

УДК 658.5: 621.311.2 (985)

Л.В. Нефедова, А.А. Соловьев¹

НОВЫЕ ВЫЗОВЫ И РИСКИ НА ПУТИ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГОГЕНЕРАЦИИ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ РОССИИ

Аннотация. Рассмотрены проблемы расширения энергетической инфраструктуры и варианты энергоснабжения регионов российской Арктики. Выделены сегменты для развития распределенной генерации в связи с низкой плотностью населения в восточной части Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) и формированием опорных зон. Обоснованы варианты энергообъектов распределенной генерации с созданием локальных сетей для субъектов РФ, входящих в арктическую зону. Выделены факторы риска для развития распределенной генерации на ВИЭ, а также ряд современных финансовых методов управления рисками использования ВИЭ.

Ключевые слова: Арктическая зона Российской Федерации, возобновляемые источники энергии, распределенная генерация, локальные сети, природные риски, экологические риски, финансовые методы управления рисками.

L.V. Nefedova, A.A. Solovyev²

NEW CHALLENGES AND RISKS FOR THE DEVELOPMENT OF DISTRIBUTED ENERGY GENERATION IN THE ARCTIC REGION OF RUSSIA

Abstract. The problems of expansion of energy infrastructure and options for energy supply of the Russian Arctic regions are considered. The segments for the development of distributed generation due to the low population density in the Eastern part of the Arctic zone of the Russian Federation (Russian Arctic) and the formation of reference zones are identified. The variants of power facilities of distributed generation with the creation of local networks for the subjects of the Russian Federation included in the Arctic Zone are substantiated. Risk factors for the development of distributed generation on RES, as well as a number of modern financial methods of risk management of RES are identified.

Keywords: Arctic zone of the Russian Federation, renewable energy sources, distributed generation zone, local networks, natural risks, environmental risks, financial risk management methods.

Введение

Географическое и геополитическое положение, богатство природных ресурсов, и в первую очередь – нефтью, газом, ценными цветными металлами, – определяют стратегическое значение Арктики для экономического развития России. Социально-экономическое развитие аркти-

ческих территорий ставится руководством страны как одна из важнейших современных задач. В Государственной программе «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» были определены основные направления развития арктического региона, в том числе и по развитию инфраструктуры [1]. Поскольку территория рос-

¹ Людмила Вениаминовна Нефедова – старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории возобновляемых источников энергии (ВИЭ), к.г.н., *e-mail*: nefludmila@mail.ru;

Александр Алексеевич Соловьев – заведующий научно-исследовательской лабораторией ВИЭ, д.ф.-м.н., профессор, *e-mail*: a.soloviev@geogr.msu.ru;

Московский государственный университет (МГУ) им. М.В. Ломоносова, географический факультет.

² Lyudmila V. Nefedova – Senior Researcher at the Renewable Energy Sources (RES) Research Laboratory, PhD in Geography, *e-mail*: nefludmila@mail.ru;

Alexander A. Solovyov – Head of the RES Research Laboratory, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Full Professor, *e-mail*: a.soloviev@geogr.msu.ru;

Lomonosov Moscow State University (MSU), Geography Department.

сийской Арктики является крайне неоднородной и в природном, и экономическом плане, то для дальнейшего освоения ресурсов и социально-экономического развития региона в 2017 г. было принято решение перейти на территориальный вариант планирования с созданием опорных зон развития [2]. Именно такая территориальная организация хозяйственной деятельности в Арктике наиболее эффективно позволяет создавать энергетическую инфраструктуру с развитием распределенной энергетики и созданием локальных энергосетей. В Указе Президента РФ № 204 от 07.05.2018 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» Правительству РФ поручено обеспечить развитие распределенной генерации, в том числе на основе ВИЭ в удаленных и изолированных энергорайонах России. Также в числе мер по обеспечению доступной электроэнергией В.В. Путин поручил обеспечить внедрение интеллектуальных систем управления электросетевым хозяйством на базе цифровых технологий [3].

Постановка проблемы. На основе анализа современной социально-экономической ситуации в АЗРФ, потенциала энергоресурсов и уровня развития технологий распределенной энергетики ставилась задача – выявить наиболее целесообразные направления регионального развития инфраструктуры распределенной энергетики на территориях российской Арктики, провести анализ факторов риска развития распределенной генерации на ВИЭ в регионе, а также современных финансовых методов управления рисками использования ВИЭ.

Географические и социально-экономические условия в АЗРФ

В России можно выделить Западный и Восточный арктические макрорегионы: от Мурманской области до Ямало-Ненецкого округа – Западный макрорегион; Ямало-Ненецкий АО, северные районы Красноярского края и Республики Саха (Якутия), а также Чукотский полуостров и прилегающие к ним акватории арктического шельфа Северного Ледовитого океана, включая имеющиеся здесь острова, образуют Восточный макроре-

гион. Среди территорий Арктической зоны РФ по разнообразию и значимости территориальных сочетаний природных ресурсов выделяются наиболее освоенные в социально-экономическом отношении северные районы Мурманской и Архангельской областей [4].

Территории арктической зоны слабо заселены. Причем численность и плотность населения существенно сокращаются с запада на восток, от Мурманской области к Чукотскому округу. Более высокая численность населения Ямало-Ненецкого АО связана с активно развивающейся здесь нефте- и газодобычей, а севера Красноярского края – с крупнейшим Норильским горнопромышленным комплексом. Общая численность населения в АЗРФ составляет 2426,1 тыс. чел., в том числе [1, 5]:

- Мурманская обл. с г. Мурманском – 780,4 тыс. чел.;
- Архангельская обл. (4 района: Мезенский, Онежский, Приморский, Новая Земля, 3 города: Архангельск, Северодвинск, Новодвинск) – 657,2 тыс. чел.;
- г. Воркута (Республика Коми) – 95,8 тыс. чел.;
- Ненецкий АО – 42,7 тыс. чел.;
- Ямало-Ненецкий АО – 541,6 тыс. чел.;
- Красноярский край (2 района: Таймырский, Туруханский, г. Норильск) – 230,5 тыс. чел.;
- Республика Саха (Якутия) (5 улусов: Аллаиховский, Анабарский, Булунский, Нижнеколымский, Усть-Янский) – 27,2 тыс. чел.;
- Чукотский АО – 50,7 тыс. чел.

Принятая в конце августа 2017 г. новая редакция Стратегии развития Арктической зоны РФ разделила российское Заполярье на экономические опорные зоны. Территориальное деление было признано правительством более эффективным, чем отраслевое. Согласно Стратегии развития Арктики, всего опорных зон будет восемь: Кольская (Мурманская область), Архангельская, Ненецкая, Воркутинская, Ямало-Ненецкая, Таймыро-Туруханская (Красноярский край), Северо-Якутская и Чукотская (рис. 1). Законопроект определяет участников опорной



Источник: [7].

Рис. 1. Схема размещения опорных зон в Арктической зоне РФ

зоны – ими могут стать юридические лица, заключившие с арктическим субъектом РФ соглашение о реализации проекта. Каждый проект подчиняется общим федеральным правилам и должен получить все необходимые разрешения, в том числе пройти общественные слушания и государственную экологическую экспертизу. Для привлечения дополнительных инвестиций в северные проекты в опорных зонах могут быть созданы «территории с преференциальными условиями ведения предпринимательской деятельности». Такие территории, согласно российскому законодательству, имеют особый правовой режим, льготные налоговые и административные условия. Таким образом, предполагается широкое развитие государственно-частного партнерства и привлечение частного капитала в проекты АЗРФ. Аккумулировать финансы на реализацию идей предлагается в Фонде поддержки проектов в Арктике. Этот фонд будет пополняться из взносов арктических субъектов Российской Федерации, федерального бюджета и участников опорных зон. Примечательно, что государственные средства будут составлять не менее половины суммы, внесенной другими «вкладчиками». Средства из фонда будут использоваться для строительства объектов инфраструктуры опорных зон, проведения

научных исследований и геологоразведочных работ [6].

Запланированное в Стратегии ускоренное развитие региона требует в качестве одного из основных компонентов, и уже на начальном этапе, формирования устойчивой энергетической инфраструктуры в регионе. Наиболее эффективным вариантом была бы не только модернизация действующих электростанций и энергоустановок, а включение их в разработку комплексной схемы с использованием всех возможных энергоисточников. При неравномерно заселенных территориях российской Арктики, наличии большого числа локальных потребителей наиболее перспективным вариантом развития электро- и энергоснабжения является развитие распределенной энергетики. Фактически именно этот вариант и был использован в советский период освоения данных территорий. Проблема решалась установками дизель-генераторов и регулярной доставкой северным завозом всеми возможными, преимущественно водными, путями дизельного топлива в металлической таре. Вывоз тары, или ее утилизация, не производились, что привело к значительным экологическим проблемам практически по всему побережью Северного Ледовитого океана и арктических территорий. И сейчас в рамках север-

ного завоза ежегодно поставляется до 6-8 млн т горюче-смазочных материалов и до 20-25 млн т угля. Доля транспортной составляющей в стоимости топлива достигает 70%.

В качестве углеводородного топлива в АЗРФ перспективно использование сжиженного природного газа (СПГ) из месторождений, расположенных в доступной близости. Замещение поставок угля и дизельного топлива для тепло- и энергоснабжения потребителей в Арктике на СПГ позволит снизить транспортные расходы и повысить надежность энергообеспечения с одновременным снижением экологических рисков и воздействий по всей цепочке поставки. Для этого требуется строительство заводов по производству СПГ и формирование флота газозавозов и систем хранения СПГ у потребителя. Ожидается, что при реализации трех новых горных проектов в российской Арктике: освоения Павловского месторождения, проекта Тайбасс и группы проектов на Чукотке объем СПГ может составить 360 тыс. т. В 2017 г. проведена оценка целесообразности производства СПГ в Архангельске с поставкой газа из единой системы газоснабжения. В Балтийском районе реализуются и планируются к реализации несколько проектов СПГ мало-, средне- и крупнотоннажных, с которых возможны поставки СПГ через Белое море в арктическую зону в период судоходства по Беломоро-Балтийскому каналу [8].

Таким образом, в формировании энергетической структуры АЗРФ необходимо включать все современные типы и варианты тепло- и электрообеспечения. Основными компонентами могут являться:

- 1) установки на возобновляемых источниках энергии, как наиболее экологически чистые объекты, с системами накопления энергии;
- 2) атомные установки малой (мегаватной) мощности, включая плавучие атомные станции;
- 3) газогенераторные установки на сжиженном газе;
- 4) дизельгенераторы современной конструкции, как дублирующие мощности при использовании ВИЭ;
- 5) крупные ТЭС для городских образований и энергоснабжения опорных зон в Арктике.

Каждый из данных компонентов системы развития распределенной энергетики имеет

свои положительные и отрицательные факторы использования. Необходимо рассматривать все возможные варианты решения задачи устойчивого энергообеспечения применительно к каждому конкретному проекту с его географическими особенностями привязки с использованием как традиционных, так и нетрадиционных источников энергии [9].

Финансирование и финансовые риски объектов энергетики на ВИЭ

На современном этапе освоения арктических ресурсов преобладает государственное финансирование проектов из федерального бюджета или бюджетов субъектов АЗРФ. Однако дальнейшее развитие энергетической инфраструктуры требует привлечения частного капитала, в том числе на базе государственно-частного партнерства. За счет облигаций и концессий в ряде стран мира финансируются проекты альтернативной энергетики. Мировая практика освоения ВИЭ показывает большую роль различных облигаций (солнечные, зеленые, энергетические и др.) в этом процессе. По данным международной некоммерческой организации Climate Bonds Initiative, в 2017 г. рынок «зеленых» облигаций составил 155,4 млрд долл., из которых 51 млрд (33%) приходится на энергоэффективные проекты. В России проекты реализации ВИЭ поддерживает Фонд развития промышленности. Такие проекты могут быть поддержаны в рамках специального инвестиционного контракта. Дальнейшее развитие распределенной энергетики на ВИЭ на региональном уровне могут быть профинансированы за счет специальных обществ проектного финансирования на условиях синдицированного кредитования. Такими «зелеными» фондами могут выступить, например, «ВетроОГК» и «НоваВинд».

Риски использования ВИЭ в АЗРФ

В России уже начат процесс привлечения частных инвестиций в проекты на ВИЭ. Так, в Ханты-Мансийском автономном округе действует совместная программа АО «Юграэнерго» с департаментом энергетики автономного округа по установке минисолнечных станций

на социальных объектах (школы, детские сады, больницы). В Чукотской опорной зоне в рамках государственно-частного партнерства Правительство Чукотского АО ведет переговоры с ООО «Хевел» (крупнейшая в РФ компания солнечной энергетики) о реализации на территории арктического региона инвестпроекта по строительству автономных гибридных энергоустановок с использованием солнечной энергии в труднодоступных селах Ламутское и Чуванское Анадырского района, куда доставка топлива для дизельных электростанций с каждым годом осложняется, в том числе из-за различных погодных аномалий. В направлении использования ветроэнергетических ресурсов на Чукотке компания «СтройИнвест-Энергия» в текущем году планирует завершить модернизацию самой крупной на Крайнем Севере Анадырской ВЭС, которая даст дополнительные 2,5 МВт энергии. Правительство автономного округа в 2017 г. заключило также соглашение с «РусГидро» и японской компанией Mitsui на Восточном экономическом форуме об установке ветрогенераторов в Чукотском районе.

Основным вектором формирования распределенной энергетики в российской Арктике представляется создание локальных сетей (Micro grid) в местах компактного расселения и отдельных установок на углеводородном топливе или ВИЭ (с дублированием дизель- или газогенераторными установками) для изолированных потребителей [10]. Такие интеллектуальные локальные сети направлены на сокращение выбросов и улучшение качества электроэнергии, что достигается путем поддержания постоянно-го напряжения и сокращения резких перепадов. Системы Micro grid используют распределенную генерацию и могут стать частью будущих систем Smart grid [11, 12]. Более широкое освоение ВИЭ в АЗРФ требует разработки энергоустановок, адаптированных к экстремальным условиям Арктики высокой степени локализации, а также развития технологий аккумулирования энергии [13]. Разрабатывая технологии использования огромного ветроэнергетического потенциала российской Арктики, по-видимому, целесообразно изучить опыт ветроэнергетики на Аляске, как в технологическом плане, так и финансово-организационном, учитывая сход-

ные природные условия и тип размещения населения. К 2017 г. на Аляске уже действовали более 70 ВЭУ суммарной мощностью 67 МВт, при этом объекты, относящиеся к Micro grid, возводятся на деньги кооперативов и их развитие происходит практически без поддержки органов власти [14]. Важным моментом для распределенной энергетики при создании локальных энергосистем в АЗРФ является использование технологий блокчейн, применяемых в зарубежной практике последние годы в альтернативной электроэнергетике. Использование технологии блокчейн дает ряд преимуществ как производителям, так и потребителям электроэнергии, позволяя не только повысить надежность поставок электроэнергии, но и делая прозрачной схему денежных расчетов в данной сфере [15]. Важна роль технологии блокчейн и в решении проблем информационной безопасности в сфере электроэнергетики в Арктике.

Для северных территорий России велико значение решения проблем рисков непостоянства необходимых ресурсов для обеспечения рентабельности проекта, обусловленных неравномерностью распределения энергопотенциала ВИЭ во времени и пространстве, а также природных рисков экстремальных явлений. Проведенный анализ проблем освоения ВИЭ в нашей стране свидетельствует о необходимости методических разработок оценок возможных рисков разного характера для обоснования проблем безопасного использования данных энергоисточников в АЗРФ.

Методы оценок рисков и выбора оптимальных вариантов использования ВИЭ

Для разработки методологии управления рисками необходимо предварительно оценить возможные риски на всех стадиях развития проекта на ВИЭ. Риски объектов на ВИЭ, как и на других предприятиях энергетической отрасли, можно разделить на внутренние и внешние риски (см. таблицу).

Ресурсные и экологические риски имеют как внутреннюю, так и внешнюю составляющие. Риск дефицита необходимых ресурсов для обеспечения рентабельности проекта обусловлен

СИНЕРГИЯ АРКТИКИ

Внутренние и внешние риски при освоении ВИЭ

Внутренние риски – определяются деятельностью девелопера проекта	Внешние риски – независящие от девелопера проекта
<p><i>Стратегические риски:</i> разработка и воплощение неверных бизнес-решений, неспособность управленческого аппарата принимать правильные решения с учетом изменений внешних факторов</p>	<p><i>Политические риски:</i> политическая нестабильность, изменение таможенной политики, риск географической нестабильности и государственного неподчинения обязательствам</p>
<p><i>Технологические и технические риски:</i> непреднамеренные сбои в работе, неверный выбор технологического оборудования, нарушения технологических процессов, нерегулярные профилактика и ремонт оборудования, потери в результате сбоев и поломок.</p>	<p><i>Регулировочные риски:</i> изменение тарифного и экологического регулирования; регулирования в области безопасности; специфические налоговые риски; риски антимонопольного регулирования. Риски, связанные с ограничениями в подсоединении, управлении сетью.</p>
<p><i>Экологические риски:</i> К данному виду рисков относятся и возможные последствия для окружающей среды вследствие штатной работы или аварийных ситуаций на энергообъектах ВИЭ</p>	<p><i>Ресурсные риски</i> связаны с высокой пространственно-временной изменчивостью потенциала различных видов ВИЭ, неопределенностью его доступности, будущей ценой возобновляемых источников энергии</p>
<p><i>Операционные риски:</i> возникновение отклонений в информационных системах и системах внутреннего контроля; риски связаны с ошибками людей, наличием недостаточных систем контроля</p>	<p><i>Рыночные риски:</i> риски недополучения прибыли, изменения стоимости капитала, влияния крупных транзакций на параметры рынка, финансово-экономические, изменение конъюнктуры рынка, цен на топливо и т.д.</p>

Источник: данные авторов, [16].

неравномерностью энергопотенциала ВИЭ во времени и пространстве. Проведение дополнительных измерений, подбор параметров энергоустановок, позволяющих получить наиболее высокий $K_{\text{нум}}$, – значительно снижают данный вид рисков³. Природные и экологические риски связаны с возможностью катастрофических явлений (ураганов, ливней, снегопадов, смерчей, землетрясений).

В количественных методах риски в основном измеряются с помощью дисперсии или распределения плотности вероятности технических и экономических параметров. Полуколичественные методы, такие как анализ сценариев и многокритериальный анализ решений, могут учитывать и нестатистические параметры, такие как социально-экономические факторы [17, 18]. Для оценок рисков и математического анализа решений в мировой практике наиболее широко применяются методы моделирования стохастических процессов Монте-Карло [19] и в последние годы – метод анализа сетей (МАС), в англоязычной литературе – Analytical Network

Process (ANP), разработанный Т. Саати [20]. Метод используется для оценки ключевых факторов риска и анализа последствий выбранных альтернативных решений. Также МАС позволяет внедрять различные факторы и критерии – материальные и нематериальные, которые характеризуют оценку рисков. Данный метод позволяет определить, какая из стратегий является приоритетной в общем процессе оценки рисков, а также, какая стратегия управления наиболее приемлема для группы и отдельных рисков. С использованием ANP проведена классификация рисков и приоритизация методов регулирования рисков в процессе всего жизненного цикла ВЭС [21]. Использование метода анализа сетей позволяет также проводить анализ рисков для выбора стратегии риск-менеджмента – принятие, перенос или уменьшение риска. Эмпирические данные в специально построенной стохастической имитационной модели использованы для оценки экономических последствий инвестиций в использование возобновляемых технологий в электрической сети малых островных государств [22].

³ $K_{\text{нум}}$ – коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) – важнейшая характеристика эффективности работы предприятий электроэнергетики. Она равна отношению среднеарифметической мощности к установленной мощности электроустановки за определенный интервал времени.

Погодные деривативы. В течение многих десятилетий единственной возможностью снизить погодные риски было их страхование, и лишь в конце 90-х годов прошлого века появилось такое понятие, как «срочный контракт на погоду», который в настоящее время интенсивно используется иностранными компаниями для снижения риска, связанного с изменениями погодных условий. Ресурсные погодные риски влияют на надежность выработки большинства систем возобновляемой энергетики и, следовательно, на получение запланированной прибыли. Погодные деривативы – финансовые фьючерные контракты, выплаты по которым напрямую зависят от погодных условий: количества солнечных дней, колебания скорости ветра и количества осадков, отклонения от заданного значения температуры.

В настоящее время ряд международных и финансовых институтов (Deutsche Börse, Entergy-KochTrading, Merrill Lynch Global Commodities и др.) уже используют индексы выработки ветряной электроэнергии, основанные на сопоставлении кривых мощности типичных ветрогенераторов и среднесезонных показателей скорости ветра в конкретных регионах. Компания, владеющая ВЭС, может приобрести годовой фьючерс или опцион, фиксирующий определенное значение индекса. В случае, когда скорость ветра становится ниже данного значения, компания получает компенсацию от продавца опциона, тем самым снижая риск финансовых потерь. Таким образом, девелоперы проектов на ВИЭ могут застраховать (застраховать) свои риски в случае наступления для них неблагоприятного события, однако отказываются от сверхприбыли в случае наступления благоприятного события. Растущее в последние годы производство электроэнергии из ВИЭ в сочетании с неопределенностью погодных условий в Германии и Австрии привели к росту рисков компаний-производителей энергии при увеличении числа ВЭС. Биржа EEX в 2016 г. предложила эффективный инновационный инструмент хеджирования для управления рисками в виде фьючерсов (погодных деривативов). В качестве базового актива фьючерса на ветряную энергию EEX использует индекс ветра, рассчитываемый EuroWind. Модель меняется каждые 15 минут, исходя из данных метеорологической

службы, расположенной в Германии. Регулирование торговли ведется в соответствии с правилами MiFID, как и других деривативов в зоне ЕС [23]. Оценивая годовое производство электроэнергии по проекту с помощью индекса ветра соответствующего региона, возможен прогноз долгосрочного – ожидаемого выхода энергии. Очевидно, что с увеличением доли ВИЭ в глобальном масштабе появятся фьючерсы и на выработку гелиоэнергетических станций.

К новым формам управления финансовыми рисками в возобновляемой энергетике можно отнести также интегрированные многорисковые контракты, рисковый капитал, залог акций, валютный своп и секьюритизацию кредитов [24].

Выводы

Планирование развития распределенной энергетики необходимо вести опираясь на территориально-экономическую структуру АЗРФ с выделением восьми опорных зон. Принятый в традиционной энергетике принцип планирования развития энергообъектов на основе оптимизации выбора комплекса оборудования по критерию минимальной стоимости энергии не может быть применен для арктических территорий. Необходимо разрабатывать многофакторные модели, включающие все возможные типы энергообъектов – с параметрами минимальных рисков выдачи гарантированной мощности, минимальных экологических рисков как в штатном режиме комплекса, так и при аварийных ситуациях, учитывая при этом и стоимостной фактор. В риск-менеджменте возобновляемой энергетики наиболее целесообразно выявлять источники рисков на допроектной стадии, предупреждать и избегать их, а не управлять самим риском или развивающейся рисковой ситуацией. Важным моментом для развития распределенной энергетики при создании локальных энергосистем в АЗРФ является использование технологий блокчейн, применяемых в зарубежной практике последние годы в альтернативной электроэнергетике. Высокий уровень риска проектов возобновляемой энергетики снижает их кредитоспособность и, следовательно, затрудняет получение заемного капитала. Фундамен-

тальным требованием для привлечения финансирования является снижение рисков, которые имеют наибольшую вероятность негативного воздействия на проект. Сооружение энергообъектов на ВИЭ в Арктике получает в настоящее время в России большую государственную поддержку, снижающую риски в работе электростанций, однако в дальнейшем развитии воз-

обновляемая энергетика должна идти по пути ГЧП с привлечением частных инвестиций. И поэтому особенно важна уже на современном этапе разработка и адаптация в российских реалиях существующей в зарубежной практике методологии управления рисками при использовании всех видов ВИЭ как для сетевого, так и для автономного энергоснабжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства РФ от 21.04.2014 № 366 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации».
2. Постановление Правительства РФ от 31.08.2017 № 1064 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2014 г. № 366».
3. Указ Президента РФ от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».
4. Бакланов П.Я., Мошков А.В., Романов М.Т. Географические и геополитические факторы и направления долгосрочного развития Арктической зоны России // Вестник Дальневосточного отделения РАН. 2015. Т. 2. № 180.
5. Демографический ежегодник России. Федеральная служба государственной статистики.
6. Воронина Е.П. Формирование опорных зон развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечение их функционирования: применение ГАР-анализа // Регионалистика. 2017. Т. 4. № 6.
7. III Международная конференция «Арктика: шельфовые проекты и устойчивое развитие регионов» (АРКТИКА-2018). Материалы докладов.
8. Книжников А.Ю., Климентьев А.Ю. Замена традиционных энергоресурсов в рамках северного завоза на СПГ // РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ. 2018. № 1. С. 39-40.
9. Соловьев А.А. География в возобновляемой энергетике / под ред. П.П. Безруких, С.В. Грибкова. М.: Сборник трудов XI Международной конференции «Возобновляемая и малая энергетика 2014». РосСНХО, 2014. С. 217-226.
10. Morgunova M.O., Solovyev D.A. Challenges to overcome: energy supply for remote consumers in the Russian Arctic // J. Phys. Conf. Ser. 2017. Т. 891. № 1. С. 1-6.
11. Воротников А.М. Финансирование проектов создания и развития локальной энергетики РЭЭ // РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ. 2017. № 3. С. 46-48.
12. Бушуев В.В. и др. Перспективы и тенденции ТЭК // Экологический вестник России. 2017. № 12. С. 12-22.
13. Соловьев Д.А. Малая энергетика в Арктике: проблемы адаптации и риски // Энергия: экономика, техника, экология. 2017. № 11. С. 14-21.
14. Renewable Energy Atlas – REAP: Renewable Energy Alaska Project.
15. Блокчейн-технологии в инновационной энергетике. URL: <http://energostrategiya.rf/2018/02/02/blokcheyn-tekhnologii-v-innovatsionnoy/>
16. Нефедова Л.В. и др. Факторы риска при сооружении энергообъектов на возобновляемых источниках энергии в России // Вестник МГСУ. 2016. № 12. С. 79-90.
17. Ioannou A., Angus A., Brennan F. Risk-based methods for sustainable energy system planning: A review // Renew. Sustain. Energy Rev. 2017. Т. 74. С. 602-615.
18. Guerrero-Liquet G.C. и др. Decision-making for risk management in sustainable renewable energy facilities: A case study in the Dominican republic // Sustainability. 2016. Т. 8. № 5. С. 455.
19. Arnold U., Yildiz Ö. Economic risk analysis of decentralized renewable energy infrastructures – A Monte Carlo Simulation approach // Renew. Energy. 2015. Т. 77. С. 227-239.

20. Саати Т.Л. *Принятие решений при зависимостях и обратных связях*. М.: URSS, 2010.

21. Fera M. и др. *Risks Prioritization in Decision Making for Wind Energy Investments using Analytic Network Process (ANP)* // *Int. J. Appl. Eng. Res.* 2017. Т. 12. № 10. С. 2567-2574.

22. Dornan M., Jotzo F. *Renewable technologies and risk mitigation in small island developing states:*

Fiji's electricity sector // *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2015. Т. 48. С. 35-48.

23. *EEX Wind Power Futures.*

24. *Unlocking Renewable Energy Investment: The role of risk mitigation and structured finance.* Abu Dhabi: www.irena.org, 2016. 148 С.

REFERENCES

1. *Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 21.04.2014 N 366 «Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Sotsial'no-ekonomicheskoye razvitiye Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii» [Elektronnyy resurs]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162195/ (in Russian)*

2. *Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 31.08.2017 N 1064 «O vnesenii izmeneniy v postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 21 aprelya 2014 g. N 366» [Elektronnyy resurs]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_277283/ (in Russian)*

3. *Ukaz Prezidenta RF ot 07.05.2018 g. № 204 «O natsional'nykh tselyakh i strategicheskikh zadachakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2024 goda» [Elektronnyy resurs]. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/43027> (in Russian)*

4. Baklanov P.YA., Moshkov A.V., Romanov M.T. *Geograficheskiye i geopoliticheskiye faktory i napravleniya dolgosrochnogo razvitiya Arkticheskoy zony Rossii* // *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk.* 2015. Т. 2. № 180. (in Russian)

5. *Demograficheskiy yezhegodnik Rossii. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki. [Elektronnyy resurs]. URL: www.gks.ru/free_doc/doc_2017/demo17.pdf (in Russian)*

6. Voronina Ye.P. *Formirovaniye opornykh zon razvitiya Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii i obespecheniye ikh funktsionirovaniya: primeneniye GAP-analiza* // *Regionalistika.* 2017. Т. 4. № 6. (in Russian)

7. *III Mezhdunarodnaya konferentsiya «Arktika: shel'fovyeye proyekty i ustoychivoye razvitiye regionov» (ARKTIKA-2018) – materialy dokladov [Elektronnyy resurs]. URL: <https://energy.s-kon.ru/arktika-2018/> (in Russian)*

8. Knizhnikov A.YU., Kliment'yev A.Yu. *Zamena traditsionnykh energoresursov v ramkakh «severnogo*

zavoza» na SPG // *REGIONAL'NAYA ENERGETIKA I ENERGOSBEREZHENIYE.* 2018. Т. Rossiyskaya. № 1. С. 39-40.

9. Solov'yev A.A. *Geografiya v vozobnovlyayemoy energetike / pod red. P.P. Bezrukikh, S.V. Gribkov.* Moskva: *Cbornik trudov XI mezhdunarodnoy konferentsii «Vozobnovlyayemaya i malaya energetika 2014».* RosSNIO, 2014. С. 217-226. (in Russian)

10. Morgunova M.O., Solov'yev D.A. *Challenges to overcome: energy supply for remote consumers in the Russian Arctic* // *J. Phys. Conf. Ser.* 2017. Т. 891. № 1. С. 1-6.

11. Vorotnikov A.M. *Finansirovaniye projektov sozdaniya i razvitiya lokal'noy energetiki REE* // *REGIONAL'NAYA ENERGETIKA I ENERGOSBEREZHENIYE.* 2017. № 3. С. 46-48.

12. Bushuyev V.V. i dr. *Perspektivy i tendentsii TEK* // *Ekologicheskiiy vestnik Rossii.* 2017. № 12. С. 12-22 (in Russian)

13. Solov'yev D.A. *Malaya energetika v Arktike: problemy adaptatsii i riski* // *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya.* 2017. № 11. С. 14-21. (in Russian)

14. *Renewable Energy Atlas – REAP: Renewable Energy Alaska Project [Elektronnyy resurs]. URL: <http://alaskarenewableenergy.org/index.php/focusareas/renewable-energy-atlas/>*

15. *Blokcheyn tekhnologii v innovatsionnoy energetike [Elektronnyy resurs]. URL: <http://energostrategiya.rf/2018/02/02/blokcheyn-tekhnologii-v-innovatsionnoy/> (in Russian).*

16. Nefedova L.V. i dr. *Faktory riska pri sooruzhenii energoob'yektov na vozobnovlyayemykh istochnikakh energii v Rossii* // *Vestnik MGSU.* 2016. № 12. С. 79-90.

17. Ioannou A., Angus A., Brennan F. *Risk-based methods for sustainable energy system planning: A review* // *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2017. Т. 74. С. 602-615.

18. Guerrero-Liquet G.C. i dr. *Decision-making for risk management in sustainable renewable energy facilities: A case study in the Dominican republic* // *Sustainability*. 2016. T. 8. № 5. S. 455.

19. Arnold U., Yildiz Ö. *Economic risk analysis of decentralized renewable energy infrastructures – A Monte Carlo Simulation approach* // *Renew. Energy*. 2015. T. 77. S. 227-239.

20. Saati T.L. *Prinyatiye resheniy pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh*. M.: URSS, 2010.

21. Fera M. i dr. *Risks Prioritization in Decision Making for Wind Energy Investments using Analytic Network Process (ANP)* // *Int. J. Appl. Eng. Res.* 2017. T. 12. № 10. S. 2567-2574.

22. Dornan M., Jotzo F. *Renewable technologies and risk mitigation in small island developing states: Fiji's electricity sector* // *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2015. T. 48. S. 35-48.

23. *EEX Wind Power Futures [Elektronnyy resurs]*. URL: <http://www.eex.com/en/products/energiewende-products/wind-power-futures/overview>

24. *Unlocking Renewable Energy Investment: The role of risk mitigation and structured finance*. Abu Dhabi: www.irena.org, 2016. 148 S.

Поступила в редакцию
02.06.2018 г.