрение энергосберегающих мероприятий, которые приводят к долгосрочному уменьшению потребности в энергии в моменты пиковых нагрузок энергосистемы и, соответственно, снижают потребности системы в установленной мощности электростанций.
Управление спросом (УС)	Изменение потребления электроэнергии и мощности конечными потребителями относительно их нормального профиля нагрузки в связи с изменением цен на электроэнергию для сокращения общесистемных затрат в обмен на стимулирующие выплаты от энергорынка.
Системы накопления энергии (СНЭ)	Совокупность систем хранения у конечных потребителей и на объектах распределительной сети, обеспечивающих возможности по резервированию и управлению спросом. Электромобили – вид распределённых энергоресурсов (потребители и распределённые накопители энергии).

Для реализации внедрения технологий распределённой энергетики постановлением Правительства Российской Федерации № 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, которые позволят осуществить системные изменения в архитектуре электроэнергетики и в её нормативно-правовом регулировании. Основное требование, предъявляемое к технологиям распределённой энергетики – максимально возможное приближение к потребителю энергии.

Энергетика регионов Арктической зоны Российской Федерации приобретёт более распределённый характер, будет основана на экологически чистых источниках энергии: атомной, солнечной, ветровой и приливной. При этом будет создаваться новая архитектура электроэнергетических систем (архитектура «Интернета энергии»), обеспечивающая оптимальное энергопотребление, высокую устойчивость и безопасность систем электроснабжения. Для принятия инвестиционных решений по модернизации энергетики регионов (реконструкция электростанций, повышение энергоэффективности, управления спросом, развитие распределённой когенерации, внедрение собственной генерации потребителей энергии и использование распределённых возобновляемых источников энергии) необходимо оце-

нить потенциал распределённой энергетики.

В настоящее время в Мурманской области реализуется комплексный инвестиционный проект модернизации системы теплоснабжения, запланированный на 2015–2030 годы. В этом проекте, в качестве доминирующего топлива для выработки теплоэнергии предусмотрено использование угля (рис. 4). Доля электроэнергии в структуре установленной тепловой мощности повысится в два раза. Реализация мероприятий проекта позволит увеличить коэффициент использования установленной мощности с 19 до 26 % (рис. 5). Приведение к соответствию установленной мощности и присоединённой нагрузки позволит уменьшить условно-постоянные расходы на производство тепловой энергии.



**Рисунок 4.** Использование энергоресурсов для выработки теплоэнергии по Мурманской области

Исходные данные для построения графика:

Год	Мазут, тыс. т/год	Уголь, тыс. т /год	Эл. энергия, МВт*ч/год
2015	1007	452	461
2030	269	1552	861



Используя потенциал энергосбережения с помощью различных технологий распределённой энергетики возможно закрыть

**Рисунок 5.**  
Коэффициент использования установленной тепловой мощности

значительную часть потребности в генерирующих мощностях. Мурманская область имеет значительный потенциал использования возобновляемых источни-

ков энергии (далее – ВИЭ), но в настоящее время мощность установок на ВИЭ составляет менее 0,1 % установленной мощности всех электростанций [9].



Исходные данные для построения графика:

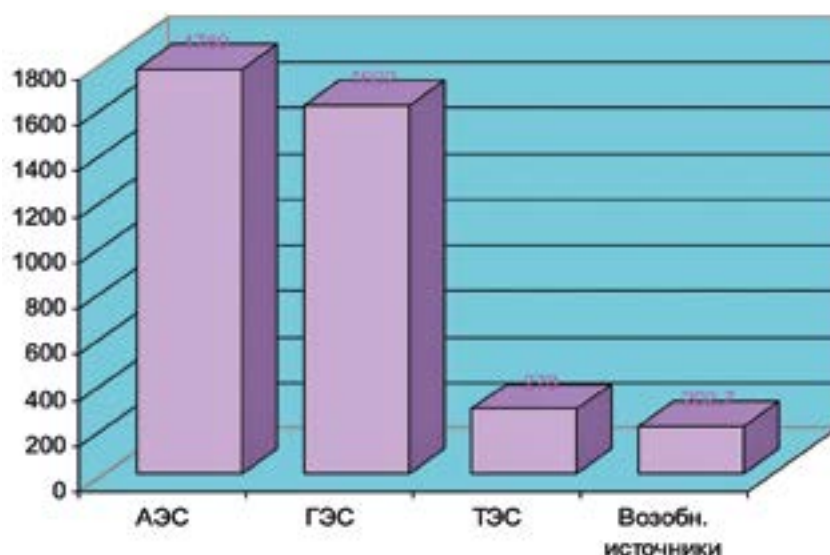
Год	Устан. тепл. мощность, Гкал/ч	Присоединённая нагрузка Гкал/ч	Коэффициент использования устан. мощности, %
2015	6,7	3,13	19
2030	4,9	3,22	26

Более 46 % установленной мощности приходится на атомную электростанцию, доля гидро-

электростанций составляет 42 %. После завершения строительства на Кольском полуострове ветропарка в 200 МВт установленная

мощность на возобновляемых источниках энергии увеличится до 5 % (рис. 6).

**Рисунок 6**  
Установленная мощность по типам энергоносителей, МВт



Исходные данные для построения графика:

Установленная мощность по типам электростанций, МВт		
АЭС	1760	45,80 %
ГЭС	1602	41,69 %
ТЭС	278	7,23 %
Возобновляемые источники	202,7	5,27 %

В регионах Арктической зоны Российской Федерации формирование распределённой энергетики начинается с распределённой генерации.

Источники распределённой генерации, расположенные близко к потребителю энергии и подключенные непосредственно к потребителю или к локальной

распределительной сети, которые успешно работают в регионах Арктической зоны, приведены в таблице 2.

**Таблица 2.** Источники распределенной генерации в регионах АЗРФ

Источник распределённой генерации	Содержание
<p>1. Кислогубская приливная электростанция, Мурманская область. Техническая характеристика: мощность – 1500 кВт, турбина – ортогональная с вертикальным валом, диаметр рабочего колеса – 5 м, количество лопастей – 12, мощность – 1500 кВт, турбина – ортогональная с вертикальным валом, диаметр рабочего колеса – 5 м, количество лопастей – 12, мультипликатор – NGQ-14-GB-R1, генератор – синхронный МСГП-1500-6,3-1200УХЛ4, преобразователь частоты СПЧРС-6300/200МП-УХЛ4.</p>	<p>Кислогубская ПЭС (200 кВт) сооружена в 1968 г. впервые в мировой гидроэнергетической практике наплавным способом (без перемычек), 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 %.</p>
<p>2. Ветро-солнечно-дизельные комплексы, Мурманская область. Технические характеристики: с. Пялица Мощность – 92 кВт, ветроустановки – 20 кВт, панели фотоэлектрические – 12 кВт, дизель-генераторы – 60 кВт с. Чаваньга Мощность – 258,4 кВт, ветроустановки – 50 кВт, панели фотоэлектрические – 32,4 кВт, дизель-генераторы – 176 кВт. с. Тетрино Мощность – 71,4 кВт, ветроустановки – 20 кВт, панели фотоэлектрические – 16,2 кВт, дизель-генераторы – 35,2 кВт. с. Чапома Мощность – 258,4 кВт, ветроустановки – 50 кВт, панели фотоэлектрические – 32,4 кВт, дизель-генераторы – 176 кВт.</p>	<p>Модернизация систем электроснабжения удалённых поселений Терского района Мурманской области в 2014-2016 гг. за счёт применения ветро-солнечно-дизельных электрических станций позволит обеспечить потребителей круглосуточным электроснабжением, сократить региональное бюджетное финансирование за счёт снижения объёмов завозимого топлива и дизельных масел на 50 %, снизить себестоимость вырабатываемой электроэнергии на 50 % и продлить срок эксплуатации дизельных генераторов на 25 %. Затраты на модернизацию системы энергообеспечения составляют из федерального бюджета – 22 %; областного бюджета – 38 %; местного бюджета – 3 %; внебюджетные средства – 37 %. Таким образом создана практическая площадка для тиражирования проектов в удалённых поселениях Мурманской области, а также благоприятный инвестиционный климат для развития туризма в Терском районе.</p>
<p>3. Ветроустановка "Green House" г. Кола, Мурманская область. Техническая характеристика: мощность – 500 кВт, стартовая рабочая скорость ветра – 4 м/сек, номинальная частота вращения – 30 об/мин, генератор – асинхронный, количество лопастей – 3, высота мачты – 40 м, параметры вырабатываемой электроэнергии: 0,69 кВ, 50 Гц, синхронизация – автоматическая.</p>	<p>Сушка древесины обеспечивается котлами, работающими на отходах собственного производства (щепа, опилки) и мазуте. В целях экономии электроэнергии компания решила использовать энергию ветра, комплект оборудования (ветроустановка, трансформатор и электрические котлы мощностью 400 кВт) был закуплен в 2013 г. в Германии. С августа 2015 года ветроустановка работает на полную мощность при скорости ветра от 15 м/сек. В районе расположения предприятия среднегодовая ветровая нагрузка составляет 6,5 м/сек (оценочно при скорости ветра 10 м/сек ВУ вырабатывает до 50 % мощности). Ветроустановка вырабатывает 20 % электроэнергии, требуемой предприятию.</p>
<p>4. Когенерационные установки на основе паровинтовых турбин, Муниципальное унитарное предприятие «Оленегорские тепловые сети», Мурманская область. Техническая характеристика: мощность – 2000 кВт, турбины КУ-ПВМ 1000 – 2.</p>	<p>Использование энергии пара для выработки электроэнергии. Работа паровинтовой машины покрывает часть собственных нужд в электроэнергии и уменьшает её потребление из сети на 73 %. Срок окупаемости проекта 3 года.</p>
<p>5. Энергоэффективный дом, Архангельская область. Техническая характеристика: класс энергоэффективности – А+</p>	<p>В г. Новодвинске в 2015 г. построен энергоэффективный дом класса энергоэффективности А+. Для энергоснабжения дома смонтирован индивидуальный тепловой пункт, 4 тепловых насоса, 12 солнечных коллекторов, 4 мембранных расширительных, приборы учёта (водопотребление, теплотребление, электроэнергия).</p>
<p>6. Многофункциональный автономный энергокомплекс, с. Батамай, Республика Саха (Якутия). Техническая характеристика: мощность солнечной электростанции – 60 кВт, мощность дизельной электростанции – 160 кВт, солнечные панели JRM-195: 52, солнечные панели FSM-230: 73, солнечные панели FSM-250: 13, солнечные панели ECS250M60-A: 120, сетевой инвертор SMA STR 10000 TL: 6, АКБ LT-LFP 300: 90, автономный инвертор SMA Sunny Island SL6.0H: 6.</p>	<p>В селе Батамай первая экспериментальная солнечная станция была построена в 2012 году. Пилотная СЭС состояла из 52-х солнечных панелей общей мощностью 10 кВт. После первого года эксплуатации стала очевидна экономическая выгода от новых технологий, и специалисты «РАО ЭС Востока» начали модернизировать станцию. Сегодня в Батамае создан многофункциональный автономный энергетический комплекс, состоящий из автоматизированной дизельной электростанции мощностью 160 кВт, солнечной электростанции мощностью 60 кВт и системы накопления электроэнергии номинальной емкостью 86,4 кВт·ч.</p>

<p>7. Заполярная солнечная электростанция п. Батагай, Республика Саха (Якутия). Техническая характеристика: мощность – 1000 кВт, солнечные панели STP 300-24Ve – 3472 шт., сетевой инвертор SMA STP 25000 TL – 40 шт. Предусмотрена работа при температуре от –45 до +40 °С.</p>	<p>В 2015 году построена крупнейшая заполярная солнечная электростанция мощностью 1 МВт. СЭС в п. Батагай внесена в книгу рекордов Гиннеса как самая северная солнечная станция в мире. Вырабатываемая электроэнергия от первой очереди позволяет ежегодно экономить до 300 тонн дизельного топлива. Мощность электростанции с вводом второй очереди составит 4 МВт. Внедряя солнечные электростанции в Верхоянском улусе, холдинг «РАО ЭС Востока» применил «кустовой метод» строительства. Закупка и доставка оборудования для посёлков Бетенкес, Столбы и Юнкюр были объединены с реализацией проекта Батагайской солнечной станции, что позволило оптимизировать капитальные затраты.</p>
<p>8. Ветродизельный комплекс, п. Тикси, Республика Саха (Якутия). Техническая характеристика: мощность – 3,9 МВт, ветроустановки: 300 кВт – 3, высота – 41,5 м, диаметр лопастей – 33 м, рабочая температура до –50 °С при скорости ветра от 3 до 25 м/с, дизельная электростанция – 3 МВт.</p>	<p>В конце 2018 года в арктическом посёлке Тикси «РусГидро» ввело в эксплуатацию уникальную ВЭС мощностью 900 кВт. Три ветроустановки созданы в арктическом исполнении японской компанией Komaihaltek. В 2019 г. начато строительство дизельной электростанции мощностью 3 МВт и системы аккумулирования электроэнергии. Будет создан ветродизельный комплекс мощностью 3,9 МВт. Эксплуатацией станции займется АО «Сахаэнерго».</p>
<p>9. Ветродизельная электростанция, Мыс Обсервации Анадырского района, Чукотский АО. Техническая характеристика: мощность – 3 МВт, 10 ветроагрегатов АВЭ-250СМ (северные условия) по 250 кВт, дизель-генератор – 500 кВт.</p>	<p>Ежегодная выработка электроэнергии составляет от 2,5 до 3,0 млн. кВт·ч. 10-летний опыт эксплуатации станции подтвердил работоспособность ветроагрегатов при скоростях ветра от 4,8 до 30 м/с и температурах до минус 42 °С при параллельной работе ВЭС (70 % мощности) и ДЭС (30 % мощности). Сопряжение ВЭС и ДЭС позволяет оптимизировать режимы их работы, обеспечивая сокращение потребления дизельного топлива на 30-80 % и повышая срок работы дизель-генераторов в 2-3 раза.</p>
<p>10. Плавающая атомная электростанция (ПАТЭС) «Академик Ломоносов», г. Певек, Чукотский АО. Техническая характеристика: электрическая мощность – 2х38,5 МВт, тепловая мощность – 2х73 Гкал/час.</p>	<p>ПАТЭС предназначена для замены мощностей выбывающей Билибинской АЭС (48 МВт) и Чаунской ТЭЦ электрической мощностью 34,5 МВт и тепловой мощностью 99 Гкал/час. Она станет частью новой схемы энергоснабжения Чаун-Билибинского энергоузла. Для обеспечения электроснабжения от ПАТЭС требуется строительство двух одноцепных ВЛ 110 кВ Певек – Билибино протяжённостью около 500 км. В целях развития энергосистемы и обеспечения перспективных потребителей необходимо строительство двух одноцепных ВЛ 110 кВ Билибино – Песчанка.</p>

## Управление энергоэффективностью

Надёжное и экономически эффективное энергоснабжение имеет большое значение для обеспечения нормальной жизнедеятельности всех категорий потребителей. Получение электрической и тепловой энергии требует бережного и экономного расходования традиционных энергетических ресурсов, более широкого внедрения мероприятий по повышению энергоэффективности и энергосбережению [10]. Энерго- и ресурсосбережение является одним из важнейших факторов, обеспечивающих эффективность функционирования отраслей экономики. Оно достигается посредством реализации мероприятий по энергосбережению, своевременным переходом к новым техническим решениям, повышением каче-

ства продукции, использованием международного опыта и другими мерами. Внедрение энергосберегающих технологий приводит к снижению издержек, способствует повышению устойчивости топливно-энергетического комплекса, снижению затрат на введение дополнительных мощностей, улучшению экологической ситуации. В регионах Арктической зоны Российской Федерации управление энергоэффективностью остаётся значимым ресурсом сокращения потребности в генерирующих мощностях. Реализации потенциала энергосбережения препятствуют следующие основные барьеры: недостаточное стимулирование программ и мероприятий по энергосбережению со стороны муниципальных органов власти, инвестиционные риски.

## Управление спросом

Управление спросом розничных потребителей электроэнергии является инструментом поддержания и регулирования баланса спроса и предложения на электроэнергетическом рынке и позволяет оперативно регулировать баланс мощностей в энергосистеме, повышая системную надёжность. Одним из компонентов технологии управления спросом является механизм ценозависимого потребления электроэнергии, 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 года, но недостаточно эффективно из-за малого количества потребителей.

Для развития механизма ценозависимого потребления электроэнергии в Мурманской области с 2019 года запускается пилотный проект по управлению спросом потребителей электроэнергии. Для участия в проекте необходимо обеспечить: наличие интервальных приборов учёта электроэнергии, возможность дистанционного снятия и пере-

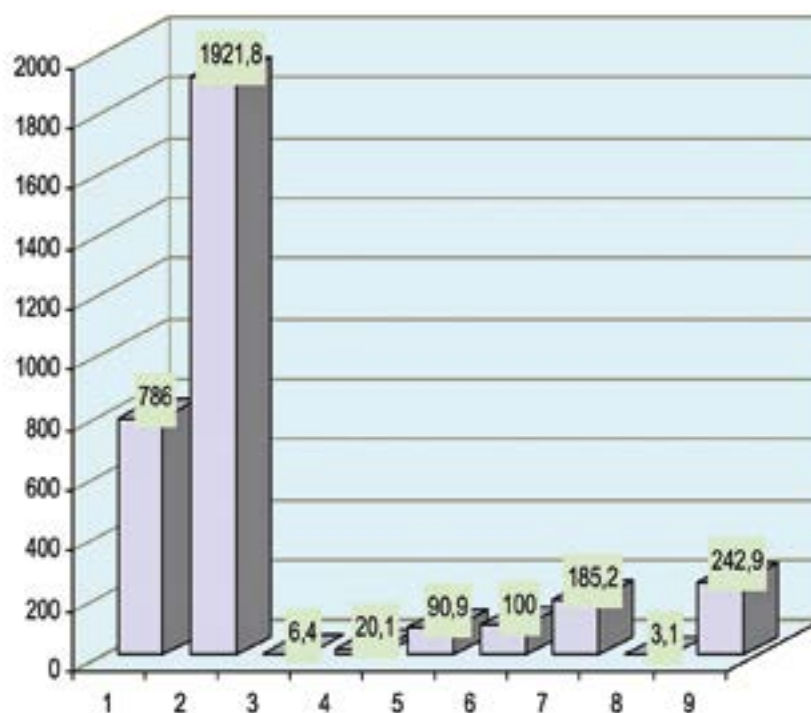
дачи показаний, отсутствие опосредованно присоединённых потребителей без интервального учёта потребления электроэнергии. Кроме того, необходимо учитывать, что механизм ценозависимого управления электропотреблением можно применять только тем потребителям, технологические процессы которых позволяют управлять изменением графика электропотребления и, следовательно, величиной затрат на оплату услуг по содержанию электрических сетей [11].

## Экологический мониторинг

Выбросы от стационарных источников в Арктической зоне РФ приведены на рис. 7. Суммарное количество выброшенных в воздух вредных веществ составляет 3,55 млн тонн, а уловленных – 1,95 млн. тонн [12]. За период с 2008 по 2016 г. Ямало-Ненецкий АО, Ненецкий АО и Архангельская область существенно снизили свои выбросы.

**Рисунок 7**  
Выбросы от стационарных источников по АЗРФ в 2017 г., тыс. тонн

1 – ЯНАО, 2 – Красноярский край, 3 – Республика Саха (Якутия), 4 – Чукотский АО, 5 – Архангельская обл. (без НАО), 6 – НАО, 7 – Республика Коми, 8 – Республика Карелия, 9 – Мурманская обл.



Исходные данные для построения графика:

Выбросы от стационарных источников по АЗРФ в 2017 г., тыс. тонн	
ЯНАО	786
Красноярский край	1921,8
Республика Саха (Якутия)	6,4
Чукотский АО	20,1
Архангельская обл. (без НАО)	90,9
НАО	100
Республика Коми	185,2
Республика Карелия	3,1
Мурманская обл.	242,9

Энергетика Арктической зоны РФ характеризуется наличием большого количества дизельных электрических станций в удалённых поселениях, которыми в 2017 году было выработано 1,95 млрд. кВт·ч электроэнергии [12]. Большинство этих станций имеет высокий удельный расход топлива на выработку 1 кВт·ч электроэнергии (более 300 г/кВт·ч). Причиной этого является моральный и физический износ оборудования (50-70 %). Современные дизельные электростанции позволяют снизить удельный расход топлива до 205 г/кВт·ч. На производство электроэнергии этими станциями было израсходовано 211,5 тыс. т дизельного топлива, а это означает «выхлоп» примерно 760 тыс. тонн CO<sub>2</sub>. Замена действующих дизельных электростанций на современные и увеличение доли солнечной и ветровой энергии при внедрении гибридных электростанций в арктических районах позволит уменьшить выбросы от дизельных электростанций. При внедрении гибридных электростанций с использованием возобновляемых источников энергии в регионах Арктической зоны необходимо использовать оборудование, способное выдерживать суровые климатические условия.

## Заключение

В настоящее время в России, также как и во всём мире наблюдается тенденция к росту доли распределённой энергетики. По данным специалистов «Сколкovo» и Росстата в 2016 году в России эксплуатировалось 36 тысяч электростанций мощностью не более 25 МВт. Их суммарная установленная мощность составила 13 ГВт (в 2006 г. — 10 ГВт). Из них две трети расположены в зоне децентрализованного энергоснабжения. Доля распределённой энергетики по мощности в России оценивается в 9–9,5 % [8]. Пока это не так много, как в

других странах, но тенденция её развития очевидна. Наличие возобновляемого ресурсного потенциала, а также рост тарифов на электро- и теплоэнергию, снижение качества и надёжности энергоснабжения от энергосистем будут способствовать развитию распределённой энергетики, особенно в децентрализованных зонах и изолированных энергосистемах российской Арктики. Но для этого необходимо суще-

ственное изменение структуры рынка электроэнергии и разработка отдельного закона о малой распределённой энергетике, а также развитие и совершенствование всех технологий распределённой энергетики:

1. распределённой генерации на основе ВИЭ;
2. управления спросом;

## Литература

1. Кузнецов Н. М., Коновалова О. Е. Альтернативная энергетика на арктических территориях Российской Федерации // Промышленная энергетика. № 10. 2019. С. 40-46.
2. Лексин В. Н., Порфилюев Б. Н. Переосвоение российской Арктики как предмет системного исследования и государственного программно-целевого управления: вопросы методологии // Экономика региона. 2015. № 4. С. 9-20. doi 10.17059/2015-4-1
3. Анализ нынешнего положения изолированных систем энергоснабжения с высокими затратами на энергию. Электронный ресурс: URL: [http://www.cenef.ru/file/Discussion\\_paper1.pdf](http://www.cenef.ru/file/Discussion_paper1.pdf) (дата обращения 04.10.18)
4. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2017 г. / Минэкономразвития России [М], 2018. URL: <http://economy.gov.ru/minec/about/structure/depGostarif/201812103> (дата обращения 26.11.2018 г.)
5. Попель О. С., Киселева С. В., Моргунова М. О., Габдерахманова Т. С., Тарасенко А. Б. Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения потребителей в Арктической зоне Российской Федерации // Арктика: экология и экономика. 2015. № 1(17). С. 64-69.
6. Саркисов А. А., Смоленцев Д. О., Антипов С. В., Биладенко В. П., Шведов П. А. Экономическая эффективность и возможности применения атомных энергоисточников мегаваттного класса в Арктике // Арктика: экология и экономика. 2018. № 1 (29). С. 4-14. DOI: 10.25283/2223-4594-2018-1-4-14.
7. Пименов А. О., Куликов Д. Г., Васильев А. П., Молоканов Н. А. Атомные станции малой мощности на арктических территориях: вопросы экономической целесообразности и экологической безопасности // Арктика: экология и экономика. 2019. № 2(34). С. 120-128. DOI: 10.25283/2223-4594-2019-2-120-128.
8. Хохлов А. Распределённая энергетика России / Хохлов А., Мельников Ю., Веселов Ф., Холкин Д., Дацко К. // Энергетический центр Московской школы управления СКОЛКОВО. 2018. 87 с. Электронный ресурс: [https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO\\_EneC\\_DER-3.0\\_2018.02.01.pdf](https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf) (дата обращения 11.09.2019 г.)
9. Коновалова О. Е. Возобновляемые источники энергии в Мурманской области / О. Е. Коновалова, Н. М. Кузнецов // Промышленная энергетика. 2018. № 9. С. 51-56.
10. Кузнецов Н. М. Управление энергоэффективностью и энергосбережением / Н. М. Кузнецов, А. М. Ключкин, С. Н. Трибуналов // Вестник Кольского научного центра РАН. 2016. № 2(25). С. 97-102.
11. 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.
12. Календарь публикации официальной статистической информации о социально-экономическом развитии Арктической зоны Российской Федерации в 2018 году. Электронный ресурс: [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/region\\_stat/calendar1-2017.htm](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/region_stat/calendar1-2017.htm) (дата обращения: 5.02.2019 г.)

3. управления энергоэффективностью;

4. распределённых систем хранения электроэнергии;

5. микрогридов;

6. использование электромобилей.

Распределённая генерация на основе возобновляемых источников энергии на сегодняшний день уже играет существенную роль в повышении надёжности и качества поставляемой электроэнергии для технологически изолированных и удалённых территорий России, расположенных в зоне Крайнего Севера и на приравненных к ней территориям. И для ряда регионов, при учёте экономики топлива от ввода ВИЭ в энергобаланс и снижения экологических затрат на борьбу с загрязнением окружающей среды традиционными электростанциями, выбор будет в пользу распределённой энергетики.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ЦЭС КНЦ РАН

(№ 0226-2016-0001), а также при поддержке РФФИ (проект 18-05-60142\_Арктика).

#### Literature

1. Kuznetsov N. M., Konovalova O. E. Alternative energy in the Arctic territories of the Russian Federation // *Industrial Energy*. № 10. 2019. P. 40-46. Leksin V. N., Porfiliev B. N. Re-development of the Russian Arctic as a subject of system research and state programme-targeted management: issues of methodology // *Regional Economy*. 2015. № 4. P. 9-20. doi 10.17059/2015-4-1.
3. Analysis of the current situation of isolated energy supply systems with high energy costs [Electronic resource]. Access: URL:[http://www.cenef.ru/file/Discussion\\_paper1.pdf](http://www.cenef.ru/file/Discussion_paper1.pdf) (accessed 04.10.2020).
4. State Report on the State of Energy Saving and Energy Efficiency Improvement in the Russian Federation in 2017 / Ministry of Economic Development of Russia [M], 2018. URL: <http://economy.gov.ru/minec/about/structure/depGostarif/201812103> (accessed 26.11.2020).
5. Popel O. S., Kiseleva S. V., Morgunova M. O., Gabderakhmanova T. S., Tarasenko A. B. Using renewable energy sources for energy supply to consumers in the Arctic zone of the Russian Federation // *Arctic: Ecology and Economics*. 2015. № 1(17). P. 64-69.
6. Sarkisov A. A., Smolentsev D. O., Antipov S. V., Bilashenko V. P., Shvedov P. A. Cost-effectiveness and opportunities of megawatt-class nuclear power sources in the Arctic // *The Arctic: Ecology and Economics* 2018. № 1 (29). P. 4-14. DOI: 10.25283/2223-4594-2018-1-4-14.
7. Pimenov A. O., Kulikov D. G., Vasiliev A. P., Molokanov N. A. Small nuclear power plants in the Arctic territories: issues of economic feasibility and environmental safety // *Arctic: Ecology and Economics*. 2019. № 2(34). P. 120-128. DOI: 10.25283/2223-4594-2019-2-120-128.
8. Khokhlov A. Distributed Energy Industry in Russia / Khokhlov A., Melnikov Y., Veselov F., Kholkin D., Datsko K. // *Energy Center of Moscow School of Management SKOLKOVO*. 2018. 87 p. Electronic resource: [https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO\\_EneC\\_DER-3.0\\_2018.02.01.pdf](https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf) (accessed 11.09.2019).
9. Konovalova, O. E. Renewable energy sources in the Murmansk Oblast / O. E. Konovalova, N. M. Kuznetsov // *Industrial Energy*. 2018. № 9. P. 51-56.
10. Kuznetsov, N. M. Management of energy efficiency and energy conservation / N. M. Kuznetsov, A. M. Klukin, S. N. Tribunalov // *Bulletin of Kola Scientific Centre of RAS*. 2016. № 2(25). P. 97-102.
11. Baev I. A., Solovieva I. A., Dzyuba A. P. Management of costs for electricity transmission services in an industrial region // *Regional Economy*. 2018. Vol. 14, issue 3. P. 955-969. doi 10.17059/2018-3-19.
12. Calendar of publication of official statistical information on socio-economic development of the Arctic zone of the Russian Federation in 2018. Electronic resource: [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/region\\_stat/calendar1-2017.htm](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/region_stat/calendar1-2017.htm) (accessed 5.02.2019).