

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА

REGIONAL ECONOMY

Возможности использования возобновляемых источников энергии для энергообеспечения Арктики

The possibility of renewable energy sources use for energy supply in the Arctic

УДК: 338.4:504

Ю. А. Назарова, Российский университет дружбы народов (Москва, Россия)

В. А. Сыровецкий, Российский государственный геологоразведочный университет (Москва, Россия)

Y. A. Nazarova, Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russia)

V. A. Syrovetskiy, Russian State University for Geological Prospecting (Moscow, Russia)

В статье рассматривается проблема энергообеспечения Арктической зоны. Авторами выделены основные проблемы в энергетической сфере российской Арктической зоны: высокая стоимость электроэнергии из-за удаленности от централизованной системы энергоснабжения, изношенности основных фондов и зависимости от привозного топлива. Несмотря на близость к нефтегазовым месторождениям, отмечается целесообразность развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ), что связано, с одной стороны, с проблемой устойчивого развития Арктической зоны и экологической безопасностью, а с другой — с необходимостью создания сбалансированной энергосистемы. Предлагается два варианта энергообеспечения территорий Арктической зоны с использованием инновационных технологий. Первый вариант предполагает использование ветро-дизельной установки с системой аккумулярования. Второй вариант — ветро-энергетическая установка с системой аккумулярования и использования энергии в виде водорода, связанного в жид-

кий органический носитель. Авторами проводится оценка экономической целесообразности двух вариантов энергообеспечения, рассчитываются тарифы для обеспечения заданной доходности инвестора, которые сравниваются с текущей стоимостью электроэнергии в отдельных населенных пунктах Арктической зоны России. Выявлено, что применение инновационных технологий обеспечения может быть экономически целесообразно, но требует проведения технико-экономического анализа предлагаемых вариантов. Оценка суммарных недисконтированных затрат может быть недостаточной для корректных выводов, что связано с длительным горизонтом планирования. Проведенные в настоящем исследовании расчеты могут служить в качестве экономического ориентира при выборе инновационных вариантов энергообеспечения Арктических зон России с целью оптимизации тарифов на электроэнергию.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ветровая энергетика, водородная энергетика, дизельная генерация, Арктическая зона России.

The article deals with the problem of energy supply of the Arctic zone. The authors identify the main problems in the energy sector of the Russian Arctic zone: the high cost of electricity due to the distance from the centralized power supply system, assets deterioration and dependence on imported fuel. Despite the proximity to oil and gas fields, the expediency of the development of renewable energy sources (RES) is noted, which is connected, on the one hand, with the problem of sustainable development of the Arctic zone and environmental safety, and on the other hand, with the need to create a balanced energy system. Two variants of energy supply of the Arctic zone with the use of innovative technologies are proposed. The first option involves the use of a wind-diesel installation with a storage system. The second option is a wind power plant with a system of accumulation and use of energy in the form of hydrogen bound into a liquid organic carrier. The authors assess the economic feasibility of the two options of energy supply, calculated tariffs to ensure a given yield of the investor, which are compared with the current cost of electricity in some settlements of the Arctic zone of Russia. It is revealed that the use of innovative technologies can be economically feasible, but requires a technical and economic analysis of the proposed options. The estimation of total undiscounted costs may not be sufficient for correct conclusions due to the long planning horizon. The calculations carried out in this study can serve as an economic guide in the selection of innovative options for energy supply of the Arctic zones of Russia in order to optimize electricity tariffs.

Keywords: renewable energy, wind turbine, hydrogen power engineering, diesel generation, Arctic zone of Russia.

Проблема энергообеспечения территорий Арктической зоны РФ

В связи с тем что на территориях Арктической зоны имеется большое количество неосвоенных ресурсов (углеводороды, ценные металлы и т. д.), сохраняется потенциал развития торгово-транспортной сети, военной и цифровой инфраструктуры, этот регион представляет научно-технологический интерес к его промышленному освоению ведущими странами мира — Россией, США, Канадой, Норвегией, Данией и т. д.

К сухопутным территориям Арктической зоны России помимо островов в Северном Ледовитом океане полностью относятся Ямало-Ненецкий автономный округ (АО), Ненецкий

АО, Чукотский АО, Мурманская область; частично — Красноярский край, Архангельская область, Республика Саха (Якутия). По данным статистики в Арктической зоне России проживает 2,5 млн человек [4].

За последнее десятилетие интерес к развитию Арктической зоны России перерос в государственную стратегию России. В 2008 году были приняты «Основы государственной политики РФ в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», утверждающие основные приоритеты, цели и задачи России в Арктической зоне. В соответствии с документом Арктика рассматривается как стратегическая ресурсная база, зона мира и сотрудничества, а сбережение уникальной экосистемы — один из пунктов государственной политики. Национальные интересы предполагают, что основные цели — социально-экономическое развитие, военная и экологическая безопасность, формирование информационного пространства и международное сотрудничество. В 2013 году утверждена «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года», предусматривающая механизмы достижения целей по развитию Арктики, а в 2016 году конкретизирован план мероприятий. Последние изменения в нормативно-правовую базу, касающуюся развития Арктической зоны, были внесены в государственную программу Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации» в 2017 году.

В этой связи Россия планирует развивать морские торговые и военные пути, инфраструктуру, вести разработку полезных ископаемых и многие другие проекты. Наряду с этим в настоящее время уже реализованы такие научно-технологические проекты, как «Ямал СПГ», платформа «Приразломная», а также идет реализация других проектов российских компаний ПАО «Газпром», ПАО «Газпром нефть», ПАО «Новатэк», ПАО «НК «Роснефть»».

Наряду с добычей углеводородов в российской Арктической зоне развивается горнодобывающая промышленность: добыча никеля, металлов платиновой группы, титана, цинка, кобальта, золота и серебра. Здесь можно отметить Норильский горнопромышленный район, месторождения в Чукотском АО и на Кольском полуострове.

Реализация подобных проектов в свою очередь требует собственной инфраструктуры и рабочих логистических схем. Появляется потребность в дополнительных терминалах, портах, железных дорогах, мостах. Возникают вопросы обороны территории и локализации производства. Развитие Арктической зоны приводит к необходимости поиска инновационных технологий в производстве материалов, конструкций, грунтов зданий и сооружений; интеллектуальных системах управления; экологии; связи; навигации и судостроении. Для арктических территорий актуальна автономность реализуемых проектов, когда в создаваемой системе объединяется энергообеспечение, водоподготовка и переработка отходов.

Крупномасштабное развитие Арктической зоны сталкивается со множеством угроз и рисков. Среди них учет интересов коренных малочисленных народов Севера, решение вопросов продовольственной безопасности, подготовка квалифицированных кадров, разработка инновационных технологий, направленных на поддержание экологической безопасности, снижение энергоемкости добывающих проектов. Вызовы развития Арктической зоны подробно описываются и обсуждаются в научной литературе.

Проблемам устойчивого развития Арктических зон при реализации горнодобывающих проектов и экологическому регулированию посвящена статья [17]. По мнению авторов, проекты горнодобывающей промышленности должны рассматриваться с точки зрения их влияния на окружающую среду. Вопросы устойчивого развития арктических территорий в связи с реализацией инвестиционных проектов в нефтегазодобывающей и горнодобывающей отраслях поднимаются многими другими авторами [12, 15, 20—22].

Экологические аспекты горнодобывающей промышленности в Арктических зонах Швеции, Финляндии и России рассматриваются в [16].

Помимо экологического равновесия авторы [18] исследуют социальную устойчивость при реализации горнорудных проектов на Севере Европы и Северо-Западе России, а в научной работе [11] отмечается угроза традиционному укладу коренных северных народов.

Таким образом, особенностью реализации научно-технических проектов в Арктических зонах является акцент на устойчивое развитие и необходимость соблюдения экологического баланса, что накладывает свой отпечаток на применяемые технологии. Арктика — регион, состояние которого влияет на глобальное социально-экономическое развитие, а нарушение устойчивости экосистемы арктических территорий может привести к климатическим изменениям. Именно поэтому эксперты отмечают важность такого стратегического направления, как развитие экономики Арктики с использованием возобновляемых ресурсов для производства материалов, продовольствия и энергии [13, 14].

Отдельно необходимо сделать акцент на рисках и угрозах в энергетической сфере Арктической зоны. В «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» выделены следующие проблемы в развитии Арктической территории России:

- удаленность от промышленных регионов, в том числе высокая зависимость от импорта топлива;
- изношенность основных фондов в энергетике;
- неразвитость и несбалансированность энергетической системы;
- значительная энергоемкость;
- высокая себестоимость электроэнергии.

Перечисленные проблемы в итоге отражаются на высокой стоимости электроэнергии. В отдельных населенных пунктах ЯНАО тарифы на электроэнергию варьируются от 20 до 35 руб/кВт·ч (рис. 1).

Как видно из рис. 1, тарифы для населения и других категорий потребителей отличаются в 10—17 раз, что говорит о субсидировании тарифов для населения за счет промышленности и регионального бюджета.

В то время как в ЯНАО тарифы для населения удерживаются на низком уровне, в некоторых населенных пунктах Республики Саха (Якутия) достигают 100—200 руб/кВт·ч вне зависимости от категории потребителей (рис. 2).

Без надежного, системно организованного энергообеспечения решение такой стратегической задачи, как развитие территорий Арктической зоны, не представляется возмож-

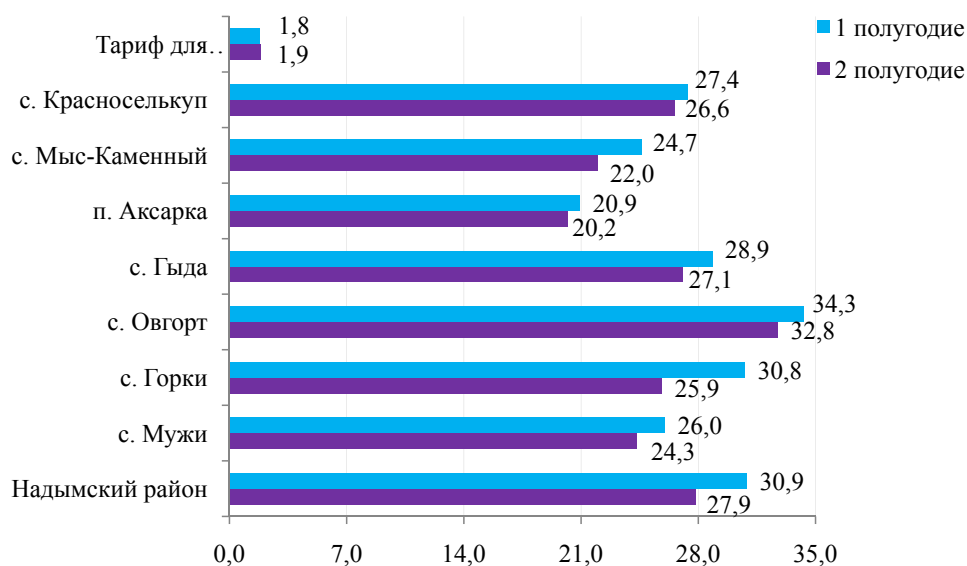


Рис. 1. Тарифы на электроэнергию в отдельных населенных пунктах ЯНАО в 2017 году, руб/кВт·ч¹

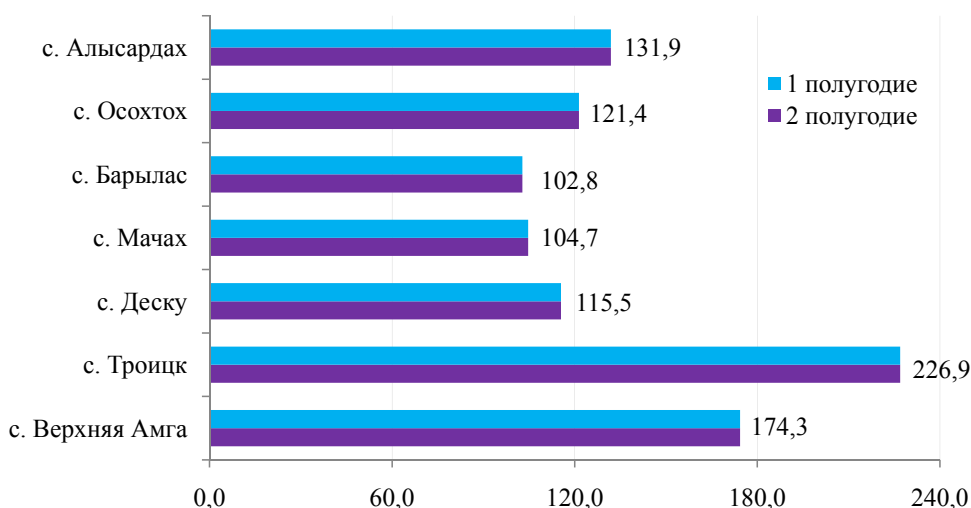


Рис. 2. Тарифы на электроэнергию в отдельных населенных пунктах Республики Саха (Якутия) в 2017 году²

ным. Для реализации всего многообразия крупных и небольших проектов в суровых условиях необходима доступная электроэнергия. При этом энергоснабжение удаленных и изолированных потребителей посредством традиционного подхода строительства сетей для связи с крупными электростанциями может быть экономически нецелесообразно. На текущий момент в качестве локальных автономных источников энергоснабжения в Арктической зоне могут рассматриваться как альтернатив-

ные источники: ветряные электростанции (ВЭС), солнечные электростанции (СЭС), ветро-солнечные станции, приливные и геотермальные станции, объекты биоэнергетики, так и традиционные источники в новой форме (например, сжиженный природный газ (СПГ), синтез-газ, атомные станции малой мощности и прочие).

В то же время экосистема Арктики может пострадать от самого небольшого влияния человека. Поэтому с учетом необходимости со-

¹ Источник: АО «Ямалкоммунэнерго».

² Источник: АО «Сахаэнерго».

блюдения экологического баланса при реализации ключевых проектов актуальным решением становится использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Удельный вес ВИЭ в энергобалансе Арктики — один из показателей, характеризующих социально-экономическое развитие территории, поэтому в соответствии с «Планом мероприятий по реализации стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 г.» предусматривается реализация проектов с использованием альтернативных источников в рамках инвестиционных программ предприятий.

Для энерго-, тепло- и хладоснабжения территорий Арктической зоны могут использоваться разнообразные возобновляемые источники: ветер, приливы и отливы, океаническая биомасса. Помимо данных источников могут быть перспективными пеллеты. По мнению авторов статьи [8], решение проблемы эффективного и экологического энергообеспечения возможно при комплексном использовании ресурсов арктических территорий. В подтверждение этого тезиса можно привести успешный опыт энергообеспечения Антарктиды с помощью комплекса различных ВИЭ, описанный в работе [19]. Совместное применение солнечных панелей и ветряных турбин с одновременным совершенствованием в части энергоэффективности в сложных климатических условиях Антарктиды приводит к снижению энергопотребления, уменьшению зависимости от привозного топлива, сокращению затрат и минимизации экологического ущерба.

В России вопросам энергообеспечения территорий Арктической зоны с использованием ВИЭ уделяется большое внимание в работах [1, 2, 7]. Авторы представляют результаты оптимизации гибридных энергосистем, состоящих из дизельных генераторов, солнечных и ветровых установок.

В докладе [9] анализируется текущая ситуация с возобновляемой энергетикой в изолированных энергосистемах территорий Арктической зоны. Приводятся практические примеры реализации гибридных установок в удаленных деревнях на побережье Белого моря, где тариф для потребителей снизился в 2—5 раз. В работе резюмируется российский опыт использования ВИЭ в Арктической зоне.

Проекты с использованием ВИЭ в удаленных арктических территориях Дальнего Востока и Крайнего Севера анализируются в работах [3, 5, 10]. Отсутствие ВИЭ либо сложности с их работой отмечаются в Таймырском и Чукотском АО. В Мурманской области, помимо солнечно-дизельных установок в четырех населенных пунктах на побережье Белого моря, установлен 21 платежный терминал, работающие на основе возобновляемой энергии. В Архангельской области — дорожное освещение за счет энергии ветра и солнца. Пилотные проекты ВЭС реализуются в Ненецком (поселок Амдерма) и Ямало-Ненецком (город Лабытнанги) автономных округах. Проекты строительства солнечных электростанций активно реализуются в Республике Саха (Якутия), где также есть и пилотный проект ВЭС в поселке Тикси. Успешно развивается возобновляемая энергетика в Камчатском крае, где работает 3 ВЭС и геотермальные станции.

Кроме использования энергии ветра и солнца перспективным направлением возобновляемой энергетике в Арктических зонах является энергия приливов и отливов, оценка ресурсов которых приводится в исследовании [6].

На сегодня накоплен опыт реализации отдельных пилотных проектов автономных энергоустановок, но как потребитель электроэнергии, живущий в Арктической зоне, так и инвестор, готовящийся к реализации своего проекта, должны понимать ориентировочную стоимость электроэнергии в зависимости от выбранного варианта энергообеспечения.

Методика оценки вариантов решения проблем энергообеспечения Арктики

Для решения проблемы оптимизации тарифов на электроэнергию для изолированных и удаленных населенных пунктов Арктической зоны авторами предлагается рассмотреть два варианта развития энергообеспечения. Производится расчет и технико-экономическое сравнение результатов их применения с существующими тарифами в отдельных населенных пунктах.

Методологической основой данного исследования послужили подходы к оценке экономической эффективности, изложенные

в «Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция)», утвержденных Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной архитектурной и жилищной политике, № ВК 477 от 21.06.1999 г. и основанные на моделировании денежных проектов с учетом дисконтирования. Для оценки целесообразности применения ВИЭ предлагается рассмотреть минимальные тарифы при различных уровнях доходности.

Удельные недисконтированные затраты на 1 кВт·ч, по мнению авторов, использовать для сравнения нецелесообразно, так как в таком случае не будет учитываться фактор времени и доходность инвестора.

В качестве базовых условий принято, что средняя мощность автономной энергосистемы составляет 100 кВт, а пиковые нагрузки не будут превышать 200 кВт в отдельные дни.

В качестве текущего варианта рассматривается ситуация энергообеспечения от дизельных генераторных установок по существующим тарифам (рис. 1, 2), которые могут составлять в отдельных населенных пунктах Арктической зоны до 226 руб./кВт·ч.

В качестве альтернативных вариантов принимаются следующие два варианта.

В варианте 1 предполагается строительство ветро-дизельной установки с аккумуляторной батареей. В основное время генерация электроэнергии с учетом пиковых нагрузок осуществляется за счет парка дизельных установок (ДУ) общей мощностью 300 кВт (3 ДУ по 100 кВт). Расчетная нагрузка ДУ составляет 75 %. Дополнительная генерация электроэнергии до 50 кВт (25 % времени) осуществляется посредством парка ветро-энергетических установок (ВЭУ) общей мощностью 150 кВт (3 ВЭУ по 50 кВт). Пиковые нагрузки компенсируются за счет аккумуляторных батарей и резервов мощности.

В варианте 2 рассматривается ветро-энергетическая установка с системой аккумулирования и использования энергии в виде водорода, связанного в жидкий органический носитель. Основным источником энергии в данном варианте является ВЭУ общей мощностью 600 кВт (6 ВЭУ по 100 кВт), которые работают 50 % времени. Часть энергии направляется потребителю, оставшаяся часть — на зарядку ак-

кумуляторной батареи и на выработку и аккумулирование в жидком органическом носителе такого количества водорода, которое позволит обеспечить нагрузку потребителя в оставшиеся 50 % времени. Пиковые нагрузки, а также нагрузки в период отсутствия ветра, компенсируются за счет аккумуляторной батареи и вторичной генерации электроэнергии из водорода посредством сжигания его в твердо-оксидных топливных элементах.

Результаты расчетов по применению возобновляемых технологий для энергообеспечения Арктики

В рамках настоящего исследования была проведена оценка возможных тарифов на электроэнергию с применением технологий возобновляемой энергетики. Целью проведенной оценки было определение эффективности рассматриваемых вариантов по сравнению с существующими тарифами на электроэнергию в отдельных населенных пунктах Арктической зоны.

Расчеты были выполнены исходя из следующих предположений:

- 1) ставка дисконтирования 10 %;
- 2) горизонт расчета 20 лет, исходя из срока службы основного применяемого оборудования;
- 3) цены постоянные, без учета инфляции;
- 4) в ежегодных эксплуатационных расходах учитываются затраты на топливо, фонд оплаты труда, техническое обслуживание и ремонт;
- 5) фонд оплаты труда рассчитан исходя из средних значений заработной платы в регионах Арктической зоны и с учетом взносов во внебюджетные фонды составляет 927 тыс. руб. в год;
- 6) налог на имущество 2,2 %;
- 7) налог на прибыль 20 %;
- 8) норма амортизационных отчислений 5 %.

Общие капитальные вложения по варианту 1 составляют 28,3 млн руб., тогда как по варианту 2—167,6 млн руб. По варианту 1 наибольшая доля капитальных вложений относится на ВЭУ (66,4 %), тогда как по варианту 2 помимо ВЭУ (44,9 %) значительная доля капитальных вложений идет на покупку электролизера (27,2 %) и топливного элемента (13,6 %).

Сравнение структуры капитальных вложений по вариантам 1 и 2 представлено в рис. 3.

Ежегодные эксплуатационные расходы по варианту 1 составляют 33,7 млн руб., тогда как по варианту 2—11,8 млн руб. Ежегодные эксплуатационные расходы по варианту 1 в 3 раза больше аналогичных расходов по варианту 2, что объясняется отсутствием затрат на привозное дизельное топливо. Тем не менее значительная доля ежегодных затрат идет на техническое обслуживание и ремонт, что связано с коротким сроком эксплуатации (3 года) топливного элемента. Сравнение структуры эксплуатационных расходов по вариантам 1 и 2 представлено на рис. 4.

Для выбора оптимального варианта энергообеспечения были рассчитаны удельные дисконтированные расходы на 1 кВт*ч и спрогнозирован тариф на электроэнергию с учетом различных уровней доходности.

Результаты расчетов показывают, что в варианте 1 тариф может составить около 44,5 руб./кВт·ч, тогда как в варианте 2 около 51,9 руб./кВт·ч. Внедрение инновационных технологий генерации электроэнергии позволит сократить существующие тарифы в 2—4 раза (на примере Республики Саха (Якутия), рис. 2). Тогда как в отдельных населенных пунктах Республики Саха (Якутия) тарифы варьируют



Рис. 3. Структура капитальных вложений по вариантам 1 и 2

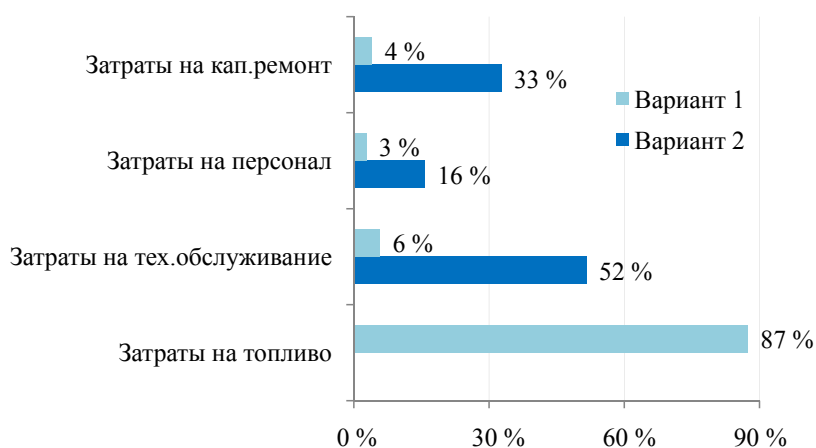


Рис.4. Структура эксплуатационных затрат по вариантам 1 и 2

ся от 103 до 227 руб./кВт·ч, для рассматриваемых вариантов энергообеспечения тариф не превышает 52 руб./кВт·ч.

Тем не менее сопоставление результатов расчетов по ветро-дизельной установке (вариант 1) и ВЭУ с системой аккумулирования и использования энергии в виде водорода, связанного в жидкий органический носитель (вариант 2), показывает приоритетность первого варианта. Если сравнивать удельные недисконтированные затраты (с учетом налогов на имущество и прибыль) за 1 кВт·ч по двум вариантам, можно заметить, что вариант 2 оказывается на 37 % дешевле. Объяснить это можно низкими эксплуатационными затратами, в составе которых отсутствуют расходы на дорогое привозное топливо. Но как было сказано выше, удельные недисконтированные затраты не учитывают изменение стоимости денег во времени и достижение заданной доходности.

Расчет с учетом дисконтирования показывает большую зависимость от нормы доходности, которую захочет получить будущий инвестор. При работе системы для выхода на точку безубыточности (ВНД = 10 % при ставке дисконтирования 10 %, ЧДД = 0) вариант 2 может быть выгоднее варианта 1. В том случае, если инвестор захочет получить доходность в размере 12—14 % (среднерыночная доходность для объектов возобновляемых источников, гарантированная государством), тариф по варианту 2 вырастает до 45—52 руб./кВт·ч по сравнению с 43—45 руб./кВт·ч по варианту 1, что связано с большим объемом первоначальных капитальных вложений. Выгода, получаемая за счет экономии эксплуатационных затрат, с учетом уменьшения стоимости денег со временем может быть минимизирована.

Выводы

В результате проведенного исследования были получены следующие результаты:

— проанализированы проблемы освоения и энергообеспечения территорий Арктической зоны;

— рассмотрены варианты использования генерирующих объектов, работающих на базе ВИЭ и проведено их технико-экономическое сравнение с целью снижения существующих тарифов на электроэнергию для изолированных и удаленных населенных пунктов Арктической зоны;

— выполнена оценка экономической эффективности рассматриваемых вариантов энергообеспечения, в том числе в сравнении с существующими тарифами;

— сделан расчет тарифов при применении инновационных технологий генерации для двух вариантов (ветро-дизельная установка и ветро-энергетическая установка с системой аккумулирования и использования энергии в виде водорода, связанного в жидкий органический носитель).

В работе был сделан вывод об экономической целесообразности применения технологий возобновляемой энергетики для энергообеспечения территорий Арктической зоны в зависимости от текущей стоимости электроэнергии. При этом особое внимание должно уделяться снижению первоначальных капитальных вложений.

Проведенные в настоящем исследовании расчеты могут служить в качестве экономического ориентира при выборе инновационных вариантов энергообеспечения Арктических зон России с целью оптимизации тарифов на электроэнергию. Данные, представленные в статье, могут дать представление заинтересованному инвестору о возможностях инновационного энергообеспечения Арктических зон, стоимости представленных вариантов в сравнении с текущими тарифами в регионе. Проблема энергоснабжения территорий Арктической зоны России с использованием ВИЭ требует дальнейших исследований в зависимости от существующих логистических схем и потенциала использования ВИЭ.

Список литературы

1. Габдерахманова Т. С., Голубева Е. И., Рафикова Ю. Ю., Киселева С. В., Тарасенко А. Б. Использование возобновляемых источников энергии в Арктических регионах РФ: решение проблем энергообеспечения и экологической безопасности // Природопользование в Арктике: Современное состояние и перспективы развития: (Сборник трудов международной научно-практической конференции). М., 2015, 144—155.

2. Габдрахманова Т. С., Киселева С. В., Попель О. С., Тарасенко А. Б. Некоторые аспекты развития возобновляемой энергетики в арктической зоне РФ // *Альтернативная энергетика и экология*. 2016. С. 19—20, 41—53.
3. Горюнов О. А., Назарова Ю. А. Перспективы применения ветроэнергетических установок для энергообеспечения объектов газовой промышленности в районах Крайнего Севера // *Территория НЕФТЕГАЗ*. 2015. № 12. С. 18—22.
4. Демографический Ежегодник России 2017 / Федеральная служба государственной статистики (Росстат). М., 2017. 263 с.
5. Кулаков А. В., Горюнов О. А., Назарова Ю. А. Опыт реализации проектов строительства ветро-дизельных комплексов в России // *Промышленная энергетика*. 2016. № 4. С. 51—56.
6. Мысленков С. А., Маркина М. Ю., Киселева С. В., Столярова Е. В., Архипкин В. С., Умнов П. М. Исследование ресурсов энергии волн в акватории Баренцева моря // *Теплоэнергетика*. 2018. № 7. С. 5—15.
7. Попель О. С., Киселева С. В., Моргунова М. О., Габдрахманова, 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.
8. Соловьев Д. А., Моргунова М. О., Габдрахманова Т. С. Адаптация энергетической инфраструктуры в Арктике к климатическим изменениям с использованием возобновляемых источников энергии // *Энергетическая политика*. 2017. № 4. С. 72—80.
9. Berdin, V. Kh., Kokorin, A. O., Yulkin, G. M., Yulkin. Renewable energy in off-grid settlements in the Russian Arctic. Moscow, 2017.
10. Boute A. Off-grid renewable energy in remote Arctic areas: An analysis of the Russian Far East. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, 59, 1029—1037.
11. Koivurova, T. Masloboev, V. Hossain, K. Nygaard, V. Petretei, A. Vinogradova, S. Legal Protection of Sami Traditional Livelihoods from the Adverse Impacts of Mining: A comparison of the Level of Protection Enjoyed by Sami in their four home states. *Arctic Review on Law and Politics*, 2015, 6 (1), 11—51.
12. Konyshchev V., Sergunin A. Potential transboundary maritime energy disputes in the Arctic: The Russian perspective (Book Chapter). *Russia's Far North: The Contested Energy Frontier*, 2018, 97—112.
13. Masloboev A. V. Development conceptual foundations of intelligent information-management system for regional security support of Murmansk region. *The Arctic: ecology and economy*, 2017, 4 (28), 118—134.
14. Morgunova, M. O., Solovyev, D. A. Challenges to overcome: Energy supply for remote consumers in the Russian Arctic. *Journal of Physics: Conference Series*, 2017, 891(1), 1—6.
15. Nong D., Countryman A. M., Warziniack T. Potential impacts of expanded Arctic Alaska energy resource extraction on US energy sectors. *Energy Policy*, 2018, 119, 574—584.
16. Oksanen K. F., Pettersson M., Mingaleva T., Petrov V., Masloboev V. License to Mine: A Comparison of the Scope of the Environmental Assessment in the Sweden, Finland and Russia. *Natural Resources*, 2015, 6, 237—255.
17. Soderholm K., Soderholm P., Helenius H., Pettersson M., Roine V., Masloboev V., Mingaleva T., Petrov V. Environmental regulation and competitiveness in the mining industry: Permitting processes with special focus on Finland, Sweden and Russia. *Resources Policy*, 2015, 43, 130—142.
18. Suopajarvi, L. Poelzer, G. A. Ejdemo, T. Klyuchnikova, E. Korchak, E. Nygaard, V. Social sustainability in northern mining communities: A study of the European North and Northwest Russia. *Resources Policy*, 2016, 47, 61—68.
19. Tin, T. Sovacool, B. K. Blake, D. Magill, P. El Naggar, S. Lidstrom, S., Ishizawa, K. Berte, J. Energy efficiency and renewable energy under extreme conditions: Case studies from Antarctica. *Renewable Energy*, 2010, 35 (8), 1715—1723.
20. Tysiachniouk, M. Henry, L. A. Lamers, M. van Tatenhove, J. P. M. Oil and indigenous people in sub-Arctic Russia: Rethinking equity and governance in benefit sharing agreements. *Energy Research and Social Science*, 2018, 37, 140—152.
21. Tysiachniouk, M. S. Petrov, A. N. Benefit sharing in the Arctic energy sector: Perspectives on corporate policies and practices in Northern Russia and Alaska. *Energy Research and Social Science*, 2018, 39, 29—34.
22. Ulyanova, M. Danchenkov, A. Maritime potential of the Russian sector of the south-eastern Baltic Sea and its spatial usage. *Baltica*, 2016, 29 (2), 133—144.

References

1. Gabdrakhmanova, T. S. Golubeva, E. I. Rafikova Y. Y. Kiselev, S. V. Tarasenko, A. B. *Ispolizovania vozobnovliaemich istochnikov energii v Articheskikh regionach RF* [The use of renewable energy sources in the Arctic regions of the Russian Federation], solving the problems of energy supply and environmental safety. Proceedings of the international scientific and practical conference on environmental Management in the Arctic. Current state and development prospects, 144—155, 2015.
2. Gabdrakhmanova, T. S. Kiseleva, S. V. Popel, O. S. Tarasenko, A. B. *Nekotoryi aspekti razvitiya vozobnovliaemoy energii v Articheskoy zone RF* [Some aspects of renewable energy development in the Arctic zone of the Russian Federation]. *Alternative energy and ecology*, 19—20, 41—53, 2016.
3. Goryunov, O. A., Nazarova Y. A. *Perspektivi primeneniya vetroenergeticheskikh ystanovok dlia energobespecheniya obeiktov gazovoi promishlinosti v raionakh Krainego severa* [Prospects for the use of wind turbines for power supply of gas industry in the far North]. Territory NAFTOGAZ, Moscow, 2015, 12, p. 18—22.
4. *Demograficheskoy Edgigodnik Rossii 2017* [The Demographic Yearbook of Russia 2017]. Federal State Statistics Service (Rosstat), Moscow. 263.
5. Kulakov A. V., Goryunov, O. A., Nazarova Y. A. *Opit realizatsii proektov stroitelstva vetro-dizelnykh kompleksov v Rossii* [Experience of implementation of projects of construction of wind diesel systems in Russia], *Industrial energy*. Moscow, 2016, №4, p. 51—56.
6. Myslenkov, S. A. Markin And M. Yu. Kiselyov, S. V. Stolyarova, E. V., Arkhipkin, V. S. Umnov, P. M. *Isledovaniya resursov energii voln v akvotorii Barentsova morya* [Study of wave energy resources in the Barents sea]. *Heat power engineering*, 7, 5—15, 2018.
7. Popel, O. S. Kiseleva, S. V. Morgunova, M. O. Gabdrakhmanova, T. S. Tarasenko, A. B. *Ispolizovania vozobnovliaemich istochnikov energii dlia energosbereganiya potrebitel'ev v Articheskoy zone Rossiiskoy Federatsii* [Use of renewable energy sources for energy supply to consumers in the Arctic zone of the Russian Federation]. *Arctic: ecology and economy*, 1(17), 64—69, 2015.
8. Soloviev, D. A. Morgunova, M. O. Gabdrakhmanova, T. S. *Adaptatsiya energeticheskoy infrastruktury v Arktike k klimaticheskim izmeneniyam s ispolizovaniem vozobnovliaemich istochnikov energii* [Adaptation of energy infrastructure in the Arctic to climate change using renewable energy sources]. *Energy policy*, 4, 72—80, 2017.
9. Berdin, V. K., Kokorin, A. O., Yulkin, G. M., Yulkin. *Renewable energy in off-grid settlements in the Russian Arctic*, Moscow, 2017.
10. Boute, A. Off-grid renewable energy in remote Arctic areas: An analysis of the Russian Far East. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1029– 1037, 2016.
11. Koivurova, T. Masloboev, V. Hossain, K. Nygaard, V. Petrétei, A. Vinogradova, S. *Legal Protection of Sami Traditional Livelihoods from the Adverse Impacts of Mining: A comparison of the Level of Protection Enjoyed by Sami in their four home states*. *Arctic Review on Law and Politics*, 6 (1), 11—51, 2015.
12. Konyshchev, V. Sergunin, A. *Potential transboundary maritime energy disputes in the Arctic: The Russian perspective (Book Chapter)*. *Russia's Far North: The Contested Energy Frontier*, 97—112, 2018.
13. Masloboev, A. V. *Development conceptual foundations of intelligent information-management system for regional security support of Murmansk region*. *The Arctic: ecology and economy*, 4 (28), 118—134, 2017.
14. Morgunova, M. O., Solovyev, D. A. *Challenges to overcome: Energy supply for remote consumers in the Russian Arctic*. *Journal of Physics: Conference Series*, 891(1), 1—6, 2017.
15. Nong, D. Countryman, A. M. Warziniack, T. *Potential impacts of expanded Arctic Alaska energy resource extraction on US energy sectors*. *Energy Policy*, 119, 574—584, 2018.
16. Oksanen, K. F. Pettersson, M. Mingaleva, T. Petrov, V. Masloboev, V. *License to Mine: A Comparison of the Scope of the Environmental Assessment in the Sweden, Finland and Russia*. *Natural Resources*, 6, 237—255, 2015.
17. Söderholm, K. Söderholm, P. Helenius, H. Pettersson, M. Roine, V. Masloboev, V. Mingaleva, T. Petrov, V. *Environmental regulation and competitiveness in the mining industry: Permitting processes with special focus on Finland, Sweden and Russia*. *Resources Policy*, 43, 130—142, 2015.
18. Suopajarvi, L. Poelzer, G. A. Ejdemo, T. Klyuchnikova, E. Korchak, E. Nygaard, V. *Social sustainability in northern mining communities: A study of the European North and Northwest Russia*. *Resources Policy* 47, 61—68, 2016.
19. Tin, T. Sovacool, B. K. Blake, D. Magill, P. El Naggar, S. Lidstrom, S., Ishizawa, K. Berte, J. *Energy efficiency and renewable energy under extreme conditions: Case studies from Antarctica*. *Renewable Energy*, 35 (8), 1715—1723, 2010.

20. Tysiachniouk, M. Henry, L. A. Lamers, M. van Tatenhove, J. P. M. Oil and indigenous people in sub-Arctic Russia: Rethinking equity and governance in benefit sharing agreements. *Energy Research and Social Science*, 37, 140—152, 2018.
21. Tysiachniouk, M. S. Petrov, A. N. Benefit sharing in the Arctic energy sector: Perspectives on corporate policies and practices in Northern Russia and Alaska. *Energy Research and Social Science*, 39, 29—34, 2018.
22. Ulyanova, M. Danchenkov, A. Maritime potential of the Russian sector of the south-eastern Baltic Sea and its spatial usage. *Baltica*, 29 (2), 133—144, 2016.

Для цитирования: Назарова Ю. А., Сыровецкий В. А. Возможности использования возобновляемых источников энергии для энергообеспечения Арктики // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2018. № 4. С. 25—35.

For citation: Nazarova Y. A., Syrovetskiy V. A. The possibility of renewable energy sources use for energy supply in the Arctic // Corporate governance and innovative economic development of the North: Bulletin of the Research Center of Corporate Law, Management and Venture Capital of Syktyvkar State University. 2018. No. 4. P. 25—35.