

УДК 620.98 (985+571)

Б.Г. Санеев, И.Ю. Иванова, Т.Ф. Тугузова¹

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ ВОСТОЧНОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ

Аннотация. В статье дана характеристика электроэнергетики в арктических районах Красноярского края, Республики Саха (Якутии), Чукотского автономного округа (АО). Представлен сравнительный анализ структур мощности электростанций и выявлены основные проблемы энергоснабжения потребителей. Показаны обобщенные результаты исследований по основным направлениям диверсификации производства энергии. Приведен перечень необходимого отечественного энергетического оборудования в арктическом исполнении для повышения эффективности автономного энергоснабжения.

Ключевые слова: изолированные энергоузлы, автономные энергоисточники, когенерация, атомные станции малой мощности, ветроэлектростанции, фотоэлектрические станции.

B.G. Saneev, I.Yu. Ivanova, T.F. Tuguzova²

ENERGY PROBLEMS IN THE EASTERN ZONE OF RUSSIAN ARCTIC AND POSSIBLE SOLUTIONS

Abstract. The article characterizes the electric power industry in the Arctic regions of Krasnoyarsk Krai, the Sakha Republic (Yakutiya), and Chukotka Autonomous Okrug (AO). It provides a comparative study of power system structures and identifies main problems of power supply to consumers. A summary of results obtained when studying the key areas of power generation diversification are presented. The paper also lists domestic power generation equipment designed for arctic environments that is necessary to improve the efficiency of stand-alone power generation.

Keywords: isolated generation systems, self-generated power supplies, cogeneration, small nuclear power plants, wind power plants, photovoltaic power plants.

Введение

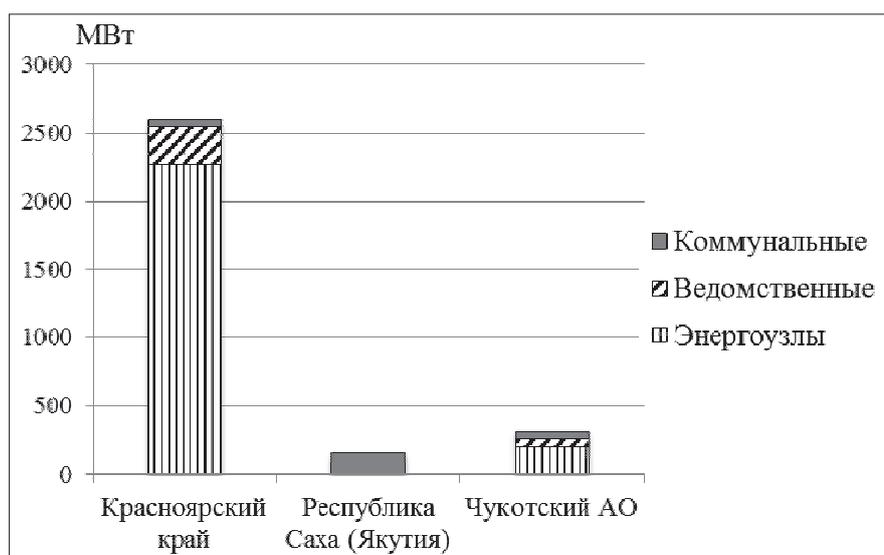
Регионы восточной зоны российской Арктики значительно различаются между собой по уровню освоения и, следовательно, по степени централизации электроснабжения. Централизованное электроснабжение на этой территории представлено лишь несколькими изолированными функционирующими энергоузлами: Норильским на севере Красноярского края, Чаун-Билибинским, Анадырским и Эгвекинотским в Чукотском АО. Арктические и северные районы Республики Саха (Якутии) полностью расположены в зоне децентрализованного электроснабжения.

Если в Таймырском и Туруханском районах Красноярского края в структуре мощностей почти 88% приходится на электростанции Норильского энергоузла, в Чукотском АО – 64% на электростанции Чаун-Билибинского, Анадырского и Эгвекинотского энергоузлов, то на территории 13-ти районов Республики Саха (Якутии) все электростанции относятся к категории автономных (рис. 1).

По величине суммарной мощности электростанций в восточном арктическом секторе явно выделяется Таймырский и Туруханский районы Красноярского края – 2597 МВт, из которых на пять электростанций АО «Норильско-Таймырская энергетическая компания» приходится

¹ Борис Григорьевич Санеев – заместитель директора, д.т.н., профессор, *e-mail:* saneev@isem.irk.ru;
Ирина Юрьевна Иванова – зав. лабораторией, к.э.н., *e-mail:* nord@isem.irk.ru;
Татьяна Федоровна Тугузова – старший научный сотрудник, к.т.н., *e-mail:* tuguzova@isem.irk.ru;
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН.

² Boris G. Saneev – Deputy Director, Doctor of Engineering, Full Professor, *e-mail:* saneev@isem.irk.ru;
Irina Yu. Ivanova – Head of Laboratory, PhD in Economics, *e-mail:* nord@isem.irk.ru;
Tatyana F. Tuguzova – Senior Researcher, PhD in Engineering, *e-mail:* tuguzova@isem.irk.ru;
Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.



Примечание: составлено по форме Росстата «Сведения о производстве тепловой и электрической энергии объектами генерации (электростанциями)» за 2015 год.

Рис. 1. Структура мощности электростанций восточной зоны Российской Арктики

2276 МВт. В структуре мощности функционирующих автономно ведомственных электростанций основную часть занимают газотурбинные установки ООО «РН-Ванкор» (252 МВт), муниципальных – ОАО «Туруханскэнерго» (28 МВт).

На территории Чукотского АО суммарная мощность пяти электростанций ПАО «Чукотэнерго» и филиала АО Концерн «Росэнергоатом» в составе трех энергоузлов составляет 201 МВт. Среди автономных ведомственных электростанций основная доля мощности приходится на АО «Чукотская горно-геологическая компания» (29 МВт), муниципальных – ЧАО «Чукоткоммунхоз» (33 МВт).

Суммарная мощность автономных муниципальных электростанций на территории восточной зоны Арктики за последние пять лет остается практически неизменной и составляет 253-267 МВт. Более половины мощности этих электростанций функционирует на территории Республики Саха (Якутии) (156 МВт) и находится в ведении АО «Сахаэнерго».

Основные проблемы

Анализ форм собственности и структуры управления в системах генерации электроэнергии в восточной зоне Арктики позволил сделать следующие выводы:

- в системах энергоснабжения преобладают предприятия с государственным участием, организованные преимущественно в форме акционерных обществ;
- местными энергокомпаниями, осуществляющими производство, распределение, передачу и сбыт электроэнергии в централизованных энергоузлах, являются АО «Норильско-Таймырская энергетическая компания», а также ПАО «Чукотэнерго» (дочернее зависимое общество ПАО «Магаданэнерго»), АО «Сахаэнерго» (дочернее предприятие ПАО «Якутскэнерго»);
- предприятия электрических сетей входят в состав местных энергокомпаний, являясь их филиалами;
- в зоне действия локальных энергоузлов, наряду с электростанциями местных энергокомпаний, эксплуатируются электростанции различного ведомственного подчинения;
- в зоне децентрализованного электроснабжения функционируют энергоисточники, принадлежащие дочерним обществам местных энергокомпаний, муниципальным унитарным предприятиям жилищно-коммунального хозяйства, а также различным компаниям и организациям,

осуществляющим хозяйственную деятельность на этих территориях.

Технологическая изолированность большей части энергоисточников в восточной зоне Арктики обуславливает отсутствие конкурентного рынка электроэнергии и возникновение проблем надежности электроснабжения и энергетической безопасности потребителей. Чаще всего действует следующая схема – населенный пункт, или их группа, обеспечивается электроэнергией от единственного энергоисточника.

Наиболее остро проблемы надежности и энергоэффективности проявляются в зоне децентрализованного электроснабжения. Обеспечение электроэнергией потребителей от автономных муниципальных электростанций арктических территорий является высоко затратным. Причиной тому, с одной стороны, является неудовлетворительное состояние оборудования, с другой – сложные логистические схемы, обусловленные неразвитостью транспортной инфраструктуры. Сезонное функционирование транспортных магистралей, протяженные расстояния и изолированность от освоенных районов в связи с отсутствием дорог круглогодичного действия являются основной проблемой топливоснабжения восточной зоны Арктики. Так, в Таймырском районе Красноярского края из 2246 км автодорог 2228 км дорог сезонного действия. Преобладают грунтовые дороги и автозимники.

Основные транспортные маршруты восточных территорий Арктики – это Северный морской путь на участках от устья рек Енисей и Лена до устьев арктических рек Хатанга, Котуй, Пясины, Анабар, Оленек, Яна, Индигирка, Колыма, Анадырь, судоходная часть указанных рек, а также многочисленные автозимники, которые соединяют удаленные населенные пункты с местами накопления и хранения топлива и грузов. Для наиболее удаленных потребителей северных и арктических районов дизельное топливо доставляется по сложной транспортной схеме «река – море – река – автозимник» с тремя перегрузками и не за один сезон. Расстояния доставки дизельного топлива достигают 4-7 тыс. км. По той же транспортной схеме возится уголь, сырая нефть и газоконденсат

для котельных арктических районов. Сложная схема транспортировки угля приводит к значительным количественным потерям и снижению качественных характеристик [1, 2].

Учитывая ограниченные сроки морской и речной навигации, такая логистическая схема представляет собой одну из основных угроз с точки зрения энергетической безопасности потребителей арктических территорий, и чем больше звеньев в транспортировке, более протяженные расстояния, тем больше рисков и тем менее надежно обеспечение потребителей топливом. Проблема топливоснабжения приобретает особую остроту и актуальность в связи с постоянной тенденцией к удорожанию топлива и затрат на его транспортировку до потребителей в условиях Арктики.

Значительное удорожание топлива из-за сложности логистики приводит к высокой себестоимости производства электроэнергии – до 50-60 руб./кВт·ч. Вследствие необходимости ограничения роста тарифов для населения не выше установленных нормативов, из федеральных и местных бюджетов либо за счет перекрестного субсидирования выделяются значительные дотации на выравнивание тарифов и содержание энергоисточников (например, в Республике Саха (Якутии) более 7 млрд руб.).

В Государственной программе «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации» на арктических территориях восточных регионов сформировано три опорные зоны: Таймыро-Туруханская, Северо-Якутская и Чукотская [3]. Развитие этих зон предполагает реализацию крупных проектов освоения минерально-сырьевых ресурсов и, как следствие, – появление новых производственных потребителей в труднодоступных районах. Компании-недропользователи перспективных месторождений, при отсутствии возможности подключения к централизованному электроснабжению, ориентируются чаще всего на традиционные схемы энергоснабжения, подразумевающие дизельную электростанцию и котельную. В то же время заслуживают внимания и дальнейшего более пристального изучения и другие альтернативные варианты автономного энергоснабжения.

Пути повышения эффективности систем энергоснабжения

Централизованное электроснабжение. На территории восточной Арктики предпосылки к расширению зоны централизованного электроснабжения в перспективе имеются лишь на территории Таймыро-Туруханской и Чукотской опорных зон. На севере Красноярского края возможно расширение Норильского энергоузла при разработке месторождений редкоземельных металлов Черногорское и Норильск-1, а также формирование нового энергоузла для освоения Ванкорской группы месторождений углеводородов.

Развитие электросетевой инфраструктуры в Чаун-Билибинском энергоузле Чукотского АО обусловлено прогнозируемым ростом нагрузок при реализации новых проектов освоения минерально-сырьевых ресурсов. По результатам выполненных исследований из всех перспективных потребителей в зоне действия энергоузла экономически оправдано подключение к централизованному электроснабжению предприятий при освоении месторождений: Эльвенийское, Пыркайское, Кекура.

Ограничительными факторами при этом являются предстоящие изменения в структуре генерирующих мощностей Чаун-Билибинского энергоузла в связи с планируемым выводом, начиная с 2019 г. поблочно, из эксплуатации Билибинской АТЭЦ, а впоследствии и отработавшей ресурс Чаунской ТЭЦ и размещением в г. Певек плавучей атомной электростанции (ПАТЭС) «Академик Ломоносов». Однако по результатам разработки прогнозных балансов энергоузла ввод в эксплуатацию ПАТЭС в г. Певек позволит только заместить выбывающие генерирующие мощности, но не обеспечит потребность в электроэнергии новых предприятий [4].

Рациональный вариант электроснабжения Баимского ГОКа с нагрузкой 205 МВт на месторождении Песчанка, освоение которого является одним из ключевых проектов ускоренного промышленного развития Чукоткой опорной зоны (Копин, 2016), зависит от многих факторов. Наиболее приемлемым является вариант строительства атомной станции в г. Билибино с целью замещения выбывающих мощностей энергоузла,

учитывая наличие энергетической инфраструктуры и кадрового потенциала. Основным барьером для этого варианта выступает отсутствие готового атомного энергоблока необходимой мощности в наземном исполнении.

В качестве альтернативы атомной станции в г. Билибино можно рассматривать организацию угольной генерации в составе Чаун-Билибинского энергоузла на основе месторождения Долгожданное либо внешнее электроснабжение от магаданской энергосистемы. Каждый из этих вариантов имеет свои ограничения, обусловленные добычными и экономическими возможностями угольного месторождения, а также наличием свободной мощности в магаданской энергосистеме. В настоящее время ведется проектирование энергоцентра на зырянском угле в г. Билибино и двухцепной ВЛ 220 кВ из Магаданской области по маршруту Омсукчан – Песчанка – Кекура – Билибино.

Объединение Анадырского и Эгвекинотского энергоузлов Чукотского АО целесообразно при обосновании увеличения в рассматриваемой перспективе электрических нагрузок в зоне их действия.

Использование местных видов топлива. Электроснабжение существующих и перспективных потребителей на территории Республики Саха (Якутии) и в дальнейшем возможно обеспечивать только от автономных энергоисточников. При этом основным является вопрос рационального перехода на местные виды топлива на основе когенерационных установок с целью снижения транспортной составляющей в структуре топливных затрат.

В настоящее время в восточной зоне Арктики добывается около 500 тыс. т угля³ (см. таблицу). В последние годы прекращена добыча на шахте Котуй (Каякское месторождение, Таймырский район Красноярского края) в связи с отработкой запасов и на шахте Нагорная (месторождение «Бухта Угольная» Беринговского бассейна, Чукотский АО) из-за невозможности предприятия реализовать объем продукции, обеспечивающий безубыточный уровень функционирования.

Перспективы развития угольной промышленности в восточной зоне российской Аркти-

³ Данные ГП «Центральное диспетчерское управление ТЭК». URL: <http://cdu.ru>.

СИНЕРГИЯ АРКТИКИ

Прогноз добычи угля в восточной зоне Арктики, млн т/год

Субъект РФ, месторождение	Год		
	2015	2020	2030
Республика Саха (Якутия)			
Зырянское	0,12	0,3	0,6
Чукотский АО, всего	0,23	1,7	12,45
в том числе: Анадырское	0,23	0,3	0,45
Беринговский угольный бассейн	–	1,4	12
Красноярский край, всего		5,15	30,15
в том числе: Сырадайская угленосная площадь	–	5	30
Кайерканское	0,15	0,15	0,15
Итого:	0,5	7,15	43,2

ки связаны, прежде всего, с освоением участка «река Малая Лемберова» Сырадайской угленосной площади Таймырского угольного бассейна [3]. Объемы добычи коксующегося угля на этом участке к 2030 г. планируется довести до 30 млн т/год.

В Чукотском АО при разработке Амаамской и Верхне-Алькатваамской площадей Беринговского угольного бассейна, освоение которых осуществляется в рамках развития территории опережающего развития «Беринговская», предусматривается довести объемы добычи угля для экспортных поставок в страны АТР к 2030 г. до 12 млн т/год [5, 6]. В связи с чем представляется целесообразным строительство мини-ТЭЦ на угле вблизи месторождений: в п. Диксон Таймырского района Красноярского края и п. Беринговский Анадырского района Чукотского АО.

Кроме того, в Чукотском автономном округе в качестве перспективного рассматривается месторождение каменного угля Долгожданное (Чаунский район), где в 2014 г. проведены геологоразведочные работы для утверждения запасов и прогнозных ресурсов. В целом угли месторождения оцениваются как высококачественное энергетическое топливо. Разработку месторождения для собственных нужд планирует ООО «ЗК «Майское».

При реализации проектов угольной генерации в близлежащих районах предполагается рост добычи на Зырянском разрезе в Республике Саха (Якутия). Для энергоснабжения насе-

ленных пунктов, расположенных на р. Колыме в Верхнеколымском, Среднеколымском, Нижнеколымском районах Республики Саха (Якутии), целесообразно строительство мини-ТЭЦ на зырянском угле, в том числе завершение строительства мини-ТЭЦ в п. Зырянка. Кроме того, при строительстве автодороги «Арктика» возможно перейти на подобный вариант энергоснабжения в Момском районе с использованием джебарики-хайского или аркагалинского угля. Себестоимость производства электроэнергии при использовании местных видов угля, по предварительным расчетам авторов, сокращается практически в два раза по сравнению с дизельными электростанциями [7].

В качестве альтернативных вариантов топливоснабжения потребителей арктических районов республики необходимо обратить внимание на обоснованность вовлечения в разработку мелких месторождений угля, таких как Таймыльское (Булунский район), Краснореченское (Абыйский район), Буолкалаахское (Анабарский район) [8].

Для более широкого использования местных видов топлива в децентрализованной зоне восточной Арктики необходимо предусмотреть сооружение малотоннажных установок по производству нефтепродуктов и сжиженного природного газа (СПГ) в местах добычи углеводородов (в Ленском районе Якутии и Анадырском районе Чукотского АО). По оценкам авторов, себестоимость производства СПГ на

малотоннажных установках в западных районах Республики Саха (Якутии) оценивается в 15-16 тыс. руб./т, стоимость на месте потребления зависит от сложности логистики.

Исследование эффективности использования СПГ для энергоснабжения потребителей в децентрализованной зоне северных и арктических районов Дальнего Востока становится актуальным в связи с намерением компании «НОВАТЭК» построить в глубоководной бухте Моховая близ г. Петропавловска-Камчатского терминал по перегрузке сжиженного газа, который компания планирует доставлять по Северному морскому пути из Ямало-Ненецкого АО в порты стран Азиатско-Тихоокеанского региона. Терминал будет способен обслуживать перевалку и хранение до 20 млн т сжиженного газа в год. Строительство терминала предполагается одновременно с реализацией проекта «Арктик СПГ-2», чтобы обеспечить оптимизацию транспортных расходов за счет уменьшения количества дорогостоящих танкеров ледового класса.

Строительство атомных станций малой мощности. При организации отечественного производства энергоблоков для атомных станций малой мощности (АСММ) целесообразно на территории Республики Саха (Якутия) ориентироваться на их использование для электроснабжения перспективных предприятий по освоению месторождений Томтор (Анабарский район), Верхняя Муна (Оленекский район), Ручей Тирехтях, и Кючус (Усть-Янский район). Кроме того, такой вариант энергоснабжения может быть рекомендован в п. Тикси (Булунский район) при росте нагрузок, связанном с расширением морского порта для обеспечения функционирования и развития Севморпути [7].

Кроме того, на территории восточной зоны Арктики в качестве альтернативы традиционной дизельной генерации могут быть сформированы энергоузлы на основе АСММ из существующих потребителей с суммарной нагрузкой 3-6 МВт в Верхоянском, Усть-Янском, Булунском, Нижнеколымском районах Республики Саха (Якутия), а также в Чукотском и Провиденском районах Чукотского АО.

Граничные значения себестоимости производства электроэнергии атомными станциями малой мощности в качестве автономного энер-

гоисточника для достижения их конкурентоспособности по сравнению с дизельными электростанциями, по оценкам авторов, находятся в диапазоне 18-22 руб./кВт·ч в зависимости от цены дизельного топлива [9].

Сооружение возобновляемых источников энергии. Приоритетными проектами возобновляемой энергетики в восточной зоне Арктики является сооружение ветроэлектростанций. Высокие значения показателей ветропотенциала и сложившиеся условия энергоснабжения создают предпосылки целесообразного использования ветродизельных комплексов для электроснабжения коммунально-бытовых потребителей децентрализованной зоны, расположенных на побережье северных морей [10, 11].

Кроме того, экономически оправданным является сооружение фотоэлектрических станций для сезонного электроснабжения труднодоступных потребителей в Жиганском, Верхоянском, Момском, Эвено-Бытантайском, Среднеколымском районах Республики Саха (Якутии) и Туруханском районе Красноярского края.

В настоящее время в Республике Саха (Якутии) функционирует 19 автономных солнечных электростанций суммарной мощностью 1614 кВт, в том числе самая крупная в мире, расположенная за Полярным кругом СЭС, мощностью 1 МВт в п. Батагай [12].

Анализ функционирования солнечных электростанций в республике показал, что сроки окупаемости не зависят от широтного расположения станций и составляют в среднем около 10 лет. При этом установка дополнительного оборудования (накопителей, трекеров), позволяющего повысить выработку электроэнергии, существенно увеличивает капиталоемкость проекта, что сказывается на сроках окупаемости. Однако небольшой период наблюдений не дает возможности однозначно утверждать насколько удорожание компенсируется увеличением выработки электроэнергии в последующие годы.

Расчетные сроки окупаемости СЭС определялись по фактическим показателям выработки электроэнергии и цены дизельного топлива последнего за рассматриваемый период года эксплуатации (2016 г.).

Приведенные фактические показатели и их анализ позволяют сделать вывод о положитель-

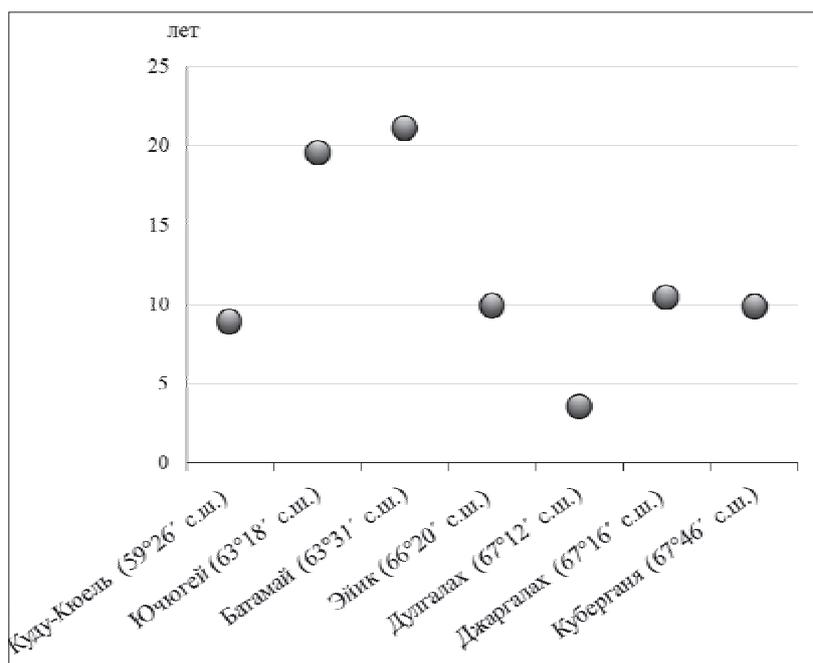


Рис. 2. Расчетные сроки окупаемости солнечных электростанций Республики Саха (Якутия)

ном опыте эксплуатации солнечных электростанций для децентрализованных потребителей в республике даже в самых высоких широтах и наличии предпосылок к дальнейшему расширению использования гелиопотенциала в целях энергетики. Высокие сроки окупаемости для СЭС в послеках Батамай и Ючюгей связаны с последовательным их расширением и установкой дополнительного оборудования (рис. 2).

Проведенный анализ показал, что широтное расположение солнечных электростанций не оказывает влияния на сроки окупаемости их сооружения и эксплуатации. Вместе с тем прослеживается зависимость этого показателя от цены дизельного топлива. Так, в Куду-Кюэль величина удельных капиталовложений одна из самых низких для рассматриваемых СЭС, при этом станция расположена южнее прочих, то есть значения солнечной радиации одно из лучших, но цена дизельного топлива также самая низкая, что обусловило сопоставимый срок окупаемости с арктическими станциями.

На основе многофакторного анализа сформирован перечень перспективных мест размещения ветро- и фотоэлектрических станций в дополнение к муниципальным ДЭС с целью вытеснения дальнепривозного топлива. Рациональные масштабы применения ветроэлектри-

ческих станций в децентрализованной зоне восточной Арктики на период до 2035 г. оцениваются в 20-30 МВт, фотоэлектрических станций – в 5-10 МВт.

Заключение

По результатам проведенных исследований необходимые мощности перспективных энергетических технологий для децентрализованной зоны восточной Арктики на перспективу до 2035 г. оцениваются для когенерационных установок на местных углях в 45-57 МВт; атомных станций малой мощности – 66-108 МВт; возобновляемых энергоисточников – 25-40 МВт.

Сформированный перечень инновационного оборудования в некоторых отраслях энергетики, необходимого для развития систем энергоснабжения восточной зоны Российской Арктики, включает:

- модульные нефтеперерабатывающие заводы мощностью 0,5-1 млн т;
- когенерационные установки на угле и газе мощностью 3-6 МВт;
- емкости малого объема для хранения и установки по регазификации СПГ;

- энергоблоки для атомных станций единичной мощностью 6-12 и 50-100 МВт;
- ветроустановки единичной мощностью 50-100 кВт, не требующие спецтехники для монтажа;

- фотоэлектрические модули.

Предложенный перечень можно рассматривать в качестве требований к отечественному энергомашиностроению по производству оборудования в арктическом исполнении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров В.Е., Прохоров Д.В., Гаврилов В.Л. Потери энергетической ценности рядового угля при доставке до арктических потребителей Республики Саха (Якутия) // *Известия вузов. Проблемы энергетики.* – 2013. – № 5-6. – С. 13-22.
2. Ткач С.М., Гаврилов В.Л. О влиянии технологических цепочек «георесурс – потребитель» на потери угля при энергообеспечении полярных районов Якутии // *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук.* – 2016. – № 3. – Т. 1. – С. 213-218.
3. Государственная программа РФ «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации», утв. постановлением Правительства РФ от 31.08.2017 г. № 1064.1. URL: <http://government.ru/docs/29164/>
4. Ижбулдин А.К. Проблемы создания инфраструктуры для освоения Баимской рудной зоны в Чукотском автономном округе / *Природные ресурсы и комплексное освоение прибрежных районов Арктической зоны: Сб. науч. трудов Международной конференции, 29-30 сентября 2015 г. / отв. ред. В.И. Павленко.* – Архангельск, 2015. – С. 130-134.
5. Плакиткина Л.С. Анализ и перспективы развития добычи угля в период до 2035 г. в Чукотском автономном округе // *Горная промышленность.* – 2015. – №5 (129). – С. 2-5.
6. Северные ресурсы: разработка месторождений Беринговского угольного бассейна. URL: https://www.eastrussia.ru/material/severnye_resursy/
7. Энергетическая стратегия Республики Саха (Якутия) на период до 2030 года / Правительство Респ. Саха (Якутия). Якутия; Иркутск: Якутия и др. – 2010. – 328 с.
8. Батугина Н.С., Гаврилов В.Л., Шепелева Е.Г. Малые угледобывающие предприятия в заполярных районах Якутии // *ЭКО.* – 2017. – № 2. – С. 134-145.
9. Воропай Н.И., Санеев Б.Г., Иванова И.Ю., Ижбулдин А.К. Сравнительная эффективность использования атомных станций малой мощности в локальных энергосистемах на востоке России / *Атомные станции малой мощности: новое направление развития атомной энергетики. Т. 2 / под ред. А.А. Саркисова.* – М.: Академ-Принт, 2015. – С. 59-71.
10. Санеев Б.Г., Иванова И.Ю., Тугузова Т.Ф., Халгаева Н.А. Влияние природных и стоимостных факторов на выбор оптимальной мощности ветроэлектростанции в составе ветродизельного комплекса на востоке РФ // *Альтернативная энергетика и экология (ISJAEЕ).* 2016; (19-20):21-28.
11. Иванова И.Ю., Ноговицын Д.Д., Тугузова Т.Ф., Шакиров В.А., Шеина З.М., Сергеева Л.П. Факторы, влияющие на эффективность использования ветропотенциала в локальной энергетике Якутии // *Известия РАН. Энергетика.* – 2017. – № 1. – С. 84-92.
12. Санеев Б.Г., Иванова И.Ю., Тугузова Т.Ф. Развитие возобновляемой энергетики на востоке России в первой половине XXI века на фоне общероссийских тенденций // *Энергетическая политика.* – 2016. – № 3. – С. 66-73.

REFERENCES

1. Zakharov V.E., Prokhorov D.V., Gavrilov V.L. *Poteri energeticheskoy tsennosti ryadovogo uglya pri dostavke do arkticheskikh potrebiteley Respubliki Sakha (Yakutii) // Izvestiya vuzov. Problemy energetiki. – 2013. – № 5-6. – S. 13-22.*
2. Tkach S.M., Gavrilov V.L. *O vliyaniy tekhnologicheskikh tsepochek «georesurs – potrebitel'» na poteri uglya pri energoobespechenii polyarnykh rayonov Yakutii // Fundamental'nyye i prikladnyye voprosy gornykh nauk. – 2016. – № 3. – T. 1. – S. 213-218.*
3. *Gosudarstvennaya programma RF «Sotsial'no-ekonomicheskoye razvitiye Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii», utv. postanovleniyem Pravitel'stva RF ot 31.08.2017 g. № 1064.1. URL: <http://government.ru/docs/29164/>*
4. Izhbuldin A.K. *Problemy sozdaniya infrastruktury dlya osvoyeniya Baimskoy rudnoy zony v Chukotskom avtonomnom okruge / Prirodnyye resursy i kompleksnoye osvoyeniye pribrezhnykh rayonov Arkticheskoy zony: Sb. nauch. trudov Mezhdunarodnoy konferentsii, 29-30 sentyabrya 2015 g. / otv. red. V.I. Pavlenko. – Arkhangel'sk, 2015. – S. 130-134.*
5. Plakitkina L.S. *Analiz i perspektivy razvitiya dobychi uglya v period do 2035 g. v Chukotskom avtonomnom okruge // Gornaya promyshlennost'. – 2015. – №5 (129). – S. 2-5.*
6. *Severnyye resursy: razrabotka mestorozhdeniy Beringovskogo ugol'nogo basseyna. URL: https://www.eastrussia.ru/material/severnye_resursy/*
7. *Energeticheskaya strategiya Respubliki Sakha (Yakutiya) na period do 2030 goda / Pravitel'stvo Resp. Sakha (Yakutiya). Yakutiya; Irkutsk: Yakutiya i dr. – 2010. – 328 s.*
8. Batugina N.S., Gavrilov V.L., Shepeleva E.G. *Malye ugledobvyayushchiye predpriyatiya v zapolyarnykh rayonakh Yakutii // EKO. – 2017. – № 2. – S. 134-145.*
9. Voropay N.I., Saneyev B.G., Ivanova I.Yu., Izhbuldin A.K. *Sravnitel'naya effektivnost' ispol'zovaniya atomnykh stantsiy maloy moshchnosti v lokal'nykh energosistemakh na vostokey Rossii / Atomnyye stantsii maloy moshchnosti: novoye napravleniye razvitiya atomnoy energetiki. T. 2 / pod red. A.A. Sarkisova. – M.: Akadem-Print, 2015. – S. 59-71.*
10. Saneyev B.G., Ivanova I.Yu., Tuguzova T.F., Khalgayeva N.A. *Vliyaniye prirodnykh i stoimostnykh faktorov na vybor optimal'noy moshchnosti vetroelektrostantsii v sostave vetrodizel'nogo kompleksa na vostokey RF // Al'ternativnaya energetika i ekologiya (ISJAE). 2016; (19-20):21-28.*
11. Ivanova I.Yu., Nogovitsyn D.D., Tuguzova T.F., Shakirov V.A., Sheina Z.M., Sergeyeva L.P. *Factory, vliyayushchiye na effektivnost' ispol'zovaniya vetropotentsiala v lokal'noy energetike Yakutii // Izvestiya RAN. Energetika. – 2017. – № 1. – S. 84-92.*
12. Saneyev B.G., Ivanova I.Yu., Tuguzova T.F. *Razvitiye vozobnovlyayemoy energetiki na vostokey Rossii v pervoy polovine XXI veka na fone obshcherossiyskikh tendentsiy // Energeticheskaya politika. – 2016. – № 3. – S. 66-73.*

Поступила в редакцию
10.04.2018 г.