

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В КОММУНАЛЬНО-БЫТОВОМ СЕКТОРЕ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

В. А. Шакиров

Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского
отделения РАН (Иркутск, Российская Федерация)

Т. Ф. Тугузова, Р. И. Муzychук

Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения РАН (Иркутск, Российская
Федерация), Академия наук Республики Саха (Якутия) (Якутск, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 24 июля 2020 г.

Проведен обзор состояния энергетической инфраструктуры в Арктической зоне Республики Саха (Якутия), в том числе на основе возобновляемых источников энергии. Рассмотрены проблемы функционирования электрических станций и сетей, вопросы топливоснабжения. На основе статистической обработки информации по подразделениям АО «Сахаэнерго» представлен анализ износа генерирующего оборудования, линий электропередачи, трансформаторных подстанций, а также уровень потерь электроэнергии в линиях электропередачи. В дальнейшем результаты исследований будут использоваться для определения мер по повышению эффективности систем электроснабжения.

Ключевые слова: Арктика, дизельные электростанции, установленная мощность, линии электропередачи, трансформаторные подстанции, износ оборудования.

Введение

В указе Президента РФ «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» от 5 марта 2020 г. № 164 определены национальные интересы страны на этой территории. Из общего перечня можно выделить: обеспечение высокого качества жизни и благосостояния населения Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ), развитие АЗРФ в качестве стратегической ресурсной базы и ее рациональное использование в целях ускорения экономического роста России, охрану окружающей среды. Ключевую роль в решении этих задач играет надежное и эффективное энергоснабжение потребителей.

АЗРФ неоднородна по условиям хозяйствования, уровню социально-экономического развития, обеспеченности собственными топливно-энергетическими ресурсами, что определяет различия организации и специфику проблем энергоснабжения [1]. В этой связи выделяют две группы районов [1—3]. К первой относятся промышленно развитые терри-

тории, охваченные системами централизованного энергоснабжения на базе крупных электростанций. Ко второй группе относятся районы децентрализованного энергоснабжения, в которых малые рассредоточенные потребители обеспечиваются электроэнергией от автономных источников, преимущественно дизельных электростанций (ДЭС). Такие районы преобладают на азиатской территории Арктики, в частности в Республике Саха (Якутия).

Арктические районы децентрализованного энергоснабжения характеризуются рядом особенностей и проблем [1—6]:

- низким уровнем развития транспортной инфраструктуры;
- сложной, ограниченной по срокам, высокозатратной транспортной схемой поставки топливных ресурсов;
- рассредоточенностью по территории на значительные расстояния потребителей малой мощности;
- повышенной изношенностью генерирующих мощностей и электросетевого хозяйства.

Суммарная мощность ДЭС в районах децентрализованного электроснабжения АЗРФ превышает 3 млн кВт, а производство электроэнергии на них —



Рис. 1. Характеристика заселенности Арктической зоны Республики Саха (Якутия)
 Fig. 1. Characteristics of the population of the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia)

порядка 15 млрд кВт·ч. В рамках северного завоза ежегодно поставляется до 5—8 млн т горюче-смазочных материалов [3; 4]. Транспортная составляющая в стоимости топлива достигает 70%, что обуславливает высокую себестоимость производства энергии.

Подобные проблемы в той или иной степени характерны и для арктических территорий таких стран, как США, Канада, Дания [7]. Например, в Канаде 25 поселений на территории Нунавут обеспечиваются энергией исключительно от ДЭС, большинство из которых находится в эксплуатации более 35 лет [8; 9]. Одним из способов снижения указанных проблем стало использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Примером служат два других арктических региона Канады — Юкон и Северо-Западные территории, имеющие годовое энергопотребление 0,85 ТВт·ч, покрытие которого на 84% обеспечивается гидроэлектростанциями, 12% — ДЭС [9]. На Аляске с 2008 по 2018 гг. установленная мощность ветроэлектростанций (ВЭС) выросла с 3 до 64 МВт, из которых порядка 22 МВт приходится на 21 поселение в районах децентрализованного электроснабжения [10]. Развитие ВИЭ обусловлено стремлением повысить надежность и экономическую эффективность производства энергии и снизить экологическую нагрузку на уязвимую арктическую экосистему.

Несмотря на высокий потенциал возобновляемых природных энергоресурсов в районах децентрализованного электроснабжения АЗРФ [11—14], имеются лишь единичные случаи использования ВИЭ [15—16]. Суммарная мощность ветроэнергетических устано-

вок и фотоэлектрических преобразователей в этих районах по субъектам Федерации составляет от нескольких десятков до нескольких сотен киловатт за исключением Республики Саха (Якутия), где ВИЭ используется в относительно большей степени [17].

Другими рациональными направлениями повышения эффективности энергоснабжения децентрализованных потребителей являются [18]: реконструкция и модернизация существующей энергетической инфраструктуры, подключение к системе централизованного электроснабжения, использование местных энергоресурсов, строительство атомных станций малой мощности.

Определению наиболее эффективных мероприятий по повышению надежности, снижению затрат и воздействий на окружающую среду должна предшествовать детальная оценка текущего состояния системы энергоснабжения, выявление актуальных проблем в энергетическом хозяйстве, анализ региональных особенностей, потенциала возобновляемых природных энергоресурсов, степени развитости транспортной инфраструктуры и других аспектов.

В статье рассмотрены состояние и проблемы электроснабжения в коммунально-бытовом секторе Арктической зоны Республики Саха (Якутия).

Характеристика Арктической зоны Республики Саха (Якутия)

К Арктической зоне Республики Саха (Якутия) относятся 13 северных улусов (муниципальных районов), которые занимают 52,2% территории республики, где в условиях арктического и субар-

Энергетические объекты

- Теплоэлектростанция
- ДЭС с ТУУ более 5 МВт
- ДЭС с ТУУ 1—5 МВт
- ДЭС с ТУУ менее 1 МВт
- ДЭС более 5 МВт
- ДЭС 1—5 МВт
- ДЭС менее 1 МВт
- Котельная
- СЭС 1 МВт
- СЭС менее 1 МВт
- ВЭС
- Подстанция 110 кВ
- ДЭС ЯГК



Рис. 2. Расположение энергетических объектов в Арктической зоне Республики Саха (Якутия)
 Fig. 2. Location of energy facilities in the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia)

ктического климата проживает только 7% населения (рис. 1). Территория характеризуется малой заселенностью, средняя плотность составляет 0,04 чел./км².

В Арктической зоне преобладают традиционные формы природопользования: оленеводство, охотничий и рыболовный промысел, добыча мамонтовой кости.

Грузы для нужд арктических районов на реки Яна, Индигирка, Колыма, Анабар и Оленёк завозятся по Северному морскому пути.

Коммунально-бытовой сектор обеспечивается электроэнергией от энергоисточников, находящихся в ведении АО «Сахаэнерго», являющегося на 100% дочерним предприятием ПАО «Якутскэнерго».

В связи с низкой плотностью, небольшими электрическими нагрузками потребителей, значительными расстояниями между населенными пунктами и слабой транспортной инфраструктурой электроснабжение в них осуществляется от автономных энергоисточников, в подавляющем большинстве ДЭС. Электросетевые связи между поселками отсутствуют.

Строительство крупных электростанций и развитие электрических сетей высокого класса напряжения экономически нецелесообразно.

Характеристика энергоисточников

Суммарная установленная электрическая мощность коммунальных электростанций Арктической зоны республики на начало 2020 г. составила 156,7 МВт. Генерирующие мощности представлены различными типами электростанций (рис. 2). В поселке Депутатском функционирует единственная мини-ТЭЦ на угле мощностью 7,5 МВт. В остальных населенных пунктах электроснабжение осуществляется от ДЭС различной мощности. Многие из них оснащены теплоутилизационными установками. Кроме того, установлено 11 возобновляемых энергоисточников — солнечные электростанции (СЭС) и ВЭС суммарной мощностью порядка 2,2 МВт (85% мощности всех ВИЭ республики), из них 2 ВЭС суммарной мощностью 940 кВт. Следует отметить, что ВИЭ не являются независимыми энергоисточниками и вырабатывают электроэнергию в дополнение к ДЭС с целью вытеснения части дальнопривозного дизельного топлива.

На рис. 3 представлена структура установленной мощности электростанций Арктической зоны республики, в табл. 1 приведена ретроспектива динамики ее изменения. Наибольшая доля установлен-

¹ Демографический ежегодник Республики Саха (Якутия) / Территор. орган федер. службы гос. статистики по Республике Саха (Якутия). — Якутск, 2019. — 262 с.

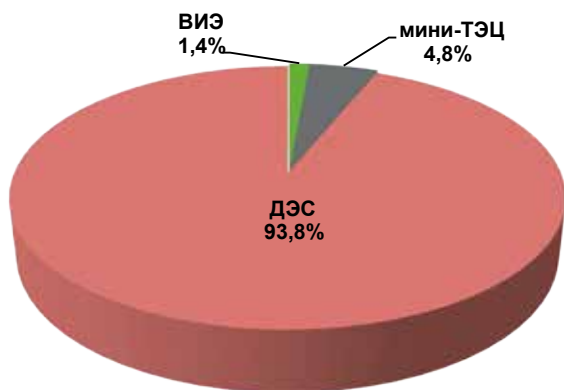


Рис. 3. Структура установленной мощности электростанций в Арктической зоне Республики Саха (Якутия)
Fig. 3. The structure of the installed capacity of power plants in the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia)

ной мощности приходится на ДЭС. В рассматриваемый период установленная мощность энергоисточников находится на практически постоянном уровне. Небольшие изменения мощности связаны с реконструкцией и заменой оборудования ДЭС, а также строительством в 2019 г. ВЭС в поселке Тикси.

На территории Арктической зоны республики всеми типами электростанций АО «Сахаэнерго» в 2019 г. выработано 228,1 млн кВт·ч. Структура выработки электроэнергии, как и установленной мощности, характеризуется преобладающей долей ДЭС. На долю ВИЭ приходится менее 1% общей выработки.

Проблемы строительства и функционирования электростанций

В результате анализа состояния ДЭС выявлено, что основной проблемой генерации электроэнергии является износ оборудования.

Всего по арктическим улусам республики в коммунально-бытовом секторе нормативный ресурс по наработке с начала эксплуатации превысили более 30% общего количества и 20% суммарной установленной мощности дизельных агрегатов, из них 60% работают после капитального ремонта.

Износ генерирующего оборудования по наработанному моторесурсу на ДЭС наблюдается не только у агрегатов, установленных в 1970—1980-х годах, но и у достаточно большого количества (около половины) агрегатов с выработанным моторесурсом, установленных в 2000-х годах.

Хотя в среднем по Арктической зоне республики износ оборудования ДЭС не столь критичен, по отдельным районным электрическим сетям (РЭС) эти показатели достигают значительных величин. На рис. 4 представлены значения износа оборудования по РЭС.

Наихудшее положение по этим показателям наблюдается в Белогорских, Момских и Оленёкских РЭС, где износ как по мощности, так и по количеству агрегатов превышает 40%. Характерно, что в большинстве РЭС износ по мощности меньше, чем по количеству агрегатов. Это свидетельствует о пре-

Таблица 1. Динамика установленной мощности электростанций АО «Сахаэнерго» в Арктической зоне, МВт

Территория, тип электростанции	2015	2016	2017	2018	2019
Арктическая зона, всего	157,6	157,6	160,8	163,2	156,7
В том числе по типам:					
ВИЭ, всего	1,23	1,23	1,27	1,27	2,17
В том числе:					
СЭС *	1,19	1,19	1,23	1,23	1,23
ВЭС	0,04	0,04	0,04	0,04	0,94
Мини-ТЭЦ	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
ДЭС	148,9	148,9	152,0	154,4	147,0

* С учетом СЭС в поселке Батагай (проект ПАО «РусГидро»).

Источник: Производственно-технические отчеты АО «Сахаэнерго» за 2015—2019 гг.

обладании износа оборудования малой мощности и об установке в последние годы агрегатов большей единичной мощности.

Кроме того, в тех РЭС, где в целом техническое состояние агрегатов находится в удовлетворительном состоянии, имеются ДЭС с существенным превышением нормативного ресурса.

Проблемы обозначились и с капитальными ремонтами. В целом более чем у 30% агрегатов, выработавших нормативный ресурс, этот показатель превышен вдвое. Из них 60% работают без капитального ремонта. Эта проблема обусловлена среди прочего сложностями с доставкой нового оборудования для ремонта в условиях все большего его старения и неразвитой транспортной инфраструктуры.

Также одной из проблем является сложность строительства новых энергообъектов в суровых климатических условиях Арктической зоны. Например, в Верхнеколымском улусе начатое весной 2009 г. строительство Зырянской мини-ТЭЦ электрической мощностью 12 МВт и тепловой 63 Гкал/ч для энергоснабжения близко расположенных населенных пунктов должно было завершиться осенью 2011 г. В качестве топлива предполагалось использовать угли Зырянского месторождения. Однако в проекте не в полной мере учли особенности строительства на Крайнем Севере и сложную логистику завоза грузов. В настоящее время из-за недостатка финансирования для завершения строительства решается вопрос о консервации смонтированного оборудования.

Суровые климатические условия, удаленность и низкий уровень развития транспортной инфраструктуры обуславливают высокую стоимость стро-

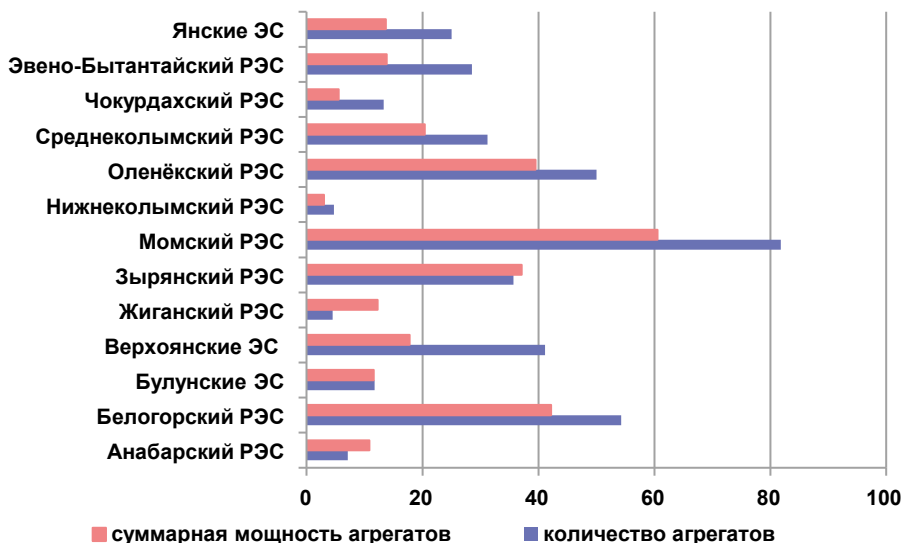


Рис. 4. Оценка износа оборудования электростанций, %
 Fig. 4. Estimation of the power plant equipment wear, %

ительства новых и модернизации существующих энергоисточников, в том числе с использованием ВИЭ. Ключевым условием преодоления этих негативных факторов является дальнейшее совершенствование механизмов государственной поддержки и привлечение частных инвестиций.

Примером может служить постановление Правительства РФ от 30 января 2019 г. № 64, которым вводится долгосрочное регулирование тарифов на электроэнергию и услуги, оказываемые на розничных рынках электроэнергии в изолированных энерго районах. Переход к указанному долгосрочному регулированию тарифов будет способствовать повышению эффективности производства электроэнергии и снижению ее стоимости за счет модернизации генерирующих мощностей, в том числе с использованием ВИЭ в комбинации с традиционной дизельной генерацией.

В 2019 г. для модернизации неэффективной дизельной генерации на изолированных и труднодоступных территориях Правительство РФ утвердило план мероприятий (постановление от 15 августа 2019 г. № 7456п-П9). В его рамках намечен сбор информации об объектах генерации, объемах производства электроэнергии и фактических расходах на ее производство, а также формирование критериев отбора приоритетных проектов, имеющих потенциал повышения эффективности и нуждающихся в модернизации. С 2021 до 2024 гг. будут проведены конкурсные отборы проектов с использованием инструментов, предоставляющих инвесторам гарантии возврата вложенных средств при условии выполнения принятых ими обязательств по итогам конкурсного отбора, в том числе с использованием регуляторного договора, концессионного соглашения, энергосервисного контракта.

Энергосервисный контракт является эффективным способом привлечения частных инвестиций.

В 2020 г. «Сахаэнерго» (входит в «РусГидро») провело конкурсы на заключение первых энергосервисных контрактов на строительство новых энергокомплексов в поселках Табалах (мощность ДЭС 600 кВт, СЭС — 400 кВт), Мома (ДЭС — 3300 кВт, СЭС — 1500 кВт), Сасыр (ДЭС — 600 кВт, СЭС — 225 кВт), Тебюлях (ДЭС — 240 кВт, СЭС — 99 кВт), Кулун-Елбют (ДЭС — 240 кВт, СЭС — 99 кВт). Затраты инвесторов будут возмещаться за счет достигнутой экономии средств, полученной при снижении потребления дизельного топлива.

Проблемы топливоснабжения

В Арктической зоне республики на производство электроэнергии кроме дизельного топлива расходуется каменный уголь и в незначительных объемах сырая нефть. Уголь сжигается только на мини-ТЭЦ в поселке Депутатском.

Суммарная потребность в топливе оценивается в 85—90 тыс. т условного топлива в год. Из них 97% приходится на дизельное топливо².

В период навигации топливо доставляют на опорные пункты (нефтебазы АО «Саханефтегазсбыт» и др., угольные склады) для хранения до открытия автозимников. В период функционирования автозимников его с опорных топливозапасов доставляют автомобильным транспортом до пунктов назначения. Основные проблемы при этом возникают из-за климатических особенностей региона и сложной транспортной доступности к населенным пунктам. Так, систематически нестабильная гидрологическая обстановка, связанная с изменениями уровня воды на устье реки Яна, затрудняет доставку грузов до опорных пунктов в период навигации. Положение усугубляет недостаточный объем работ

² Источник: производственные показатели АО «Сахаэнерго» в 2019 г.

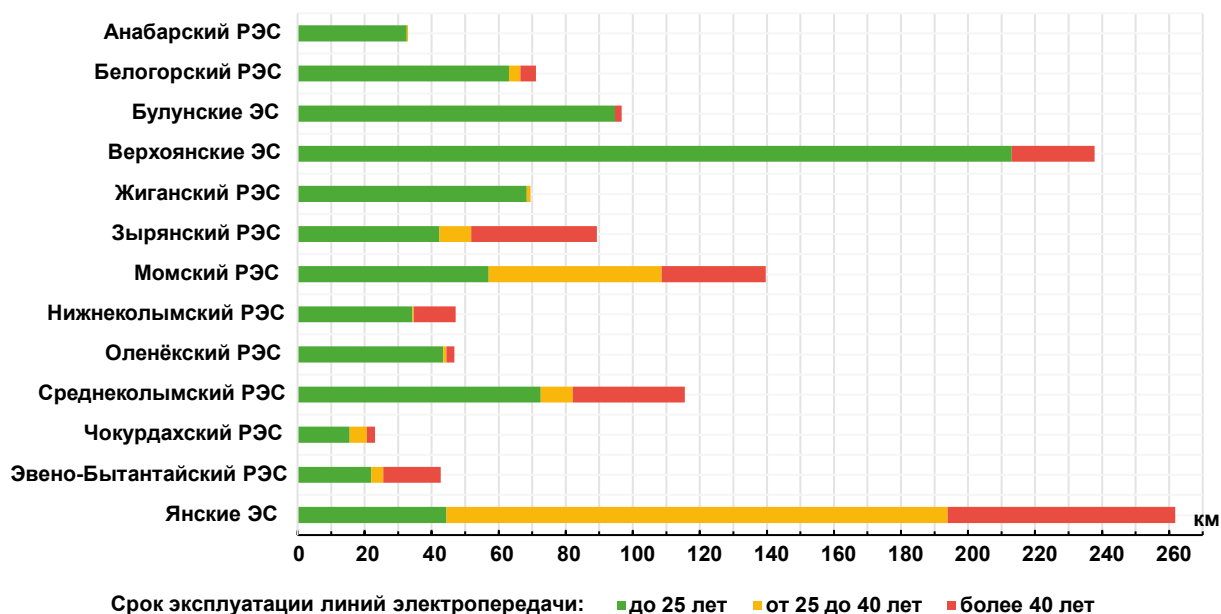


Рис. 5. Возрастная структура воздушных линий электропередачи Арктической зоны по подразделениям АО «Сахаэнерго»
 Fig. 5. Age structure of overhead power lines of the Arctic zone by divisions of «Sakhaenergo» JSC

по дноуглублению на труднопроходимых участках реки. В связи с дефицитом специальной дорожной техники на местах имеются сложности с содержанием автодорог, обеспечивающих прохождение большегрузной техники. Дополнительным неблагоприятным фактором становятся погодные условия, которые могут значительно сократить сроки функционирования автозимников.

В связи с отмеченными проблемами и ограниченными сроками навигации (май-сентябрь) и автозимника (январь-март), в случае несвоевременного их открытия существуют риски срыва доставки грузов до пунктов назначения.

Анализ состояния линий электропередачи

В Арктической зоне республики на обслуживании АО «Сахаэнерго» находятся воздушные линии электропередачи различных классов напряжения суммарной протяженностью 1274,2 км. Все линии выполнены в одноцепном исполнении на деревянных опорах.

Протяженность кабельных линий напряжением 0,4—10 кВ составляет 117 км. Из общей протяженности кабельных линий, находящихся на обслуживании АО «Сахаэнерго», основная доля приходится на Булунские и Янские электрические сети (ЭС), Жиганские и Нижнеколымские РЭС. Прокладка кабельных линий 0,4 кВ выполнена преимущественно в земле (69,2%), открытым способом проложено 23,7%, в лотках — 7,1%. Кабельные линии напряжением 6 кВ также проложены преимущественно в земле (63,3%).

Из общей протяженности воздушных линий электропередачи 18,5% превысили предельный срок эксплуатации (40 лет). Из них 46,4% прихо-

дится на линии напряжением 0,4 кВ, 41,7% — 6 кВ, 11,9% — 10 кВ.

На рис. 5 представлена возрастная структура воздушных линий электропередачи по подразделениям АО «Сахаэнерго» без деления на классы напряжения. Наибольшая протяженность воздушных линий, превысивших предельный срок эксплуатации, относится к Янским ЭС, Зырянским, Среднеколымским и Момским РЭС.

Большая протяженность воздушных линий электропередачи, находящихся в эксплуатации более 25 лет, характерна для Янских ЭС и Момских РЭС.

В ряде населенных пунктов проблема изношенности воздушных линий электропередачи стоит наиболее остро.

Из общей протяженности кабельных линий электропередачи 50,6% превысили предельный срок эксплуатации.

На рис. 6 представлена возрастная структура кабельных линий по подразделениям АО «Сахаэнерго» без деления на классы напряжения.

Наибольшая протяженность кабельных линий, превысивших предельный срок эксплуатации, относится к Булунским ЭС и Нижнеколымским РЭС.

Янские ЭС характеризуются большой протяженностью кабельных линий, находящихся в эксплуатации более 25 лет.

Одной из значимых проблем, связанных с аварийным состоянием электрических сетей, является необходимость обеспечения поселка Черского Нижнеколымского улуса собственной генерацией в перспективе до 2021 г. В настоящее время электроснабжение осуществляется от подстанции 110/6 кВ Черский по воздушной линии напряжением 110 кВ Билибинская АЭС — Встречный — Черский

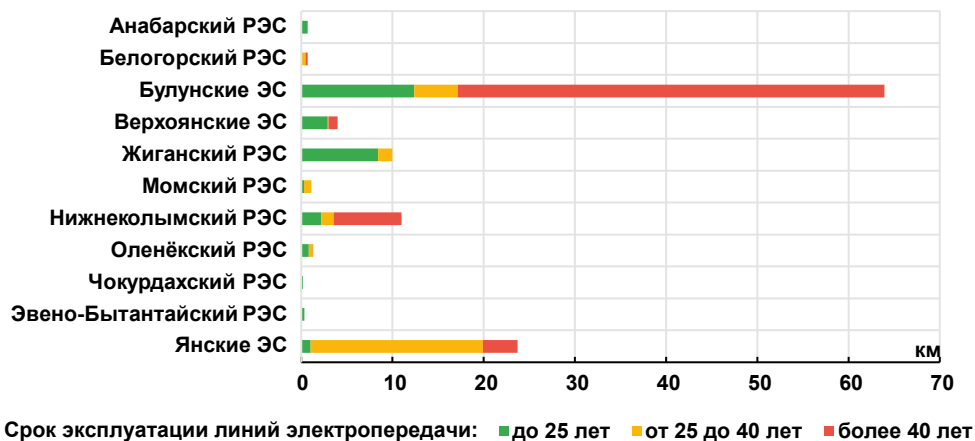


Рис. 6. Возрастная структура кабельных линий электропередачи по подразделениям АО «Сахаэнерго»
Fig. 6. Age structure of cable power lines by divisions of «Sakhaenergo» JSC

протяженностью 270 км (см. рис. 2). Линия находится на балансе и обслуживается АО «Чукотэнерго», имеет одноцепное исполнение на деревянных опорах. Срок эксплуатации линии составляет 50 лет. Примерно 24% опор линии находятся в аварийном состоянии. В связи с высоким износом происходят частые аварийные отключения. Аварийно-восстановительные работы характеризуются высокой сложностью, обусловленной суровыми климатическими условиями, необходимостью применения специальной техники — вездеходов, болотоходов.

В связи с малой величиной электрической нагрузки Черского, составляющей порядка 2,5 МВт, дальнейшая эксплуатация линии, ее реконструкция или строительство второй линии экономически нецелесообразны. Дополнительным фактором, обуславливающим необходимость ввода собственного локального источника в Черском, является прогнозируемый дефицит мощности в Чаун-Билибинском энергоузле, связанный с выводом из эксплуатации Билибинской АЭС в перспективе до 2021 г. и подключением новых крупных рудно-промышленных потребителей в Билибинской горнорудной зоне.

В связи с высокой аварийностью линии 110 кВ Встречный — Черский, отражающейся на надежности электроснабжения Черского, в схеме территориального планирования Республики Саха (Якутия), утвержденной постановлением Правительства республики от 30 ноября 2019 г. № 353, предложено построить собственный локальный источник постоянной генерации с полным прекращением транзита электроэнергии по линии Встречный — Черский.

Анализ состояния трансформаторных подстанций

По состоянию на 2019 г. на обслуживании АО «Сахаэнерго» в Арктической зоне находятся 658 трансформаторов суммарной установленной мощностью 217,2 МВА.

Во всех подразделениях АО «Сахаэнерго» имеются трансформаторы, выработавшие нормативный

ресурс. На рис. 7 представлено процентное отношение мощности трансформаторов, выработавших ресурс, к суммарной мощности.

В пяти подразделениях АО «Сахаэнерго» трансформаторы, обеспечивающие более половины установленной мощности, превысили нормативный ресурс. В Верхоянских ЭС, Момских, Среднеколымских и Эвено-Бытантайских РЭС этот показатель составляет 30—50%.

Потери в электрических сетях

Важной проблемой являются потери в электрических сетях, приводящие к необходимости увеличения выработки энергии и соответственно к перерасходу топлива.

Потери электроэнергии в электрических сетях в среднем по РЭС составляют 15% (рис. 8). Значительно превышают средние значения потери в Зырянских РЭС (20,1%) и Анабарских РЭС (19,4%).

В большинстве подразделений произошло снижение потерь относительно 2018 г. на 0,2—3,6%. Наибольшее снижение потерь произошло в Нижнеколымских и Оленёкских РЭС, Булунических ЭС, а наибольшее увеличение — в Анабарских РЭС, Янских ЭС.

В динамике за 2016—2019 гг. в Зырянских и Анабарских РЭС наблюдается постоянный прирост потерь электроэнергии. Ежегодное снижение потерь электроэнергии за 2016—2019 гг. наблюдается в Нижнеколымских РЭС.

При замене и реконструкции устаревшей инфраструктуры целесообразно выполнить мероприятия, направленные на снижение потерь и повышение пропускной способности линий: изменение конфигурации электрических сетей, увеличение сечений линий на отдельных участках, повышение класса напряжения с 6 до 10 кВ при замене трансформаторов.

Заключение

В электроэнергетике Арктической зоны Республики Саха (Якутия) основные проблемы связаны с техническим состоянием генерирующего оборудо-

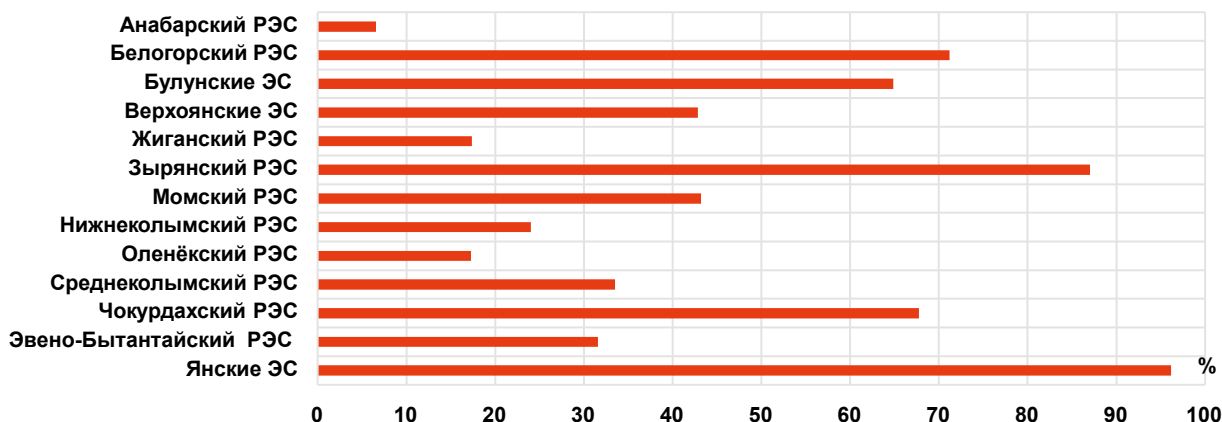


Рис. 7. Процентное отношение мощности трансформаторных подстанций, отработавших нормативный ресурс эксплуатации, к суммарной мощности трансформаторов по подразделениям АО «Сахаэнерго»
 Fig. 7. Percentage ratio of the power of transformer substations that have exhausted the standard service life to the total power of transformers by divisions of «Sakhaenergo» JSC

вания и электросетевого хозяйства. Это физическое и моральное старение, что обуславливает не только увеличение расхода топлива, но и повышение риска аварийных ситуаций. Необходима поэтапная замена оборудования ДЭС, трансформаторных подстанций и линий электропередачи.

В ряде арктических улусов наблюдаются высокие потери энергии в электрических сетях, а также их постоянный рост. При замене и реконструкции устаревшей инфраструктуры целесообразна реализация мероприятий, направленных на снижение потерь и повышение пропускной способности линий.

Из-за удаленности и труднодоступности населенных пунктов наиболее остро стоит проблема

транспортировки топлива и оборудования. Дополнительно усложняют ситуацию климатические особенности региона, недостаточный объем работ по дноуглублению на труднопроходимых участках рек, дефицит специальной дорожной техники.

Ключевым условием преодоления многих рассмотренных проблем путем модернизации оборудования и более широкого применения ВИЭ является дальнейшая реализация и совершенствование механизмов государственной поддержки (льготное налогообложение, субсидирование региона из федерального бюджета по программе энергосбережения, повышение инвестиционной привлекательности проектов ВИЭ и др.), а также привлечение частных

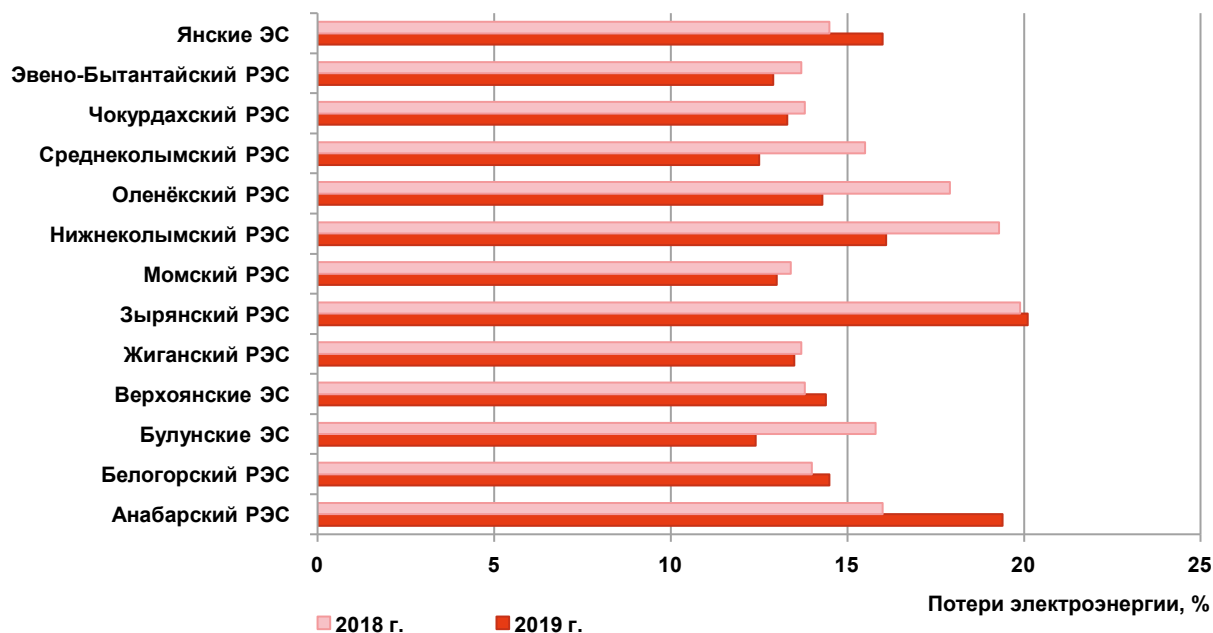


Рис. 8. Динамика потерь электроэнергии в электрических сетях, находящихся на обслуживании АО «Сахаэнерго» в Арктической зоне
 Fig. 8. Dynamics of electricity losses in power grids serviced by Sakhaenergo JSC in the Arctic zone

инвестиций путем заключения энергосервисных контрактов.

Исследование выполнено в рамках проекта госзадания XI.174.2.3 (рег. № АААА-А17-117030310439-8) программы фундаментальных исследований Сибирского отделения РАН по материалам подготовки «Схемы и программы развития электроэнергетики Республики Саха (Якутии) на 2020—2024 годы».

Литература

1. Гасникова А. А. Состояние, проблемы и перспективы развития энергоснабжения арктических районов России // Север и рынок: формирование экон. порядка. — 2018. — № 3 (59). — С. 69—77.
2. Экономическая безопасность российской Арктики: особенности и проблемы обеспечения / Под науч. ред. В. С. Селина, Т. П. Скуфьиной, Е. П. Башмаковой, М. В. Ульченко. — Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2018. — 103 с.
3. Нефедова Л. В., Соловьев А. А. Новые вызовы и риски на пути развития распределенной энергогенерации в арктическом регионе России // Энергет. политика. — 2018. — № 4. — С. 99—108.
4. Моргунова М. О., Соловьев Д. А. Новые возможности автономного энергоснабжения в Арктике // Энергия: экономика, техника, экология. — 2016. — № 9. — С. 2—11.
5. Ефремов Э. И. Инновационные аспекты развития электроэнергетической системы Арктической зоны Якутии // Экон. анализ: теория и практика. — 2015. — № 34 (433). — С. 2—11.
6. Смоленцев Д. О. Развитие энергетики Арктики: проблемы и возможности малой генерации // Арктика: экология и экономика. — 2012. — № 3 (7). — С. 22—29.
7. Renewable Energy for the Arctic: New Perspectives / G. M. Arruda (ed.). — London: Routledge, 2019. — 218 p. — URL: <https://doi.org/10.4324/9781351173322>.
8. Das I., Cañizares C. A. Renewable Energy Integration in Diesel-Based Microgrids at the Canadian Arctic // Proceedings of the IEEE. — 2019. — Vol. 107, no. 9. — P. 1838—1856.
9. Canada Energy Regulator. — URL: <https://www.cer-rec.gc.ca/nrg/ntgrtd/mrkt/nrgsstmprfls/index-eng.html>.
10. Holdmann G. P., Wies R. W., Vandermeer J. B. Renewable Energy Integration in Alaska's Remote Islanded Microgrids: Economic Drivers, Technical Strategies, Technological Niche Development, and Policy Implications // Proceedings of the IEEE. — 2019. — Vol. 107, № 9. — P. 1820—1837. — DOI: 10.1109/jproc.2019.2932755.
11. Елистратов В. В. Проектирование и внедрение гибридных ветроэлектрических комплексов для автономного энергоснабжения в Арктике // Регион. энергетика и энергосбережение. — 2018. — № 1. — С. 55.
12. Иванова И. Ю., Тугузова Т. Ф., Халгаева Н. А. Возможные масштабы использования ветропотенциала для энергоснабжения в восточной арктической зоне России // Вестн. Иркут. гос. техн. ун-та. — 2018. — Т. 22, № 8 (139). — С. 114—122.
13. Попель О. С., Киселева С. В., Моргунова М. О. и др. Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения потребителей в Арктической зоне Российской Федерации // Арктика: экология и экономика. — 2015. — № 1 (21). — С. 64—69.
14. Моргунова М. О., Соловьев Д. А. Энергоснабжение российской Арктики: углеводороды или ВИЭ? // Энергет. политика. — 2016. — № 5. — С. 44—51.
15. Бердин В. Х., Кокорин А. О., Юлкин Г. М., Юлкин М. А. Возобновляемые источники энергии в изолированных населенных пунктах Российской Арктики. — М.: Всемир. фонд дикой природы (WWF). — 2017. — 80 с.
16. Геоинформационная система «Возобновляемые источники энергии». — URL: <http://gisre.ru>.
17. Санеев Б. Г., Иванова И. Ю., Тугузова Т. Ф. Проблемы энергетики восточной зоны российской Арктики и возможные пути решения // Энергет. политика. — 2018. — № 4. — С. 80—88.
18. Восточный вектор энергетической стратегии России: современное состояние, взгляд в будущее / Под ред. Н. И. Воропая, Б. Г. Санеева; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т систем энергетики им. Л. А. Мелентьева. — Новосибирск: Академ. изд-во «Гео», 2011. — 368 с.

Информация об авторах

Шакиров Владислав Альбертович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, лаборатория энергоснабжения децентрализованных потребителей, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 130), e-mail: shakirov@isem.irk.ru.

Тугузова Татьяна Федоровна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, лаборатория энергоснабжения децентрализованных потребителей, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 130), Академия наук Республики Саха (Якутии) (677007, Якутск, просп. Ленина, д. 33), e-mail: sever@isem.irk.ru.

Музычук Роман Игоревич, ведущий инженер, лаборатория ТЭК Сибири и Дальнего Востока, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 130), Академия наук Республики Саха (Якутии) (677007, Якутск, просп. Ленина, д. 33), e-mail: rmuz@isem.irk.ru.

Библиографическое описание данной статьи

Шаниров В. А., Тугузова Т. Ф., Муzychuk Р. И. Проблемы электроснабжения в коммунально-бытовом секторе Арктической зоны Республики Саха (Якутия) // Арктика: экология и экономика. — 2020. — № 4 (40). — С. 106—116. — DOI: 10.25283/2223-4594-2020-4-106-116.

PROBLEMS OF POWER SUPPLY IN THE PUBLIC UTILITY SECTOR OF THE ARCTIC ZONE OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

Shakirov V. A.

Melentiev Energy Systems Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Irkutsk, Russian Federation)

Tuguzova T. F., Muzychuk R. I.

Melentiev Energy Systems Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Irkutsk, Russian Federation),
Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia) (Yakutsk, Russian Federation)

The article was received on July 24, 2020

Abstract

The article assesses the current state and problems of the power supply system, highlights the most pressing problems in the public utilities sector in the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia). On the basis of statistical processing of information by subdivisions of JSC Sakhaenergo, the authors present an analysis of the structure of generating capacities and the dynamics of the installed capacity of power plants, including those based on renewable energy sources. Diesel power plants account for the largest share of the installed capacity, with renewable energy sources accounting for less than 1.4%. The main problem in power generation is equipment wear. In total, in the Arctic uluses of the republic in the communal and household sector, the standard resource for operating time since the start of operation exceeded more than 30% of the total number and 20% of the total installed capacity of diesel units, of which 60% are operating after major repairs. The authors outline main problems of fuel supply for the considered Arctic uluses: harsh climatic conditions, difficult transport accessibility, unstable hydrological situation, insufficient amount of dredging work, and a shortage of special road equipment. The assessment of the wear of power transmission lines and transformer substations is carried out. Of the total length of overhead power lines, 18.5% exceed the service life limit. For cable lines, this figure is 50.6%. In five uluses, more than half of the installed capacity of transformers exceeds the standard resource. Assessment of the electricity losses level shows that, on average, they amount to 15% for district power grids. In a number of Arctic uluses, there are high energy losses in power grids as well as their constant growth. When replacing and reconstructing outdated infrastructure, it is advisable to implement measures aimed at reducing losses and increasing the capacity of lines.

Keywords. *Arctic, diesel power plants, installed capacity, power lines, transformer substations, equipment wear.*

The study was carried out according to the project of the state assignment XI.174.2.3 (reg. no. AAAA-A17-117030310439-8) of the Fundamental Research Program of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences based on the materials of the preparation of the Scheme and Program for the electric power industry development in the Republic of Sakha (Yakutia) for 2020—2024.

References

1. Gasnikova A. A. Sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya energosnabzheniya arkticheskikh raionov Rossii. [State, Problems and Prospects of the Energy Supply Development in the Arctic Regions of Russia]. Sever i rynek: formirovanie ekon. poryadka, 2018, no. 3 (59), pp. 69—77. (In Russian).
2. Ekonomicheskaya bezopasnost' rossiiskoi Arktiki: osobennosti i problemy obespecheniya. [Economic Security of the Russian Arctic: Features and Problems of Ensuring]. Pod nauch. red. V. S. Selina, T. P. Skuf'inoi, E. P. Bashmakovoi, M. V. Ul'chenko. Apatity, Izd-vo KNTs RAN, 2018, 103 p. (In Russian).
3. Nefedova L. V., Solov'ev A. A. Novye vyzovy i riski na puti razvitiya raspredelennoi energogeneratsii v arkticheskom regione Rossii. [New Challenges and Risks for the Development of Distributed Energy Generation in the Arctic Region of Russia]. Energet. politika, 2018, no. 4, pp. 99—108. (In Russian).
4. Morgunova M. O., Solov'ev D. A. Novye vozmozhnosti avtonomnogo energosnabzheniya v Arktike. [New Opportunities for Autonomous Energy Supply in the Arctic]. Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya, 2016, no. 9, pp. 2—11. (In Russian).
5. Efremov E. I. Innovatsionnye aspekty razvitiya elektroenergeticheskoi sistemy arkticheskoi zony Yakutii.

[Innovative Aspects of the Electric-Power System's Development of the Arctic Zone of Yakutia]. *Ekon. analiz: teoriya i praktika*, 2015, no. 34 (433), pp. 2—11. (In Russian).

6. *Smolentsev D. O.* Razvitie energetiki Arktiki: problemy i vozmozhnosti maloi generatsii. [Arctic Energy Development: Challenges and Opportunities for Small-scale Generation]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2012, no. 3 (7), pp. 22—29. (In Russian).

7. *Renewable Energy for the Arctic: New Perspectives / G. M. Arruda (ed.)*. London, Routledge, 2019, 218 p. Available at: <https://doi.org/10.4324/9781351173322>.

8. *Das I., Cañizares C. A.* Renewable Energy Integration in Diesel-Based Microgrids at the Canadian Arctic. *Proceedings of the IEEE*, 2019, vol. 107, no. 9, pp. 1838—1856.

9. Canada Energy Regulator. Available at: <https://www.cer-rec.gc.ca/nrg/ntgrtd/mrkt/nrgsstmprfls/index-eng.html>.

10. *Holdmann G. P., Wies R. W., Vandermeer J. B.* Renewable Energy Integration in Alaska's Remote Islanded Microgrids: Economic Drivers, Technical Strategies, Technological Niche Development, and Policy Implications. *Proceedings of the IEEE*, 2019, vol. 107, no. 9, pp. 1820—1837. DOI: 10.1109/jproc.2019.2932755.

11. *Elistratov V. V.* Proektirovanie i vnedrenie gibridnykh vetroelektricheskikh kompleksov dlya avtonomnogo energosnabzheniya v Arktike. [Design and Implementation of Hybrid Wind Energy Complexes for Autonomous Energy Supply in the Arctic]. *Region. energetika i energoberezhenie*, 2018, no. 1, p. 55. (In Russian).

12. *Ivanova I. Yu., Tuguzova T. F., Khalgaeva N. A.* Vozmozhnye masshtaby ispol'zovaniya vetropotentsiala dlya energosnabzheniya v vostochnoi arkticheskoi zone Rossii. [Possible Use of Wind Potential for Energy Supply in the Eastern Arctic Zone of Russia]. *Vestn. Ir-*

kut. gos. tekhn. un-ta, 2018, vol. 22, no. 8 (139), pp. 114—122. (In Russian).

13. *Popel' O. S., Kiseleva S. V., Morgunova M. O., Gabderakhmanova T. S., Tarasenko A. B.* Ispol'zovanie vozobnovlyaemykh istochnikov energii dlya energosnabzheniya potrebiteli v Arkticheskoi zone Rossiiskoi Federatsii. [Renewable Energy for Power Supply in the Arctic Zone of the Russian Federation]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2015, no. 1 (21), pp. 64—69. (In Russian).

14. *Morgunova M. O., Solov'ev D. A.* Energosnabzhenie rossiiskoi Arktiki: uglevodorody ili VIE? [Energy Supply in Russian Arctic: Hydrocarbons or Renewables?]. *Energet. politika*, 2016, no. 5, pp. 44—51. (In Russian).

15. *Berdin V. Kh., Kokorin A. O., Yulkin G. M., Yulkin M. A.* Vozobnovlyaemye istochniki energii v izolirovannykh naselennykh punktakh Rossiiskoi Arktiki. [Renewable Energy Sources in Isolated Communities of the Russian Arctic]. Moscow, Vsemir. fond dikoi prirody (WWF), 2017, 80 p. (In Russian).

16. Geoinformatsionnaya sistema "Vozobnovlyaemye istochniki energii". Available at: <http://gisre.ru>. (In Russian).

17. *Saneev B. G., Ivanova I. Yu., Tuguzova T. F.* Problemy energetiki vostochnoi zony rossiiskoi Arktiki i vozmozhnye puti resheniya. [Energy Problems in the Eastern Zone of Russian Arctic and Possible Solutions]. *Energet. politika*, 2018, no. 4, pp. 80—88. (In Russian).

18. Vostochnyi vektor energeticheskoi strategii Rossii: sovremennoe sostoyanie, vzglyad v budushchee. [The Eastern Vector of Russia's Energy Strategy: State of the Art and Prospects]. Pod red. N. I. Voropaya, B. G. Saneeva; Ros. akad. nauk, Sib. otd-nie, In-t sistem energetiki im. L. A. Melent'eva. Novosibirsk, Akadem. izd-vo "Geo", 2011, 368 p. (In Russian).

Information about the authors

Shakirov Vladislav Albertovich, PhD of Engineering Science, Senior Researcher, Laboratory of Energy Supply to Off-grid Consumers, Melentiev Energy Systems Institute of the Siberian Branch of the RAS, (130, Lermontov str., Irkutsk, Russia, 664033), e-mail: shakirov@isem.irk.ru.

Tuguzova Tatiana Fedorovna, PhD of Engineering Science, Senior Researcher, Laboratory of Energy Supply to Off-grid Consumers, Melentiev Energy Systems Institute of the Siberian Branch of the RAS, (130, Lermontov str., Irkutsk, Russia, 664033), Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia) (33, Lenin Avenue, Yakutsk, Russia, 677007), e-mail: sever@isem.irk.ru.

Muzychuk Roman Igorevich, Leading Engineer, Laboratory of Energy Sector in Siberia and Far East, Melentiev Energy Systems Institute of the Siberian of the RAS (130, Lermontov str., Irkutsk, Russia, 664033), Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia) (33, Lenin Avenue, Yakutsk, Russia, 677007), e-mail: rmuz@isem.irk.ru.

Bibliographic description

Shakirov V. A., Tuguzova T. F., Muzychuk R. I. Problems of power supply in the public utility sector of the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia). *Arctic: Ecology and Economy*, 2020, no. 4 (40), pp. 106—116. DOI: 10.25283/2223-4594-2020-4-106-116. (In Russian).

© Shakirov V. A., Tuguzova T. F., Muzychuk R. I., 2020