



# ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

**4**  
**ВЫПУСК**  
**2018**

— МОСКВА —

### **УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!**

*Специальный выпуск журнала «Энергетическая политика» – «Синергия Арктики» всецело посвящен актуальным вопросам формирования парадигмы развития Арктики в современных условиях, основными принципами которой являются комплексное устойчивое развитие региона, формирование мультипликативного социально-экономического эффекта и передовых технологических компетенций для освоения арктических ресурсов.*

*В этом выпуске рассматриваются вопросы энергетики и энергетической политики в Арктическом регионе через призму экономических и международных отношений, экологии, логистики и др. Все эти сферы взаимосвязаны, и только при комплексном рассмотрении проблем освоения Арктики можно достичь синергетического эффекта.*

*Полагаем, что опубликованные статьи и результаты исследований будут представлять интерес для всех заинтересованных читателей.*

### **DEAR READERS!**

*A special issue of the «Energy Policy» journal called «Arctic Synergy» is dedicated entirely to the urgent problems of forming a paradigm of Arctic development under modern conditions with such basic principles as the integrated sustainable development of the region, creating a multiplicative social and economic effect and forming advanced technology expertise to explore Arctic resources.*

*This issue considers the problems of the energy industry and energy policy in the Arctic region through the lens of economic and international relations, ecology, logistics, etc. All these spheres are interconnected, and it is possible to achieve a synergy effect only subject to the integrated consideration of Arctic development problems.*

*We suppose that the articles and research findings published here will appeal to all interested readers.*



# ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

Выпуск **4**. 2018

Издается с 1995 года

Редакционная коллегия:

**В.В. Бушуев** – д.т.н., профессор, генеральный директор ИЭС, главный редактор

**Н.И. Вороний** – д.т.н. чл.-корр. РАН, научный руководитель ИСЭМ СО РАН, зам. главного редактора

**А.М. Мастепанов** – д.э.н., профессор, зам. директора ИЭС, зам. главного редактора

**В.В. Первухин** – отв. секретарь, к.и.н., ИЭС

**А.И. Громов** – к.э.н., Фонд «Институт энергетики и финансов», директор по энергетическому направлению

**А.Н. Дмитриевский** – д.г.-м.н., академик РАН, научный руководитель ИПНГ РАН

**В.А. Крюков** – д.э.н., чл.-корр. РАН, директор ИЭОПП СО РАН

**В.С. Квон (Won Soon Kwon)** – профессор, Университет международных исследований Ханкук, Р. Корея

**А.А. Макаров** – д.э.н., академик РАН, советник РАН

**О.С. Попель** – д.т.н., зам. директора ОИВТ РАН

**А.А. Михалевич** – д.т.н., академик НАН Беларуси, научный руководитель Института энергетики

**С.М. Сендеров** – д.т.н., зам. директора ИСЭМ СО РАН

**Ю.А. Станкевич** – зам. председателя Комитета РСПП по энергетической политике и энергоэффективности

**Е.А. Телегина** – д.э.н., чл.-корр. РАН, декан факультета международного энергетического бизнеса РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина

**Ю.К. Шафраник** – д.э.н., председатель Совета директоров ЗАО «МНК «СоюзНефтеГаз»

**А.Б. Яновский** – д.э.н., зам. министра энергетики РФ

Учредители журнала «Энергетическая политика»: ЗАО «Глобализация и Устойчивое развитие», Институт энергетической стратегии, Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН  
Издатель журнала ИЦ «Энергия».

Адрес редакции: 125009, Москва, Дегтярный пер., 9, оф. 011  
Телефон ред.: (495) 229-42-41 (доб. 230)  
E-mail: ies2@umail.ru; krilosov@guies.ru  
Web-site: <http://www.energystrategy.ru>  
Выходит 6 раз в год  
Ведущий редактор *С.И. Крылов*

Компьютерная верстка *В.М. Щербаков*  
Отпечатано в типографии Onebook

Подписано в печать 06.07.2018

Формат 60x84/8

Бумага офсетная. Печать офсетная

Усл. печ. л. 13,95. Уч. изд. л. 14,3

Тираж 500 экз.

Заказ № 29 (67/02-99) ИЭС № 376

© ЗАО «Глобализация и Устойчивое развитие», Институт энергетической стратегии, 2018  
Журнал «Энергетическая политика» входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК.  
При перепечатке материалов ссылка на издание обязательна.

ПОБЕДИТЕЛЬ VII ВСЕРОССИЙСКОГО  
ЖУРНАЛИСТСКОГО КОНКУРСА  
«ЛУЧШАЯ ПУБЛИКАЦИЯ  
ПО ПРОБЛЕМАМ ТЭК РОССИИ 2001 года»



## СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

### СИНЕРГИЯ АРКТИКИ

### SINERGY OF THE ARCTIC

- А.И. Бедрицкий.** Устойчивое развитие Арктической зоны Российской Федерации и климатические аспекты экологической и гидрометеорологической безопасности..... 3
- A.I. Bedritsky.** Sustainable development of the Russian Arctic zone and climatic aspects of environmental and hydrometeorological security
- А.А. Соловьянов.** Многомерная Арктика ..... 11
- A.A. Soloviyanov.** Multidimensional Arctic
- А.Я. Цуневский.** Арктика: суша против моря..... 18
- A.Ya. Tsunevsky.** Arctic: land against sea
- В.И. Богоявленский, И.В. Богоявленский.** Фундаментальные проблемы освоения ресурсов углеводородов в Арктике на современном этапе развития мировой нефтегазовой индустрии..... 22
- V.I. Bogoyavlensky, I.V. Bogoyavlensky.** Fundamental problems of Arctic hydrocarbon resource exploration at the modern stage of global oil and gas industry development
- А.М. Фадеев, А.Е. Череповицын, Ф.Д. Ларичкин, С.В. Федосеев.** Оценка приоритетности разработки месторождений российской Арктики как инструмент эффективного природопользования в современных макроэкономических условиях ..... 34
- A.M. Fadeev, A.E. Cherepovitsyn, F.D. Larichkin, S.V. Fedoseev.** Methods of analysis of the potential hydrocarbon fields in the Russian Arctic

- Ю.А. Щербанин.** Транспортно-логистическое обеспечение хозяйственного освоения российской части Арктики ..... 48
- Yu.A. Shcherbanin.* Transport and logistical support of Russian Arctic development
- A.S. Kovalenko, M.O. Morgunova, V.V. Gribkovskaia** Infrastructural synergy of the Northern Sea Route in the international context ..... 57
- A.S. Коваленко, М.О. Моргунова, В. Грибковская.* Инфраструктурная синергия Северного морского пути в международном контексте
- В.М. Зайченко, А.А. Чернявский, Н.Л. Новиков, А.Н. Новиков.** Стратегия инновационного развития электроэнергетики в Арктической зоне России ..... 68
- V.M. Zaychenko, A.A. Chernyavsky, N.L. Novikov, A.N. Novikov.* Innovative development strategy for electric power industry in the Russian Arctic zone
- Б.Г. Санеев, И.Ю. Иванова, Т.Ф. Тугузова.** Проблемы энергетики восточной зоны российской Арктики и возможные пути решения ..... 80
- B.G. Saneev, I.Yu. Ivanova, T.F. Tuguzova.* Energy problems in the Eastern zone of Russian Arctic and possible solutions
- Д.А. Соловьев, М.О. Моргунова.** Комплексное освоение российской Арктики: климатические вызовы, транспортные коридоры и новые энергетические технологии ..... 89
- D.A. Soloviev, M.O. Morgunova.* Integrated development of the Russian Arctic: climate challenges, transport routes and new energy technologies
- Л.В. Нефедова, А.А. Соловьев.** Новые вызовы и риски на пути развития распределенной энергогенерации в Арктическом регионе России..... 99
- L.V. Nefedova, A.A. Solovyev.* New challenges and risks for the development of distributed energy generation in the Arctic region of Russia
- В.Р. Кушккина.** Эффекты вовлечения ВИЭ в мониторинг состояния энергетической безопасности северных и арктических зон РФ ..... 109
- V.R. Kiushkina.* Effects of RES involvement in the energy security monitoring of Russian Northern and Arctic zones

УДК 504.75+620.9 (985)

А.И. Бедрицкий<sup>1</sup>

### УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*Аннотация.* Арктическая зона – один из самых чувствительных регионов нашей планеты. Климатические изменения и антропогенное загрязнение оказывают значительное влияние на природную среду, животный мир, образ жизни коренного населения Арктики. Сегодня весь мир нацелен на решение задач социально-экономического развития в контексте устойчивого развития. Для Арктической зоны такой подход имеет принципиальное значение. Арктика – уникальный, чувствительный к малейшим изменениям регион и отношение к нему должно быть особенное.

*Ключевые слова:* Арктика, Арктическая зона Российской Федерации, климатические изменения, экологическая и гидрометеорологическая безопасность, атомные и возобновляемые источники энергии.

А.І. Bedritsky<sup>2</sup>

### SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN ARCTIC ZONE AND CLIMATIC ASPECTS OF ENVIRONMENTAL AND HYDROMETEOROLOGICAL SECURITY

*Abstract.* The Arctic zone is one of the most sensitive regions of our planet. Climate changes and anthropogenic pollution have a significant impact on the natural environment, wild animals, and the living of the Arctic indigenous population. Today the whole world focuses on solving socioeconomic development problems in the context of sustainable development. This approach is critical for the Arctic zone. The Arctic is a unique region sensitive to even minor changes, so it should be treated with special attention.

*Keywords:* Arctic, Russian Arctic zone, climate changes, environmental and hydrometeorological security, nuclear and renewable energy sources.

По сравнению с другими странами региона в российской Арктике значительно больше численность населения, а ее природные ресурсы активно используются в интересах социально-экономического развития региона и страны в целом. Долгосрочные планы Правительства России предусматривают дальнейшее развитие хозяйственной деятельности в российской Арктической зоне. Приоритетные направления в основном связаны с освоением природных ресурсов (в первую очередь биоресурсной и минерально-сырьевой базы) и использованием транспортно-транзитного потенциала региона.

Международный термин «устойчивое развитие» (sustainable development), применительно

к российской Арктике и на море, и на суше означает для нас в первую очередь *минимизацию ущерба природной среде при промышленном освоении ресурсов арктической зоны, снижение риска для жизнедеятельности от последствий изменения климата и погодно-климатических явлений.*

Это процесс экономических и социальных изменений, при котором эксплуатация природных ресурсов, направление инвестиций, ориентация научно-технического развития, развитие личности и институциональные изменения согласованы друг с другом и укрепляют нынешний и будущий потенциал для удовлетворения человеческих потребностей и устремлений.

---

<sup>1</sup> Александр Иванович Бедрицкий – советник Президента РФ, специальный представитель Президента РФ по вопросам климата, к.г.н., e-mail: pr\_inh@gov.ru.

<sup>2</sup> Alexander I. Bedritsky – Adviser to the President of the Russian Federation, Special Presidential Envoy for climate issues, PhD in Geography, e-mail: pr\_inh@gov.ru.



Рис. 1. Сферы устойчивого развития

Принципы устойчивого развития заложены в основных документах по развитию арктического региона нашей страны. Это:

- Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу;
- Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года;
- Государственная программа Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года»;
- Концепция устойчивого развития коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации.

Насколько успешными будут наши шаги к сохранению арктического региона для будущих поколений, зависит от полноты и эффективности реализации этих принципов в конкретных программных мероприятиях.

Повестка дня в области устойчивого развития, принятая на Генеральной Ассамблее ООН в сентябре 2015 г., содержит 17 целей, направленных на ликвидацию нищеты, сохранение ресурсов планеты и обеспечение благополучия для всех. Одна из целей – борьба с изменением климата.

Для целей Рамочной конвенции ООН об изменении климата термин «изменение климата» – означает изменение климата, которое прямо

или косвенно обусловлено деятельностью человека, вызывающей изменения в составе глобальной атмосферы, и накладывающейся на естественные колебания климата, наблюдаемые на протяжении сопоставимых периодов времени.

Иначе говоря – изменение климата – это вызываемые деятельностью человека наблюдаемые и прогнозируемые долгосрочные изменения средних климатических показателей, а также изменчивость климата, последствиями которой являются такие аномалии как засухи, сильные ветры и наводнения.

Изменения климата в Арктике, которые мы наблюдаем уже сейчас, это увеличение числа опасных явлений (штормовой ветер, волнение, тяжелые ледовые условия, интенсивный дрейф льдов, опасное для судов сужение судоходного канала и др.), изменение режима вечной мерзлоты, изменения кормовой базы животных. Из выводов Пятого оценочного доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (2014 г.) следует, что весьма вероятно, что антропогенные воздействия вносили вклад в уменьшение площади морского льда в Арктике с 1979 года. С высокой степенью достоверности в докладе говорится о том, что среднегодовое значение площади арктического морского льда уменьшалось в течение 1979-2012 гг. темпами, которые, весьма вероятно, находились в диапазоне 3,5-4,1% за десятилетие. Прогнозируется, что потепление в Арктическом регионе будет продолжаться более быстрыми темпами, чем в среднем на планете. При всех сценариях репрезентативных траекторий концентраций прогнозируются круглогодичные сокращения площади арктического морского льда.

Одна из причин для озабоченности в отношении изменения климата связана с уникальными системами, находящимися в опасности: с высокой степенью достоверности известно, что некоторые экосистемы и культуры уже находятся в условиях риска, связанного с изменением климата. В дополнение к рискам, возникающим в результате величины потепления, наземные виды также чувствительны к темпам потепления, морские виды – к темпам и степени закисления океана, а прибрежные системы – к подъему уровня моря. По мере все большего потепления некоторым физическим системам и

## СИНЕРГИЯ АРКТИКИ



Рис. 2. Парижское соглашение по климату

экосистемам угрожает риск резких и необратимых изменений.

Осознавая последствия глобального потепления и свою ответственность за антропогенное влияние на климатическую систему, в декабре 2015 г. почти 200 стран мира приняли Парижское соглашение по климату, которое вступило в силу 4 ноября 2016 года.

Соглашение определило направление дальнейших действий мирового сообщества по удержанию роста средней глобальной температуры ниже 2°C. Соглашение направлено на укрепление глобального реагирования на угрозу изменения климата в контексте устойчивого развития и усилий по искоренению нищеты, в том числе посредством: повышения способности адаптироваться к неблагоприятным воздействиям изменения климата и содействия сопротивляемости к изменению климата и развитию при низком уровне выбросов парниковых газов, который не ставит под угрозу производство продовольствия.

Ожидается, что важные решения по механизмам реализации Парижского соглашения по климату будут подготовлены для принятия

их на 24-й Конференции Сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата в польском городе Катовице в декабре 2018 года.

Россия пока не ратифицировала Парижское соглашение по климату. По плану Правительства России вопрос о ратификации Парижского соглашения по климату будет рассматриваться в 2019 г., после всесторонней оценки социально-экономических последствий для России и рассмотрения решений по механизмам реализации Парижского соглашения, в разработке которых Россия принимает активное участие.

Соглашение предусматривает разработку каждой его стороной стратегии низкоуглеродного развития, рассчитанной на середину столетия, и планов по адаптации к климатическим изменениям. В нашей стране уже идёт работа по формированию таких документов и представляется наиболее эффективной их интеграция в действующие и разрабатываемые программы социально-экономического развития страны, регионов и отраслей промышленности. Это соответствует принципам государственной климатической политики, которые заложены в Климатической доктрине Российской Федерации.



Рис. 3. Климатические факторы, которые необходимо учитывать при реализации мероприятий по гидрометеорологической и экологической безопасности Арктической зоны

Они включают:

– интегрированность в Стратегии национальной безопасности и устойчивого социально-экономического развития;

– комплексность, предполагающую сбалансированность и взаимодополняемость мер по снижению антропогенного воздействия на климат и адаптацию экономики к изменениям климата, а также экономическую эффективность этих мер.

Особенности устойчивого развития Арктического региона, которое возможно только при учете региональных климатических изменений и их последствий, а также своевременном принятии предупреждающих адаптационных мер, обуславливают для Арктики необходимость создания комплексной стратегии устойчивого к изменению климата, низкоуглеродного развития.

Комплексная стратегия должна интегрировать ключевые элементы низкоуглеродного экономического развития и адаптационных программ предотвращения негативного влияния климатических изменений на социальные, экономические и экологические аспекты жизнедеятельности. Концептуальной основой формирования комплексной стратегии устойчивого к изменению климата низкоуглеродного развития

является содержание законодательно определенных понятий «гидрометеорологическая безопасность» и «экологическая безопасность».

Федеральным законом «О гидрометеорологической службе» определено, что «Гидрометеорологическая безопасность – это состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от воздействия опасных природных явлений, изменений климата».

Экологическая безопасность определена в ст. 1 Федерального закона «Об охране окружающей среды» как состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

Климатические факторы необходимо учитывать при реализации мероприятий по обеспечению гидрометеорологической и экологической безопасности Арктической зоны. Это – повышение средней глобальной температуры, повышение уровня Мирового океана, увеличение числа опасных погодноклиматических явлений.

В рамках мероприятий по обеспечению гидрометеорологической безопасности необходимо решать задачи по оценке уязвимости экономики Арктической зоны, проблем жизне-

## СИНЕРГИЯ АРКТИКИ



Рис. 4. Мероприятия по обеспечению гидрометеорологической безопасности в Арктике для адаптации к неблагоприятным воздействиям климата



Рис. 5. Смягчение последствий изменения климата в мероприятиях по обеспечению экологической безопасности в Арктике

## СИНЕРГИЯ АРКТИКИ

деятельности населения, в том числе коренных малочисленных народов; разработке технологий и проектов минимизации рисков негативного влияния климатических изменений на социальное и экономическое развитие региона; развитию научных исследований для улучшения понимания взаимодействия экосистем Арктики в условиях меняющегося климата; улучшению прогнозирования погодно-климатических явлений.

В качестве примеров можно привести разработку в ААНИИ Росгидромета новых методов и средств мониторинга гидрометеорологической и геофизической обстановки в западной части Арктической зоны РФ, а также разработанную в Институте географии РАН технологию оценки «каскадного эффекта» и синергизма последствий климатических изменений для природы, хозяйства и населения Арктики.

Сегодня Арктика является областью экономических и геополитических интересов многих стран, учитывая ее богатые природные ресурсы. Активное освоение региона требует таких же активных действий по минимизации экологических рисков.

В рамках мероприятий по обеспечению экологической безопасности требуют решения задачи

по внедрению наилучших доступных технологий, в том числе, направленных на снижение выбросов парниковых газов, изменение структуры генерации электроэнергии, утилизацию отходов и ликвидацию накопленного экологического ущерба, сохранение биоразнообразия.

В ключевом, для снижения выбросов, секторе энергетики на начальном этапе снижение выбросов парниковых газов будет достигаться комбинацией традиционных и возобновляемых источников. Планирование размещения объектов электроэнергетики осуществляется как на федеральном уровне, так и на региональном уровне. Утвержденная Правительством России 1 августа 2016 г. (распоряжение №1634-р) Схема территориального планирования Российской Федерации в области энергетики, предусматривает размещение объектов федерального значения в области энергетики на период до 2030 г., к которым относятся атомные электростанции, гидро-, ветровые и тепловые электростанции мощностью 100 МВт и выше.

В российской Арктике до 2030 г. планируется ввести 2091 МВт установленной мощности, вырабатываемой с помощью атомной и возобновляемой энергетики (2000 МВт за счет нового строительства и 91 МВт за счет расширения дей-



Рис. 6. Атомные и возобновляемые источники энергии, планируемые для размещения в Арктическом регионе до 2030 года



Рис. 7. Батагайская СЭС

ствующих электростанций), в том числе атомные электростанции – 600 МВт, гидроэлектростанции – 1091 МВт, ветровые электростанции 400 МВт. На сегодня общий объём мощности объектов ВИЭ в Арктической зоне составляет порядка 1 ГВт.

В качестве примеров на региональном уровне можно привести Комплексную программу РАО ЭС Востока по внедрению технологий возобновляемой энергетики, предусматривающую строительство на Дальнем Востоке, в том числе в Арктическом регионе, 178 солнечных станций и ветроэнергетических комплексов суммарной мощностью около 146 МВт.

Построенная компанией ПАО «РАО ЭС Востока» солнечная электростанция в поселке Батагай (Республика Саха (Якутия), занесена в Книгу рекордов Гиннеса и официально признана самым северным в мире объектом солнечной энергетики. Введенная в эксплуатацию 2 декабря 2015 г. станция имеет установленную мощность 1 МВт и располагается на площади 1 гектар. Солнечная станция интегрирована в существующую систему энергоснабжения поселка. Благодаря СЭС ежегодная экономия дизельного

топлива в п. Батагай составит порядка 300 т или 16 млн руб. в ценах 2015 года.

В регионе функционируют 13 солнечных станций в Республике Саха (Якутия) и 3 ветроэнергетических комплекса в Камчатском крае и Сахалинской области. Это первая очередь ветропарка, в дальнейшем планируется строительство еще 7 ветроустановок, в результате чего мощность комплекса достигнет 3 МВт.

На дальнейшую перспективу потребуются изменение структуры генерации электроэнергетики в сторону увеличения доли низкоуглеродных и возобновляемых источников электроэнергии, использования отходов для генерации, особенно в районах не имеющих линий электропередач.

Одной из характеристик социально-экономического развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности уже определен показатель – «удельный вес возобновляемых источников воспроизводства ресурсной базы (включая электроэнергию) в общем объеме ресурсной базы (в том числе в энергобалансе и энергопотреблении) Арктической зоны Российской Федерации».

## СИНЕРГИЯ АРКТИКИ

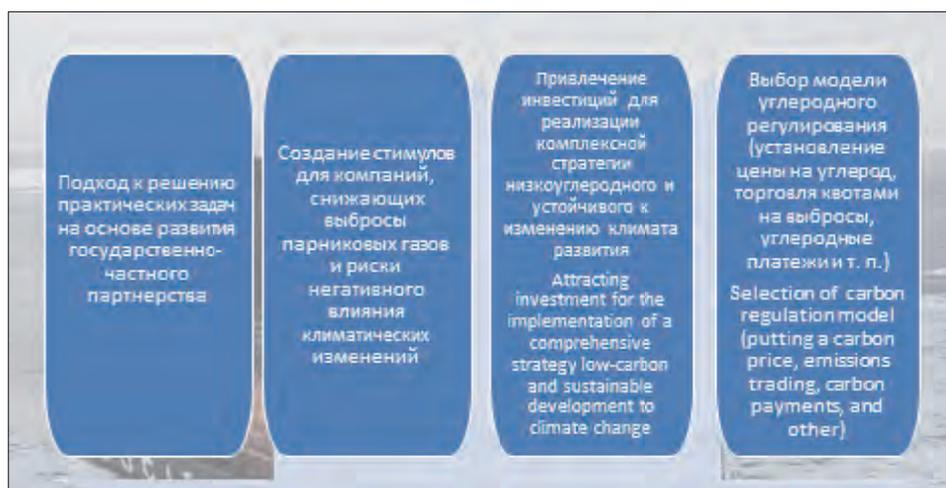


Рис. 8. Создание благоприятных условий для устойчивого развития Арктики

В Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года предусмотрено, что устойчивое социально-экономическое развитие Арктической зоны РФ осуществляется на основе системного взаимодействия государства, коммерческих и некоммерческих организаций и гражданского общества с использованием механизмов государственно-частного партнерства при реализации ключевых инвестиционных проектов, участия государства в устранении инфраструктурных ограничений экономического развития, решении социальных проблем, а также создания экономических механизмов стимулирования хозяйственной деятельности.

Подход к решению практических задач на основе развития государственно-частного партнерства, создание стимулов для компаний, снижающих выбросы парниковых газов и риски негативного влияния климатических изменений, выбор модели углеродного регулирования (установление цены на углерод, торговля квота-

ми на выбросы, углеродные платежи и т.п.), привлечение инвестиций для реализации комплексной стратегии низкоуглеродного и устойчивого к изменению климата развития станет ключом к успешному решению целого комплекса социально-экономических и природоохранных задач в Арктическом регионе.

В настоящее время мы имеем и желание, и возможности минимизировать антропогенное влияние человека на Арктику и максимально адаптироваться к уже наблюдаемым и ожидаемым изменениям климата, тем самым снижая риски в области гидрометеорологической и экологической безопасности. Современные технологии достигли очень высокого уровня и тесное международное сотрудничество по всем составляющим концепции устойчивого развития в Арктике – социальной, экономической и природоохранной, а также обмен опытом по реализации стратегий устойчивого развития между странами Арктического региона позволит реализовать даже самые смелые идеи.

Поступила в редакцию  
21.06.2018 г.

УДК 332.1 (98)

А.А. Соловьянов<sup>1</sup>

### МНОГОМЕРНАЯ АРКТИКА

*Аннотация.* Охарактеризованы биологические и минеральные ресурсы Арктики в целом и Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ), в частности, описаны направления их использования. Рассмотрены возможные сценарии достижения целей и решения задач национальных стратегических документов, направленных на социально-экономическое развитие АЗРФ.

*Ключевые слова:* Арктика, Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ), Северный морской путь, Северо-Западный проход, минеральные и биологические ресурсы, добыча полезных ископаемых, транспортная инфраструктура.

А.А. Soloviyanov<sup>2</sup>

### MULTIDIMENSIONAL ARCTIC

*Abstract.* The biological and mineral resources of the Arctic in General and the Arctic zone of the Russian Federation (Russian Arctic) in particular are characterized, the directions of their use are described. The possible scenarios for achieving the goals and objectives of the national strategic documents aimed at the socio-economic development of the Russian Arctic are considered.

*Keywords:* Arctic, Arctic zone of the Russian Federation ( Russian Arctic), Northern sea route, North-Western passage, mineral and biological resources, mining, transport infrastructure.

#### Введение

Арктикой чаще всего принято называть область Земли, лежащей за Северным полярным кругом (см. рисунок). Ее площадь составляет около 30 млн км<sup>2</sup>. Большую часть Арктики занимает акватория Северного Ледовитого океана, в состав которого входят Баренцево, Гренландское, Восточно-Сибирское, Карское и Чукотское моря, а также моря Лаптевых и Бофорта. За Северным полярным кругом лежат также акватории заливов Баффина и Фокс, многочисленных проливов и заливов Канадского Арктического архипелага и северные части Тихого и Атлантического океанов. Большая часть акватории Северного Ледовитого океана постоянно покрыта льдами, площадь которых меняется со временем года.

Площадь арктической суши составляет около 14 млн км<sup>2</sup>. Она охватывает северные побережья Евразии и Северной Америки, Канадский Арктический архипелаг (полностью или частично); архипелаги Шпицберген, Земля Франца-

Иосифа, Новая Земля и Северная Земля, многочисленные отдельно лежащие острова, включая остров Гренландия.

Советский Союз, а затем и Россия, установили суверенитет над частью Арктики, называемой сейчас Арктической зоной Российской Федерации, подкрепив эти действия последовательным выпуском ряда нормативных правовых актов. Первым из них было Постановление Президиума ЦИК СССР от 15 апреля 1926 г. «Об объявлении территорией СССР земель и островов, расположенных в Северном Ледовитом океане», а последним – Указ Президента РФ от 27 июня 2017 г. № 287 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации».

Таким образом, России в Арктике сейчас принадлежат архипелаги Северная Земля, Новая Земля и Земля Франца-Иосифа, Новосибирские острова, острова Визе, Врангеля, Вайгач, Медвежий, Колгуев, Колючин и несколько десятков других островов. В АЗРФ входят полностью или частично территории Республики

---

<sup>1</sup> Александр Александрович Соловьянов – заместитель директора Всероссийского научно-исследовательского института охраны окружающей среды (ФГБУ «ВНИИ Экология»), д.х.н., профессор, *e-mail*: soloviyanov@mail.ru.

<sup>2</sup> Alexander A. Soloviyanov – Deputy Director of the FSBO «Research Institute of Nature Protection» – «VNIИ Ecology», Doctor of Science (Chemistry), Professor, *e-mail*: soloviyanov@mail.ru.



*Арктика*

Саха (Якутия) и Республики Карелия, Мурманской и Архангельской областей, Красноярского края, Ненецкого, Ямало-Ненецкого и Чукотского автономных округов.

В настоящее время на территории и акватории Арктики располагаются владения не только России, но и еще семи арктических государств – Канады, Дании (остров Гренландия принадлежит Дании), США, Исландии, Норвегии, Швеции и Финляндии. России и Канаде принадлежит 80% арктической сухопутной территории, скандинавским странам – около 16%, США – 4%.

Любая хозяйственная деятельность в Арктике крайне затруднена из-за суровых климатических условий. Температура зимой в арктическом регионе может опускаться до  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  (средняя температура  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), летом она, как правило, не превышает  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ледяной и снежный покровы держатся в Арктике практически весь год. Зима в Арктике сопровождается длинной полярной ночью – до 100 суток на  $75^{\circ}$  с.ш.,

до 130 суток на  $80^{\circ}$  с.ш. и до полугода в районе географического полюса. При этом в Арктике очень часто дуют сильные ветры, переходящие в ураганы или бураны. Летом небо нередко затянуто серыми облаками, идет дождь (нередко со снегом), из-за сильного испарения воды с морской поверхности образуются густые туманы.

### Природные ресурсы Арктики

Несмотря на суровые природные условия, люди, не считаясь с жертвами, всегда стремились в Арктику, поскольку этот регион Земли обладает значительными минеральными и биологическими ресурсами. При этом с начала 20-го столетия внимание сосредоточилось в первую очередь на поиске и добыче углеводородного сырья, хотя не обошла Арктику и «золотая лихорадка».

Добыча нефти в промышленных масштабах началась в 20-х годах прошлого века на северо-западе Канады. В начале 1960-х годов круп-

ные залежи углеводородов были выявлены в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО), на Аляске и в дельте реки Маккензи, в Канаде. К настоящему времени за полярным кругом на суше открыто более 400 месторождений нефти и газа, и процесс выявления новых месторождений углеводородов далек от завершения. В дельте реки Маккензи разрабатывается около 50-ти месторождений нефти, а на принадлежащих Канаде островах – еще больше 15-ти. Наиболее крупные месторождения углеводородов в США приурочены к шельфу Аляски, самое известное из них – Прудо-Бей.

Больше всего месторождений углеводородов разрабатывается в АЗРФ, преимущественно в Западной Сибири. По оценкам, в АЗРФ сосредоточено около 80% запасов всей арктической нефти и значительная часть природного газа. Основной нефтегазовый район России и один из крупнейших нефтедобывающих регионов мира – Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО), где добывается около 60% нефти страны.

Значительные запасы углеводородов находятся и в шельфовой зоне АЗРФ. Так, на шельфе Баренцева моря обнаружено 11 крупных месторождений, в том числе четыре месторождения нефти (Приразломное, Долгинское, Варандейское, Медыньское), три месторождения природного газа (Мурманское, Лудловское, Северо-Кильдинское) и три газоконденсатных месторождения (Штокмановское, Поморское, Ледовое). В акватории Карского моря открыты Ленинградское и Русановское месторождения газового конденсата.

В декабре 2013 г. на арктическом шельфе АЗРФ в Печорском море со специально сконструированной платформы началась добыча нефти на Приразломном месторождении. Первая нефть, получившая название Arctic oil (ARCO), была отгружена в апреле 2014 года.

Помимо углеводородов недра Арктики содержат значительные запасы твердых полезных ископаемых – золота, серебра, алмазов, железных, никелевых, медных, хромовых, марганцевых, урановых, титановых, вольфрамовых и других руд. Обнаружены и добываются различные виды горнохимического сырья – апатитов, бокситов и фосфоритов. Прогнозные ресурсы угля в Арктике оцениваются в 780 млрд т, в том

числе около 600 млрд т энергетических и более 80 млрд т коксующихся углей. Общая стоимость минерального сырья арктических недр оценивается в 30 трлн долл., и около 20 трлн долл. из них приходится на долю энергетических ресурсов.

Видовое разнообразие животных в Арктике значительно ниже, чем на Земле в целом. В Арктике представлено от 25 до 26 тыс. видов живых организмов, то есть около 1,5% описанных видов современной биоты Земли. Около половины видового разнообразия приходится на долю животных, из них от 6 до 7 тыс. видов относится к наземным животным. Число видов млекопитающих во всей Арктике оценивается от 50 до 75 (около 15 из них – китообразные и ластоногие). В АЗРФ их число достигает 60 видов. Во всей Арктике насчитывается около 240 видов птиц, из них на территории России – около 200. По тундре кочуют несколько десятков многочисленных стад карibu и северных оленей, с которыми тесно связана жизнь коренных северных народов.

Суровые климатические условия, полярная ночь и ледяной покров на их акваториях неблагоприятны для развития фито- и зоопланктона, поэтому общая биологическая продуктивность арктических морей невелика. Относительно невелико и видовое разнообразие организмов, обитающих в этих морях. Так, ихтиофауна Баренцева моря насчитывает 114 видов, Карского – 54 вида, а моря Лаптевых – 37 видов. В Чукотском море к обычным арктическим видам присоединяются тихоокеанские бореальные виды.

Природные экосистемы Арктики весьма уязвимы к любым видам техногенного воздействия, поэтому все арктические страны уделяют большое внимание сохранению биоразнообразия. В Арктике существует достаточно много особо охраняемых природных территорий: в России – заповедники Большой Арктический, Остров Врангеля, Канда拉克шский, Усть-Ленский, Гыданский и биосферный Таймырский, национальный парк «Берингия» (совместно с США), в Дании – Гренландский национальный парк и др., в Норвегии – национальный парк Северо-Западный Шпицберген и др., в Канаде – национальный парк Баффин-Айленд, резерваты Байлот-Айленд, Банкс-Айленд и др., в США – на

полуострове Аляска национальные парки Катмай, «Ворота Арктики» и др.

### Транспортная инфраструктура

Социально-экономическое развитие арктической территории, в первую очередь освоение месторождений полезных ископаемых, невозможно без создания адаптированной к природным условиям Арктики транспортной инфраструктуры. Главную роль в Арктике играет судоходство и авиационные перевозки, без которых невозможно осуществлять снабжение населенных пунктов и горнопромышленных объектов. Морской транспорт является также основным средством доставки к перерабатывающим мощностям добытых полезных ископаемых.

Дорожная сеть в Арктике развита относительно слабо, и главное ее предназначение состоит в обслуживании внутренних нужд населенных пунктов. Относительно хорошо обустроена дорожная сеть на севере Скандинавии.

Полеты авиации осуществляются как внутри полярного круга, так и с его пересечением. Над Северным полюсом проходят воздушные трассы, соединяющие Европу, Северную Америку и Японию. Аэропортов в Арктике достаточно много, однако большая их часть предназначена для малой авиации. Крупные аэропорты, способные принимать большие авиалайнеры, расположены в Гренландии (аэропорт Кангерлуссуак), на Шпицбергене в Свальбарде (аэропорт Лонгйир), в Анкоридже и на полуострове Ямал (аэропорт Сабетта).

К важнейшим элементам транспортной инфраструктуры в Арктике относятся трубопроводы, проложенные в арктических зонах США, Канады и России для транспортировки нефти и газа в порты, на перерабатывающие заводы и перевалочные пункты за пределами региона. С 80-х годов прошлого века для перекачки углеводородов с разрабатываемых месторождений началось строительство и ввод в эксплуатацию трубопроводов большого диаметра и большой протяженности. Такие трубопроводы проложены, например, на Аляске (Трансальяскинский нефтепровод протяженностью 1288 км) в ХМАО и ЯНАО. Достаточно развита также сеть внутри-

промысловых и вспомогательных трубопроводов между второстепенными месторождениями.

В настоящее время в водах Арктики можно обнаружить суда самого различного предназначения и водоизмещения – танкеры, контейнеровозы, балкеры, траулеры и другие промысловые суда, ледоколы, пассажирские лайнеры и исследовательские суда, причем не только восьми арктических государств, но и других стран. Много в арктических водах и военно-морских подводных и надводных судов. Основными задачами перечисленных типов судов, помимо защиты экономических и политических интересов арктических государств, являются транспортировка добытых полезных ископаемых и биологических ресурсов, снабжение местного населения и туризм. Наиболее интенсивным является судоходство у северо-западного побережья России, берегов Норвегии, Гренландии, Исландии и Аляски.

Самыми крупными арктическими портами и гаванями в России являются Архангельск, Диксон, Дудинка, Игарка, Лабытнанги/Салехард, Мурманск, Певек, Сабетта и Тикси; в Канаде – Икалуит, Нанзивик, Тектоякчек и Черчилл; Норвегии – Вардо, Киркенес и Тромсе; США на Аляске – Барроу, Валдес и Ред-Дог.

Особое значение для арктического морского судоходства имеют два маршрута, пролегающие через Берингов пролив: Северо-Западный проход (СЗП) – путь между Тихим и Атлантическим океанами вдоль побережья Северной Америки через Канадский Арктический архипелаг и Северный морской путь (СМП) – из Европы по арктическим морям вдоль северного побережья России. С конца 70-х годов прошлого века российские ледоколы круглый год прокладывают путь кораблям по большей части СМП, а в 1991 г. СМП был открыт для международного судоходства.

В настоящее время СЗП по степени освоения и значимости значительно уступает СМП: в канадской Арктике живет значительно меньше людей по сравнению с АЗРФ, транспортная инфраструктура вдоль СЗП развита слабо, у Канады нет ледоколов для проводки кораблей через СЗП, ледовые изменения в канадской Арктике не отслеживаются в интересах судоходства, а сам маршрут следования кораблей по СЗП четко не определен.

### Экологические проблемы Арктики

Интенсивная хозяйственная деятельность в Арктике, связанная, в первую очередь, с поиском, добычей и переработкой полезных ископаемых, развитие и поддержание в рабочем состоянии транспортной инфраструктуры, обеспечение эффективного военного присутствия, обуславливают основные экологические проблемы в арктическом регионе. Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) относит к этим проблемам:

- изменение климата и таяние арктических льдов, а также размораживание вечномерзлотных грунтов вследствие глобального потепления;
- загрязнение вод северных морей загрязняющими веществами различной природы, в том числе нефтяными углеводородами, источником которых являются реки, смыв с промышленных и урбанизированных территорий и сбросы морского транспорта;
- захламление и загрязнения территорий отходами промышленного производства и твердыми коммунальными отходами (ТКО) и продуктами их разложения;
- повсеместное выпадение загрязняющих веществ в результате трансграничного переноса с удаленных промышленных территорий;
- сокращение биоразнообразия и популяций арктических животных в результате различных видов техногенного воздействия и изменения климата.

Природные экосистемы в арктическом регионе легко деградируют даже при относительно небольшом химическом или механическом воздействии, а для их восстановления «благодаря» низкой продуктивности потребуются многие десятки или даже сотни лет. Разработка месторождений полезных ископаемых, формирование транспортной инфраструктуры, иные виды хозяйственной деятельности без учета природных особенностей региона привели к возникновению в Арктике многочисленных зон экологического неблагополучия, получивших

название «объектов накопленного вреда окружающей среде» или «горячих точек», ликвидация или реабилитация которых требует значительных финансовых средств.

Среди всех прочих видов хозяйственной деятельности особую угрозу арктической природной среде представляет добыча на шельфе нефти или газового конденсата. Выбросы сырой нефти при пуске скважин, аварии на буровых или добывающих платформах, порывы трубопроводов, крушения танкеров приводят к загрязнению морской среды веществами, которые из-за постоянно низкой ее температуры не разлагаются в течение весьма длительного времени, нанося значительный вред как арктической биоте, так и живым организмам за пределами Арктики. Особенно опасны разливы нефти на покрытых льдом акваториях, поскольку в настоящее время нет эффективных технологий и оборудования для ликвидации таких аварий.

### Перспективы и направления развития АЗРФ

Оценивая в целом ту роль, которую играет Арктика, в том числе АЗРФ, в мировой экономике, можно отметить две ее особенности, не характерные для других регионов такого размера. Во-первых, Арктика пока занимает позицию сырьевого придатка или ресурсной колонии для экономики тех восьми стран, которые владеют ее секторами. Из недр Арктики извлекаются, а затем экспортируются на большую землю различные виды полезных ископаемых. То же самое происходит и с биологическими ресурсами – морепродуктами и морскими млекопитающими. Их переработка и использование происходит преимущественно на большой земле. В свою очередь в Арктику ввозятся в основном готовые продукты, необходимые для удовлетворения нужд местного населения или для обеспечения производственной деятельности.

Во-вторых, природно-климатические условия Арктики таковы, что добыча и минеральных, и биологических ресурсов, особенно ископаемого органического топлива, сопряжена с большими трудностями, серьезными материальными затратами и потерями, в том числе среди

трудового персонала. Создав такое грандиозное хранилище минерального сырья, особенно ископаемого топлива, именно в этом месте, Природа (или Господь Бог) постарались не допустить того, чтобы нынешнее поколение быстро растратило арктические запасы, замену которым в дальнейшем уже не найти. Поэтому арктическим государствам стоит задуматься о том, стоит ли допускать к природным ресурсам Арктики другие страны, активность которых направлена в первую очередь на ускоренное извлечение этих ресурсов.

Каждая из арктических стран по-своему решает проблему обустройства и использования своего сектора Арктики. Позиция России в этом вопросе сформулирована в ряде стратегических и концептуальных документов, главные из которых утверждены на президентском уровне: «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» (утв. 18 сентября 2008 г.) и «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» (утв. 20 февраля 2013 г.).

В первом из этих документов потребительские и собственнические нотки звучат достаточно явно, поскольку приоритетными национальными интересами считаются использование «Арктической зоны Российской Федерации в качестве стратегической ресурсной базы Российской Федерации, обеспечивающей решение задач социально-экономического развития страны» и «использование Северного морского пути в качестве национальной единой транспортной коммуникации Российской Федерации в Арктике».

Но уже во втором документе намерения государства относительно АЗРФ выражены в более «отеческой» форме, поскольку одним из приоритетных направлений названо «комплексное социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации».

31 августа 2017 г. Постановлением Правительства РФ №1064 утверждена новая редакция Государственной программы РФ «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года». Она должна создать условия для ускоренного подъема экономики собственно АЗРФ, достижения стратегических интересов и обеспечения национальной безопасности России в Арктике. На решение гражданских задач в АЗРФ предлагается выделить из бюджета около 70 млрд руб., в то время как на усиление военного присутствия – около 120 млрд рублей.

Оценивая мероприятия, включенные в Госпрограмму, нетрудно заметить, что реализация большинства из них сопряжена с достаточно серьезным воздействием на окружающую среду, поскольку предполагается интенсифицировать и добычу полезных ископаемых, и судоходство по СМП. В то же время мероприятия, которые направлены на обеспечение экологической безопасности, что требуют упомянутые «Основы государственной политики...», или сохранение уязвимых арктических экосистем, что требует упомянутая также «Стратегия развития ...», касаются лишь решения проблемы по «обращению с наиболее опасными затопленными ядерно и радиационно опасными объектами и радиационными отходами». Деятельность же по усилению экологического морского надзора или совершенствованию государственной сети наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды на территории АЗРФ, предусмотренная Госпрограммой, будет лишь подтверждать факты усиления деградации природной среды Арктики, но вряд ли поможет предотвратить это явление. Надо иметь в виду еще и то, что негативные изменения в экосистемах российского сектора Арктики, фиксируемые мировым сообществом, будут обязательно мешать России закрепить существующие границы АЗРФ на уровне ООН.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), 1998, Oslo, Norway, 859 p.*

2. Соловьянов А.А. *Безопасность добычи под вопросом. Нефть России. Спец. вып. «Ресурсы шельфа», 2011, с. 73-77.*

3. Соловьянов А.А. О путях решения проблемы защиты Арктической морской среды // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*, 2012, № 4, с. 41-49.

4. Федеральный закон от 28 июля 2012 г. №132-ФЗ «Закон о Северном морском пути».

5. Соловьянов А.А. О сохранении природной среды Арктической зоны Российской Федерации. Арктический регион: проблемы международного сотрудничества, РСМД. М.: Аспент пресс, т. 2, с. 223-242.

6. Российская Арктика: современная парадигма развития / под ред. А.И. Татаркина. СПб.: Нестор-История, 2014. 844 с.

7. Постановление Правительства РФ от 21 апреля 2014 г. № 366 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации

«Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации».

8. Государственная программа «Реализация государственной национальной политики». Утв. Постановлением Правительства РФ от 29 декабря 2016 г. № 1532.

9. Арктическое пространство России в XXI веке: факторы развития, организация управления / под ред. В.В. Ивантера. СПб.: Наука, 2016. 1040 с.

10. Особенности и проблемы обеспечения экономической безопасности в Российской Арктике. Научно-аналитический доклад / под науч. ред. В.С. Селина, Т.П. Скуфьиной, Е.П. Башмаковой, М.В. Ульченко. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2018. 51 с.

### REFERENCES

1. *Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP)*, 1998, Oslo, Norway, 859 p.

2. Solov'yanov A.A. *Bezopasnost' dobychi pod voprosom. Neft' Rossii. Spets. vyp. «Resursy shel'fa»*, 2011, s. 73-77.

3. Solov'yanov A.A. *O putyakh resheniya problemy zashchity Arkticheskoy morskoy sredy // Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse*, 2012, № 4, s. 41-49.

4. *Federal'nyy zakon ot 28 iyulya 2012 g. № 132-FZ «Zakon o Severnom morskoy puti»*.

5. Solov'yanov A.A. *O sokhranenii prirodnoy sredy Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii. Arkticheskoy region: problemy mezhdunarodnogo sotrudnichestva, RSMD. M.: Aspent press, t. 2, s. 223-242.*

6. *Rossiyskaya Arktika: sovremennaya paradigma razvitiya / pod red. A.I. Tatarkina. SPb.: Nestor-Istoriya, 2014. 844 s.*

7. *Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 21 aprelya 2014 g. № 366 «Ob utverzhenii gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Sotsial'no-ekonomicheskoye razvitiye Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii»*.

8. *Gosudarstvennaya programma «Realizatsiya gosudarstvennoy natsional'noy politiki». Utv. Postanovleniyem Pravitel'stva RF ot 29 dekabrya 2016 g. № 1532.*

9. *Arkticheskoye prostranstvo Rossii v XXI veke: faktory razvitiya, organizatsiya upravleniya / pod red. V.V. Ivantera. SPb.: Nauka, 2016. 1040 s.*

10. *Osobennosti i problemy obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti v Rossiyskoy Arktike. Nauchno-analiticheskiy doklad / pod nauch. red. V.S. Selina, T.P. Skuf'inoy, Ye.P. Bashmakovoy, M.V. Ul'chenko. Apatity: Izd. KNTS RAN, 2018. 51 s.*

Поступила в редакцию  
15.06.2018 г.

УДК 332.1 (985)

А.Я. Цуневский<sup>1</sup>

### АРКТИКА: СУША ПРОТИВ МОРЯ

*Аннотация.* Свои стратегические интересы к Арктике де-факто обозначили крупнейшие международные корпоративные игроки и государства. Несмотря на колебания глобальной экономической и геополитической конъюнктуры Арктика останется «на мушке» международного сообщества весь XXI век, в первую очередь по причине своего масштаба и чувствительности в широком понимании. Поиск баланса путей освоения и, одновременно, сохранения колоссального по своей значимости региона Мира будет ключевым предметом диалога и взаимодействия мировых сил, в эпицентре которых – российское государство.

*Ключевые слова:* Арктика, Россия, человек, богатства, освоение.

А.Ya. Tsunevsky<sup>2</sup>

### ARCTIC: LAND AGAINST SEA

*Abstract.* Leading global corporate players and states defined de facto their strategic interests in the Arctic. Despite the fluctuating global economic and geopolitical situation, the Arctic remains «in the cross hairs» of the international community throughout the 21st century, mainly due to its scale and sensitivity in a general sense. A search for the balance between the ways of exploration and, at the same time, preservation of the World's region immense in terms of its significance will be a key subject in the dialogue and interaction between global forces with the Russian state as their focal point.

*Keywords:* Arctic, Russia, man, resources, exploration.

Безграничные богатства Арктики еще в первой половине XX в. дали совершенно определенное понимание человечеству о колоссальном резерве, который у него есть, и на который можно будет полагаться еще не одно столетие вперед и на которое смогут рассчитывать будущие поколения. Настольно оно велико, значительно, неприступно. И сегодня, уже во втором десятилетии XXI в., человек также отталкивается в своих мыслях и действиях, исходя из этого достояния.

Действительно, как кубышка у средневековых крестьян, как драгоценная реликвия или семейная ценность дворянской семьи серебряного века, либо металлический счет в банке современного капиталиста – все это некий стратегический запас, может символический, а может довольно значительный – дает понимание его держателю и хранителю ощущение уверенности, защищенности, а где-то вполне сакрального смысла.

Если взглянуть на Россию, то в поисках смыслов, неизведанных границ поколения первооткрывателей и исследователей нанизывали эти знания и открытия, позже отразившиеся во вполне определенных очертаниях на карте, этот багаж, эту кубышку в ее собственный государственный резерв, и одновременно резерв ее граждан, ее сыновей и дочерей. Пройдут годы, и каждый из нас почувствует величину его особенной собственной части общего национального достояния.

Поиски путей распоряжения и применения наследия каждый вправе определять самостоятельно, но не без того этот процесс требует очень взвешенного и многостороннего подхода. Когда речь идет о наследии целой страны, определение верного направления освоения территорий должно включать анализ всех возможных предпосылок и последствий этого процесса.

Что же представляет арктическое наследие для России и как с ним поступить? Этот вопрос

---

<sup>1</sup> Андрей Ярославович Цуневский – член подкомитета ПК9 «Арктические операции» технического комитета по стандартизации Росстандарта ТК 23 «Нефтяная и газовая промышленность», подкомитета ISO/TC67/SC8 «Arctic operations», e-mail: tsunevskiy@mail.ru.

<sup>2</sup> Andrey Ya. Tsunevsky – Member of the SC9 Arctic Operations Subcommittee at the Rosstandart TC 23 Oil and Gas Industry Technical Committee for Standardization, ISO/TC67/SC8 Arctic Operations Subcommittee, e-mail: tsunevskiy@mail.ru.

не первый день стоит на повестке дня, но пока так и не появилось окончательного и верного ответа. Но определенно есть общее ощущение колоссального интереса к этому наследию, в первую очередь ввиду его величины, значения и смысла. Но также есть ощущение, что его непременно нужно беречь всеми силами и трудами.

В первую очередь Арктика, «обнимая» подавляющую часть морских границ России, дает право контролировать колоссальное пространство одного из ключевых регионов Мира. Этот аспект, бесспорно, вносит существенный акцент в международные отношения, давая России серьезный аргумент в широком спектре вопросов освоения Арктики. Одновременно с таким правом Россия является носителем соразмерной ответственности перед всеми участниками этого процесса.

Пограничное присутствие государства на собственной границе имеет ключевое значение для его целостности. Сегодняшняя активная деятельность в этом направлении совершенно верно расставляет приоритеты государственной политики по защите национальных интересов в Арктике.

Цикличность изменения климата в различные периоды развития и промышленного освоения территорий Севера, безусловно, может дать определенное окно возможностей для каждого вида деятельности. Сложность перспективного прогнозирования этого процесса в настоящее время все-таки не дает полной уверенности в достоверном определении этих периодов, как по времени так и по продолжительности. Тем не менее полноценный анализ климатических процессов дает основания для корректировки определенных тактических подходов в освоении арктических территорий, как сухопутных, так и морских. Данный факт обуславливает более затратную статью по созданию более широких граничных условий для применения техники и технологии, планируемых к долгосрочному использованию при освоении Арктики.

Отмеченная протяженность арктической границы Российской Федерации отражает еще один ключевой аспект в рамках вклада России в освоение Севера – международное использование Северного морского пути.

Возрастающая интенсивность современных международных связей, в том числе в их товарообмене, постепенно возвращает свое внимание к использованию Северного морского пути в качестве наиболее эффективного морского сообщения между Европой и Азией. Безусловно, еще очень значительный вклад необходим в повышение безопасности его использования. Комплексное обустройство Северного морского пути совместно с пограничной и метеорологической инфраструктурой на территории России позволит обеспечить доступность и безопасность мореплавания в Арктике. Потепление климата, безусловно, будет способствовать повышению эффективности этого процесса.

Очень важным является вопрос экологии арктического мореплавания и интенсивного использования Севморпути. В целях сохранения и защиты уникальной экосистемы Арктики требуется международная кооперация по регулированию и сокращению выбросов судовых двигателей и других стоков в арктическом регионе. Значительно улучшить экологическую обстановку могло бы перспективное использование СПГ в качестве судового топлива при пересечении арктической акватории.

Наконец, если вернуться к «кубышке», – все-таки человека всегда манит кладовая. Современный виток интереса к Арктике вызвал цикл потепления и сокращения арктического ледового поля и, соответственно, прогнозируемого окна возможностей для взятия (или как минимум – подготовки для будущего взятия) колоссального углеводородного потенциала во время высоких цен на нефть и газ.

Но ведь Арктика – это еще и рыбные ресурсы, редкоземельные металлы и многое другое. Все это известно и описано. Но слишком необъятен этот ресурс – Арктика. Поэтому и необходимо ставить вопросы о комплексной проработке планов, в первую очередь инфраструктурного развития и освоения северных территорий, чтобы уже после открылось настоящее окно возможности в его полномасштабном промышленном освоении, если на это все-таки решится будущее поколение.

Таким образом, все описанные процессы носят системный характер. Не представляется возможным рассматривать их экономическое

развитие изолированно друг от друга. В целях наибольшего синергетического эффекта целесообразно планомерное развитие всех сторон жизнедеятельности человека в Арктике, безусловно, через призму экологического равновесия.

В первую очередь это возможно путем определения и проложения инфраструктурных связей, расшивки узких мест в коммуникациях между экономическими центрами развития в Арктике в целях должного функционирования всего региона. Локомотивом в этом процессе уже сегодня выступает нефтегазовый и горно-рудный комплексы. Создаются автомобильные, железные дороги, водные переправы, порты в Арктике. Выход на шельф северных морей потребует дальнейшего развития арктического судостроительства, ледокольного флота, северной авиации, арктической метеорологии. Необходимо еще большая координация усилий других участников экономического процесса.

Нельзя представить эффективного функционирования субъектов экономического процесса без надежных источников энергии, а, значит, и жизни – дешевая электрификация и эффективная передача электроэнергии на большие расстояния остаются ключевым звеном в цепочке эффективного, в первую очередь инфраструктурного, освоения обширных арктических территорий. Будь то мобильные плавучие атомные электростанции, альтернативная энергетика ветра и Солнца – все по отдельности или в целом должно включиться в большой единый многозвенный механизм.

Необходимо искать и реализовывать перекрестные цепочки сырьевого и товарного производства в Арктике – открывать взаимодополняющие стороны смежных производств и получать максимальную пользу от их комплексного планомерного освоения. Уже сегодня некоторая полномасштабная инвентаризация существующих арктических производств, возможно, даст конкретные прикладные и вполне экономические результаты от их взаимоувязанного функционирования. Результаты такого анализа могли бы подсказать о недостающих инфраструктурных элементах и связях, может совершенно очевидных, а порой забытых или утраченных. Приведение подобного порядка в построение и восстановление системы стало бы опорной сет-

кой, дорожной картой инфраструктурного развития всего региона.

Поиск некоторого баланса в технике и подходах освоения прибрежных и морских территорий в зависимости от цикла климатических изменений мог бы существенно снизить риски реализуемых и перспективных арктических проектов. Широта распространения многолетнемерзлых пород, динамика изменения ледового поля, возможное проявление газогидратов в море – все налагает определенные технико-экономические барьеры при принятии управленческих решений. Постановка такого рода задачи для отечественной науки и получение соответствующих ответов способствовало бы более рациональному и взвешенному подходу в разработке общей стратегии освоения.

Оставление отходов в Арктике, любого вида – производственных либо бытовых, бесспорно пагубно для ее экосистемы. Одновременно, организовав комплексное системное использование, утилизацию и переработку отходов, можно не только улучшить экономику производств, но и защитить сверхчувствительную флору и фауну от разрушения. Ярким примером является эффективная реализация федерального закона об утилизации попутного нефтяного газа нефтегазодобывающих производств, что способствует извлечению дополнительной пользы от его использования и, одновременно, упреждает нанесение ущерба окружающей среде. Широкий анализ преимуществ ведения промышленных и домашних хозяйств замкнутого цикла в традиционном и, конечно, арктическом контексте, безусловно, даст свои плоды.

Ну и, конечно же, в центре всего арктического круговорота или подъема стоит человек. Все это в первую очередь его история, история его семьи, дело его рук. Будь это представитель коренного народа Севера, член экспедиции, сотрудник НИИ или вахтовик. Готов ли он сегодня рисковать как его предки в поисках лучшей или своей новой жизни на Севере, готов ли он пойти за сиянием небосвода, как за новой мечтой? Безусловно, человек откликнется на этот призыв. Такова история. И такие люди есть – почти два миллиона человек Арктической зоны РФ – это тот самый резерв, который уже сегодня «тянет» Арктику на своих плечах. Безусловно,

к ним подключатся и другие, если их снова позовут делать одно общее большое дело. Так было всегда в истории нашей страны.

Но, конечно, человека тоже нужно развивать, готовить к смелому и решительному открытию новой арктической страницы истории его страны. Важна и мощная поддержка со стороны государства, инвесторов. Отнюдь не только материальная. Не говоря о социальной составляющей, для его полноценной и, в первую очередь, безопасной жизнедеятельности необходимы прогрессивные результаты в области арктической медицины, изучения динамики психологического сопровождения деятельности человека в Арктике, в сверхсложных, а иногда критических, условиях.

Арктика для России остается прежде всего геополитической проблемой или задачей в контексте исторического процесса борьбы суши и моря. В свое время победу одержали каравеллы над караванами. Еще Петр I осознавал значение моря в символе, развитии и статусе России на рубеже его веков.

Вектор развития российского государства долгое время оставался ориентированным к границам существующих очагов экономического развития – на востоке к Тихому океану, на юге – к Индийскому. Арктика оставалась в сознании государства неким одновременно неприступным рубежом и некой данностью судьбы, той самой «кубышкой», тайником. Может быть, ощущение силы и величины этого символического тыла и позволило России оттолкнуться так далеко в распространении своего влияния вглубь и к границам целого континента.

Сегодня Северный ледовитый океан и омываемая им российская часть суши в существующем контексте международного развития может стать для России тем самым символом, местом (аккумулятором приложения усилий современной мысли и науки) которое позволило бы сконцентрироваться на себе, у себя на «заднем дворе», и, одновременно, на передовой научно-технического прогресса. И, может быть, будущий ход истории действительно приведет в равновесие сушу и море, необъятную территорию российской Арктики.

Поступила в редакцию  
12.06.2018 г.

УДК 622.323+622.324 (98)

**В.И. Богоявленский, И.В. Богоявленский<sup>1</sup>**

### **ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ РЕСУРСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ В АРКТИКЕ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ИНДУСТРИИ**

*Аннотация.* Рассмотрены основные проблемы, возникшие в настоящее время при освоении ресурсов нефти и газа на акваториях Мирового океана и Арктики. Показаны основные тренды развития мировой нефтегазовой индустрии и определены рекомендации по освоению шельфа России. Показано, что из-за низкого уровня изученности лито- и гидросфер Арктики широкомасштабное освоение углеводородных ресурсов арктических акваторий способно принести колоссальные убытки, связанные с необходимостью ликвидации возможных катастрофических последствий, которые неоднократно происходили на суше АЗРФ во времена СССР. Геоэкологические последствия этих катастроф до сих пор не ликвидированы и недостаточно исследованы. Вместе с тем не вызывает никаких сомнений необходимость проведения активных нефтегазопроисловых работ на всем шельфе России.

*Ключевые слова:* Арктика, нефть, газ, АЗРФ, геоэкологические проблемы.

**V.I. Bogoyavlensky, I.V. Bogoyavlensky<sup>2</sup>**

### **FUNDAMENTAL PROBLEMS OF ARCTIC HYDROCARBON RESOURCE EXPLORATION AT THE MODERN STAGE OF GLOBAL OIL AND GAS INDUSTRY DEVELOPMENT**

*Abstract.* The paper considers main problems arising today when exploring oil and gas resources in the global ocean and Arctic waters. It shows the key trends of the global oil and gas industry development and defines recommendations on the Russian shelf exploration. It is demonstrated that the large-scale development of hydrocarbon resources in the Arctic waters with the understudied Arctic lithosphere and hydrosphere may lead to tremendous losses associated with the need to eliminate potential catastrophic consequences recurred on the Russian Arctic zone shore in Soviet times. Geoeological consequences of such catastrophes have been neither eliminated nor adequately investigated until now. At the same time, there is no doubt that intense petroleum exploration is necessary along the entire Russian shelf.

*Keywords:* Arctic, oil, gas, Russian Arctic zone, geoeological problems.

#### **Освоение ресурсов нефти и газа за рубежом**

В последние годы в нефтегазовой индустрии мира происходят, или уже произошли, серьезные изменения, оказывающие значительное влияние на экономику не только на локальном уровне отдельных стран, но и в глобальном масштабе [1-14]. Среди особенно важных событий

отметим существенное расширение ресурсной базы известных и открытие новых нефтегазоносных бассейнов (НГБ) в Мировом океане, включая шельф и континентальный склон Бразилии, шельф Израиля, Кипра, Танзании, Мозамбика и ряда других стран. В большинстве новых НГБ превалирует газ, что увеличивает конкуренцию для ПАО «Газпром» и его шельфовых проектов в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ).

---

<sup>1</sup> Василий Игоревич Богоявленский – заместитель директора по научной работе Института проблема нефти и газа (ИПНГ) РАН, чл.-корр. РАН, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой геоэкологии РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, *e-mail:* vib@pgc.su;

Игорь Васильевич Богоявленский – научный сотрудник ИПНГ РАН, заведующий лабораторией РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, *e-mail:* igorbogoyavlenskiy@gmail.com.

<sup>2</sup> Vasily I. Bogoyavlensky – Deputy Director for Science at the Oil and Gas Institute of the Russian Academy of Sciences (OGI RAS), Corresponding Member of the RAS, Doctor of Engineering, Full Professor, Head of the Department of Geoeology at the Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), *e-mail:* vib@pgc.su;

Igor V. Bogoyavlensky – Researcher at the OGI RAS, Head of the Laboratory at the Gubkin RSU of Oil and Gas (NRU), *e-mail:* igorbogoyavlenskiy@gmail.com.

---

За последние 15 лет в Мексиканском заливе ряд ужасающих по силе ураганов нанес значительный урон морской нефтегазовой индустрии и всей экономике США. В частности, в августе-сентябре 2005 г. ураганы Катрина и Рита полностью разрушили 113 и серьезно повредили 52 платформы, произошли значительные разливы нефти и нефтепродуктов. В 2010 г. дополнительный удар по нефтегазовой отрасли мира нанесла катастрофа на месторождении Macondo, породившая самую крупную в мирное время экологическую катастрофу на шельфе и принесящая ущерб компании BP около 65 млрд долл. [14]. Если в период с 1990 по 2005 гг. в Мексиканском заливе в среднем действовало около 4 тыс. платформ (примерно половина платформ мира) при максимальном количестве 4049 в 2001 г., то к концу 2016 г. их число сократилось почти в два раза (около 2110) [4].

На шельфе Арктики результаты бурения в 2015 г. компанией Shell разведочной скважины на газовом месторождении Burger в Чукотском море показали отсутствие коммерчески рентабельных запасов. В связи с этим Shell приостановила инвестиции на северном шельфе Аляски, а ее финансовые потери превысили 7 млрд долл. (включая стоимость приобретения лицензионных участков). Компании Chevron, Total и Statoil также приняли решение о прекращении или замораживании проектов освоения арктической акватории Аляски. По данным Rystad Energy, с середины 2014 г. из-за мирового кризиса приостановлена реализация 63 крупных проектов на сумму около 230 млрд долл., что приведет в 2026 г. к уменьшению мировой добычи на 3 млн баррелей/сут. (около 150 млн т в год) [12]. В их числе особенно дорогие проекты в Арктике, которые могут быть рентабельными при цене на нефть более 80 долл./баррель.

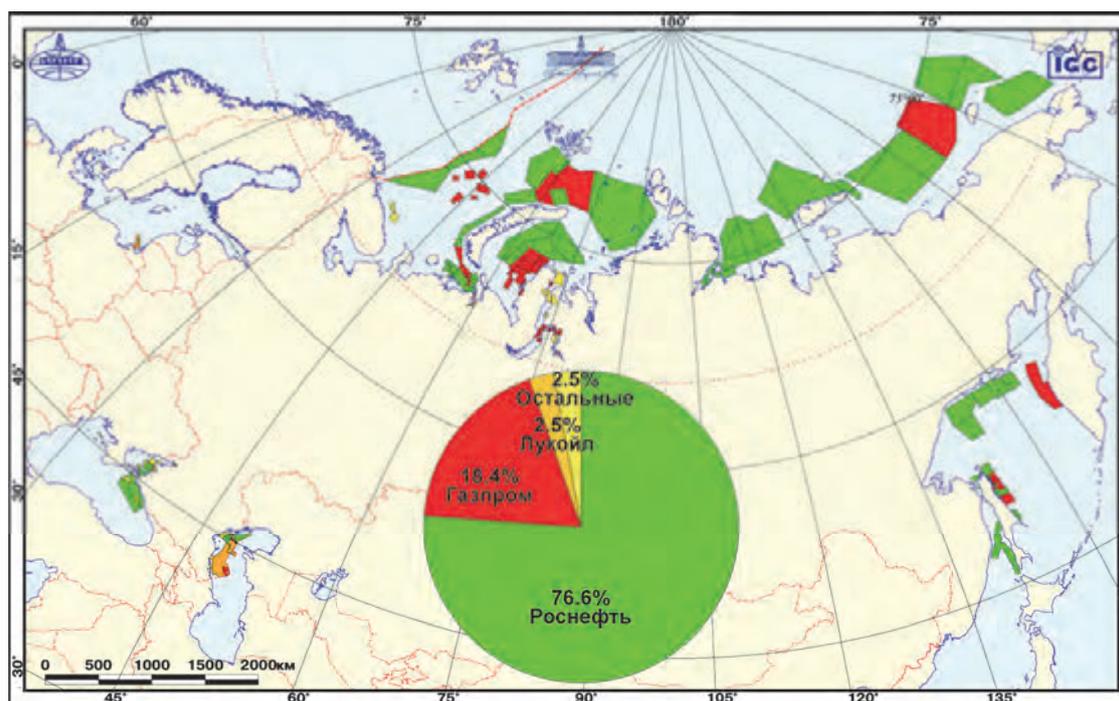
Международное энергетическое агентство IEA (International Energy Agency), понимая сложности добычи нефти и газа из морских арктических месторождений признает, что *«Арктическую нефть можно считать нетрадиционным ресурсом в силу ее относительной недоступности»* (unconventional resources) наравне со сланцевыми УВ, газогидратами, сверхтяжелыми нефтями, битумами и свехглубокими залежами УВ [13]. Нетрадиционными арктиче-

ские ресурсы УВ делают: недостаточная изученность региона, особенно акваторий; тяжелые природно-климатические условия, наличие льда на акваториях большую часть года; необходимость применения специальных технологий и морозостойких материалов; высокая стоимость работ, снижающая рентабельность проектов; отсутствие технологий ликвидации разливов на море в ледовых условиях; логистические проблемы, включая доставку и содержание персонала и др. На основе мирового опыта с учетом оптимистичного прогноза можно утверждать, что в ледовых условиях Арктики можно ликвидировать не более 10-20% разлившейся нефти [1-4].

Бизнес в США все больше стал ориентироваться на развитие технологий повышения нефтеотдачи и добычи углеводородов (УВ) из традиционных и нетрадиционных залежей на суше. В США на фоне снижения активности на акваториях наблюдается стремительный рост добычи газа и нефти из сланцевых и низкопроницаемых коллекторов, которые в ближайшее время позволят сделать страну энергетически независимой и крупным экспортером УВ. При этом себестоимость производства УВ снизилась, а дебиты новых скважин многократно выросли, что сделало это новое направление более привлекательным, чем добыча УВ на шельфе, особенно арктическом. Из-за стратегической ошибки в недооценке «сланцевой революции» в российском секторе Баренцева моря заморожен проект освоения гигантского Штокмановского месторождения, предусматривавший производство СПГ для экспорта в США.

В 2017 г. США впервые за 60 лет стали нетто-экспортерами газа. В дополнение к первому заводу СПГ Sabine Pass, на котором уже действуют четыре линии суммарной производительностью около 20 млн т, в марте 2018 г. начал работать второй завод СПГ Cove Point в штате Мэриленд мощностью около 4 млн т. Особенностью работы данного завода является то, что СПГ впервые вырабатывается из сланцевого газа (формации Марселлус и Утика).

По данным компании IHS Markit, мировой кризис привел к значительному увеличению количества простаивающих буровых установок, из-за чего в период с начала 2013 г. до апреля 2018 г. произошло четырехкратное снижение



**Рис. 1.** Лицензионные участки на шельфе России и диаграмма долевого распределения их суммарной площади по недропользователям (состояние на 01.01.2018)

стоимости их аренды (полупогружные БУ и буровые суда – с 600 до 140 тыс. долл./сут.) [11]. Еще хуже ситуация наблюдается на рынке геофизических услуг. Из-за дефицита контрактов в 2015-2016 гг. стоимость акций основных геофизических компаний снизилась в 2,2-9 раз (PGS – 2,2 раза, Polarcus – 3,6; CGG – 4,4; EMGS – 9). Зарубежные и отечественные нефтегазодобывающие и сервисные компании переживают очень трудные времена.

На арктических акваториях наибольшая активность наблюдается на шельфе норвежского сектора Баренцева моря, который в своей южной части благодаря Гольфстриму свободен ото льда, что позволяет круглогодично проводить поисково-разведочное бурение (ПРБ) и применять традиционные технологии освоения морских месторождений. По данным NPD (Norwegian Petroleum Directorate), в 2017 г. здесь было пробурено рекордное количество скважин ПРБ – 17 (12 поисковых и 5 разведочных). По состоянию на начало 2018 г., на всем шельфе Норвегии пробурено 6202 скважины, включая 1654 скважин ПРБ (из них 145 в Баренцевом море).

### Освоение ресурсов нефти и газа в АЗРФ

Для сравнения с вышесказанным отметим, что на арктическом шельфе России с морских буровых установок пробурено 89 скважин ПРБ, включая в российской части Баренцева и Печорского морей – 56 и в Карском море (с глубинами) – 33 [1, 4]. В России в связи с изменением законодательства «О недрах» в 2008 г. основными недропользователями на шельфе являются ПАО «Газпром» и ПАО «НК «Роснефть». На рис. 1 показано размещение и долевое распределение 126-ти морских лицензионных участков (в Арктике – 58%), включая участки в переходных зонах суша-море.

Несмотря на высокий уровень лицензионной активности (см. рис. 1), наблюдается небывалый за 36-летний период снижения объемов геолого-разведочных работ (ГРР) на российском шельфе Арктики, начавшийся, как и на суше, до введения санкций при достаточно высоких ценах на УВ. В 2011-2017 гг. пробурено всего 4 скважины ПРБ: в 2011 г. в Карском море на морском продолжении Харасавэйского месторождения; в 2014 г. в Печорском море на Долгинском место-

## СИНЕРГИЯ АРКТИКИ

рождении; в Карском море на Университетской структуре, на которой ПАО «НК «Роснефть» открыто новое месторождение, получившее название «Победа»; в 2017 г. в Карском море на Ленинградском месторождении ПАО «Газпром». При этом бурение трех последних скважин проводилось старыми (на время работ – от 27 до 34 лет) зарубежными буровыми установками из Румынии, Норвегии и Китая. При таком подходе арктические проекты нельзя называть локомотивом инновационного развития России.

Перечисленные выше проблемы с кризисом цен на нефть, снижение доходов России от экспорта УВ, рост себестоимости нефтегазодобычи и влияние санкций сказываются на темпах развития действующих и на сроках начала реализации новых арктических проектов, включая увеличение газодобычи в Бованенковском регионе и начале освоения морских месторождений в Обской и Тазовской губах Карского моря. Снижение рентабельности ряда новых проектов (особенно шельфовых в Арктике) однозначно отодвинет сроки их реализации и внесет негативные коррективы в планы развития нефтегазодобывающей отрасли России.

Несмотря на геополитические и экономические сложности последних лет не вызывает сомнений, что *внутригосударственная и мировая*

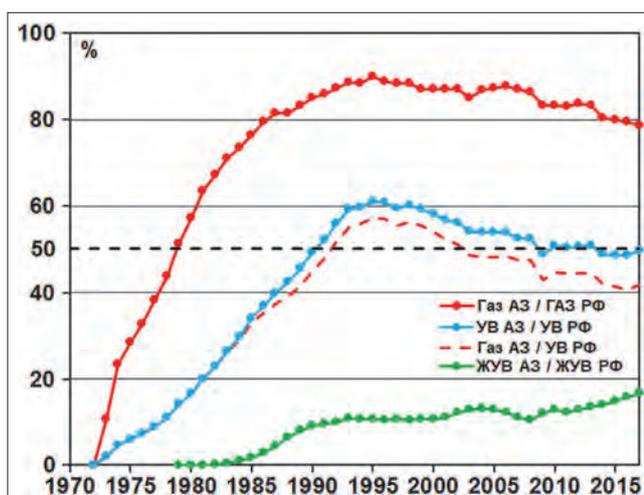
*значимость российских арктических нефтегазовых проектов без сомнения будет расти.* В первую очередь это касается продолжения освоения месторождений нефти и газа на суше АЗРФ, добыча на которых началась почти половину века назад (Мессояхское в 1969 г., Медвежье в 1972 г. и т.д.) раньше, чем на Аляске (Prudhoe Bay в 1977 г.).

Основным индустриальным достижением 2017 г. в АЗРФ является начало промышленной добычи газа на Южно-Тамбейском месторождении и запуск работы в декабре первой линии производства СПГ мощностью 5,5 млрд м<sup>3</sup> газа на заводе «Ямал СПГ» (общая мощность трех линий – 16,5 млрд м<sup>3</sup>), строящемся в порту Сабетта (рис. 2). За счет размещения завода в Арктике производительность каждой линии на 10% выше стандартной для южных широт. Данный проект по масштабам строительства в Арктике и сложности реализации не имеет аналогов в мире.

В пределах официально утвержденной границы в АЗРФ открыто 360 месторождений УВ, включая 334 на суше и 26 на шельфе и в переходной зоне суша-море. По данным ГКЗ РФ, в АЗРФ запасы категорий C<sub>1+2</sub> оценены в 49,7 трлн м<sup>3</sup> газа и 7,3 млрд т нефти, из них на шельфе 10,4 трлн м<sup>3</sup> (20,9%) газа и 0,58 млрд т



Рис. 2. Завод «Ямал СПГ» в порту Сабетта (фото из вертолета ОАО «Ямал СПГ»)



Источник: В.И. Богоявленский, И.В. Богоявленский, 2018.

**Рис. 3. Доли добычи углеводородов в АЗРФ в общем объеме добычи России**

(7,9%) нефти с учетом запасов месторождения «Победа», открытого в 2014 году.<sup>3</sup> При этом около 75% запасов нефти и 92% запасов газа выявлено во времена СССР. По состоянию на начало 2018 г. накопленная добыча газа составила 18,7 трлн м<sup>3</sup> (27,5% начальных извлекаемых запасов), а нефти – около 1,4 млрд т (16,1%). В АЗРФ находится 72% запасов газа страны.

Впечатляющие результаты в глобальном масштабе достигнуты по уровню добычи газа в ЯНАО и АЗРФ. До 2010 г. практически 100% добычи газа АЗРФ велось в ЯНАО. В 2014 г. за счет добычи и утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ) на Ванкорском нефтяном месторождении доля ЯНАО в общей добыче арктического газа немного снизилась и составила 98,7%. Начиная с 1979 г. доля газа АЗРФ (ЯНАО) превышает добычу в остальных регионах страны, при этом максимальное значение 90% было в 1995 г., после чего последовало снижение до 79,6% в 2016 г. и 78,7% в 2017 г. (рис. 3). Интересен тот факт, что в период 1992-2002 гг. газ АЗРФ в пересчете на нефтяной эквивалент давал стране свыше половины добычи всех УВ. В 2016 г. эта доля составила 40,8%, а в 2017 г. – 41,8%. Доля газа АЗРФ по отношению к мировой газодобыче достигла максимального значения 27,6% в 1992 г., а к 2017 г. она снизилась до 14,6 % (согласно принятого компанией ВР учета товарного «сухого» газа – 13,7%). Здесь поясним, что компания ВР регу-

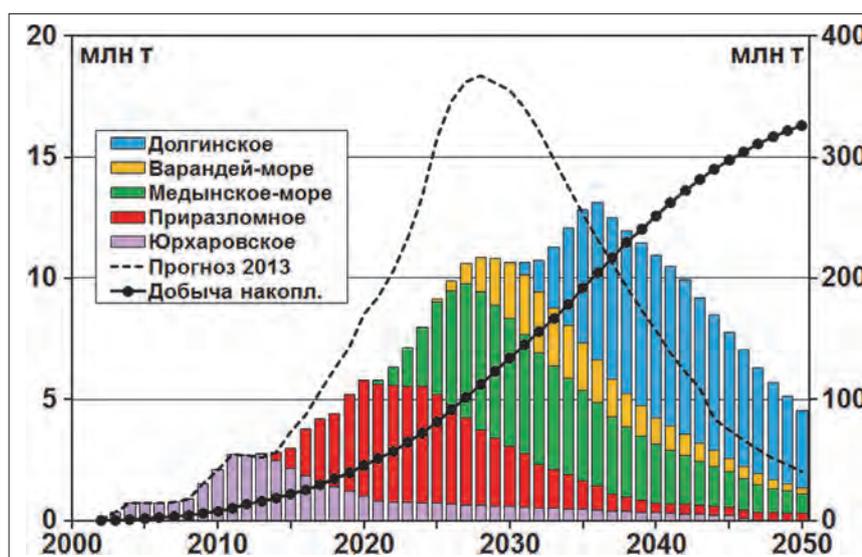
лярно занижает статистические данные ЦДУ ТЭК по объемам газодобычи в России примерно на 9,5% – часть газа, уходящая на транспортировку и потери ПАО «Газпром» [3].

Зарубежные эксперты (ВР и US EIA) в течение длительного времени занижают запасы газа России. Это связано с исторически сложившейся в России (СССР) ситуацией фиксирования извлекаемых запасов газа исходя из 100% коэффициента извлечения (КИГ), в то время как фактически при традиционной системе разработки КИГ составляет 70-85%. Для понимания реальной ситуации с извлекаемыми запасами газа России балансовые запасы должны быть уменьшены на 15-20%.

Еще более серьезные проблемы и разногласия в отечественных и зарубежных оценках есть в понимании объемов российских запасов жидких УВ (ЖУВ – нефть и конденсат). По состоянию на конец 2014 г., по данным ЦДУ ТЭК и ГКЗ РФ, общероссийские запасы ЖУВ по категориям C<sub>1+2</sub> составляли 29,4 млрд т. В отечественной практике не учитывается техническая доступность и рентабельность освоения этих запасов. В результате эксперты ВР «переоценивают» запасы России, уменьшая их примерно в два раза. Важно также понимать, что из 29,4 млн т запасов около 95,7% расположены на территории суши и лишь 4,4% – на шельфе. При этом *только около 2% запасов ЖУВ сосредоточено на акваториях Арктики* (в основном в Печорском море).

На основе мирового опыта освоения морских месторождений при самом оптимистичном прогнозе на открытых акваториях Арктики требуется не менее 10-15 лет с момента открытия месторождения до начала добычи УВ. Для 35-ти широко известных в мире морских месторождений УВ среднее время от открытия до получения первого продукта превысило 21 год. Таким образом, несмотря на позитивные результаты роста морской нефтегазодобычи в России, на шельфе Арктики до 2025-2030 гг. может быть начата разработка только на уже открытых месторождениях Печорского и Карского морей. При этом в ближнесрочной перспективе (до 2030-2035 гг.) уровень добычи ЖУВ на шель-

<sup>3</sup> И.В. Шпуров, RAO CIS Offshore, 2017.



Источник: В.И. Богдавленский, И.В. Богдавленский, 2017.

**Рис. 4. Оптимистичный прогноз добычи жидких УВ на месторождениях в Печорском и Карском морях**

фе Арктики по пяти открытым месторождениям (Юрхаровское, Приразломное, Долгинское, Медыньское-море и Варандей-море) даже по оптимистичному сценарию не сможет превысить 13 млн т (2,4% общероссийской добычи в 2016 г.) (рис. 4). Это примерно на 5 млн т ниже прогноза 2013 года. При подготовке обновленного в 2017 г. сценария учтен перенос начала освоения Долгинского месторождения на 2031 г., обусловленный негативным результатом бурения в 2014 г. (открыт газ, а не нефть), а также реальные объемы добычи ЖУВ на шельфе АЗРФ в 2003-2016 гг. [1-4, 9]. Касательно месторождения «Победа» можно отметить, что для его освоения пока еще нет надежных технологий не только в России, но и во всем мире. Результаты оптимистичного прогноза, выполненного в ИПНГ РАН, отличаются в 2-3 раза в меньшую сторону от неоднократно озвученных другими экспертами планов и обещаний, не имеющих, судя по всему, серьезных обоснований.

Сказанное выше позволяет утверждать, что в перспективе до 2030 г. акватории Арктики не смогут внести существенный вклад в добычу ЖУВ. Ранее, еще до введения санкций, мы неоднократно отмечали, что первоочередные для освоения объекты на шельфе Арктики расположены в пределах мелководья и транзитных зон суша-море вблизи районов с развитой инфраструктурой нефтегазовой промышленности на

берегу. Наибольший интерес в ближнесрочной перспективе будут иметь месторождения, на которых бурение скважин может проводиться с берега, искусственных островов или платформ гравитационного типа горизонтальными скважинами, как на Юрхаровском и ряде других месторождений России и США. При этом бурение горизонтальных скважин с берега – наиболее экологически безопасный и экономически рентабельный путь нефтегазодобычи в ледовых условиях. В 2015 г. на шельфе Сахалина при бурении скважины О-14 на месторождении Чайво с платформы Орлан доказана возможность бурения скважин с горизонтальным отклонением 12033 м при длине ствола 13500 м, а в 2017 г. при бурении в скважины О-15 установлен новый мировой рекорд – горизонтальное отклонение 14129 м при длине ствола 15000 м. Это расширяет полосу доступности морских месторождений с берега или искусственных островов, включая стационарные платформы типа «Приразломная» (кессонный остров).

Последнее время свидетельствует о правильности наших рекомендаций. В 2017 г. ПАО «НК «Роснефть», несмотря на большое количество крупных арктических шельфовых лицензионных участков (28), пробурило поисковую скважину Центрально-Ольгинская-1 с большим горизонтальным отклонением с берега полуострова Хара-Тумус Хатангского залива моря



Рис. 5. Бурение скважины Центрально-Ольгинская-1 ПАО «НК «Роснефть»

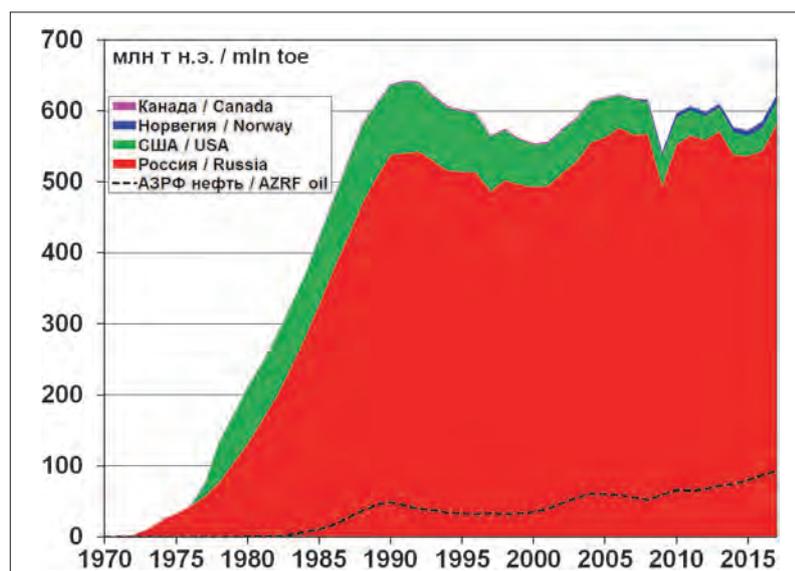
Лаптевых (Хатангский шельфовый участок) (рис. 5). Длина ствола скважины составляет около 5000 м. В июне из интервала глубин 2305-2363 м был поднят нефтенасыщенный керн, а в октябре ГКЗ РФ подтвердила запасы открытой залежи нефти по категории  $C_2+C_1$  81 млн т. Такой подход аналогичен освоению месторождения Одопту-море Северный купол на северо-западном шельфе Сахалина. Он может обеспечить ускоренный ввод арктического месторождения в разработку и значительно (в несколько раз) снизить расходы на бурение по сравнению с применением морских буровых платформ.

Анализируя ситуацию с нефтегазодобычей во всех странах Циркумарктического региона по состоянию на начало 2018 г., отметим, что за прошедшие почти полвека из недр Арктики России, США, Канады и Норвегии извлечены гигантские объемы УВ, достигшие 21,3 млрд т нефтяного эквивалента, из которых около 86,7% добыто в АЗРФ, а 12,8% – на Аляске (рис. 6). При этом ЖУВ составляют 21%, а газ – 79%.

По общим объемам добычи УВ в АЗРФ в 2017 г. установлен новый рекорд 581,4 млн т н.э. (преимущественно за счет роста добычи и экспорта газа), превысивший предыдущий рекорд 2006 г. (576,3 млн т н.э.) на 0,9%. При этом результат 2017 г. на 6,8% выше, чем 2016 г.

В добываемых УВ АЗРФ превалирует газ (91,2 % в 1990 г. и 84,1% в 2017 г.). Россия – самая обеспеченная запасами и ресурсами газа страна в мире. Мы без особых проблем можем значительно (по сравнению с 2017 г. на 100-150 млрд м<sup>3</sup>) увеличить объемы газодобычи, сдерживаемые лишь ограничениями по реализации на внешнем и внутреннем рынках.

Сложнее складывается ситуация с ЖУВ. Воспроизводство минерально-сырьевой базы (ВМСБ) ЖУВ в основном обусловлено доразведкой ранее открытых месторождений. Вклад новых месторождений в ВМСБ составляет всего 15-20% [7, 10]. Но самое плохое то, что наибольшая часть приращиваемых запасов нефти является нерентабельной или низкорентабельной. По данным ВНИГНИ, в 2014 г. из 710 млн т приращиваемых запасов 435 млн т нерентабельны (61,3%), 169 млн т – низкорентабельны (23,8%) и только 106 млн т – рентабельны (14,9%) [7]. В 2015 г. рентабельными были лишь 18,4% запасов (110 из 597 млн т). В итоге ВМСБ нефтегазовой отрасли обеспечивается рентабельными и низкорентабельными запасами лишь на 35-40%, а большая часть прироста запасов (60-65%) на практике не представляет реального интереса для ТЭК России и фактически дезинформирует руководство страны, говоря о положительной ситуации с ВМСБ.



Источник: В.И. Богоявленский, И.В. Богоявленский, 2018.

**Рис. 6. Добыча углеводородов в Циркумарктическом регионе**

Месторождения, открываемые на суше в последнее десятилетие, в основном характеризуются небольшими запасами (мелкие и мельчайшие). По данным ГКЗ РФ, в период с 2003 по 2013 гг. всего в России было открыто 533 новых нефтяных месторождений с суммарными запасами по категориям  $C_{1+2}$  2,06 млн т. В среднем ежегодно открывалось по 48 месторождений, а их осредненные запасы составили 3,9 млн т. При этом в 2013 г. открыто минимальное количество месторождений (32), а их средние запасы составили всего 1,3 млн т. В 2015 г. было открыто 54 месторождения со средними запасами категорий  $C_{1+2}$  всего 2,7 млн т, при этом доля  $C_1$  составляет менее 10% [8]. Ситуация в 2016 г. была еще хуже: по предварительным данным МПР России,<sup>4</sup> открыто 40 месторождений со средними запасами нефти категорий  $C_{1+2}$  1,7 млн т. При этом самое крупное по геологическим и извлекаемым запасам нефти (78 и 17,4 млн т) Нерцетинское месторождение открыто ПАО «НК «Роснефть» в АЗРФ (Ненецкий АО).

Очевидно, что мелкие месторождения малоинтересны для крупных нефтегазодобывающих компаний. Поэтому для их освоения необходимо создание условий для возрождения малого и среднего бизнеса. Однако надеяться, что мел-

кие месторождения способны внести значительный вклад в суммарную добычу (как в США) в обозримом будущем чрезмерно оптимистично. По сравнению с США у России почти в два раза больше территория, большая часть которой расположена в сложных малонаселенных арктических и субарктических условиях, невысокая протяженность и плотность транспортных магистралей. Суммарная длина железных дорог в России в 2,5 раза меньше чем в США, а автодорог – в 46 раз [6]. Сеть газопроводов в России в 12 раз короче чем в США, а нефте- и продуктопроводов – почти в 18 раз. Все это делает значительную часть мелких месторождений нерентабельными. Хотя некоторые из них, расположенные в регионах с развитой инфраструктурой, способны дать весомый вклад в суммарную добычу страны и/или представляют большой интерес для обеспечения местных потребностей в энергоресурсах.

Самой большой проблемой в России является факт расположения основных ресурсов УВ в труднодоступных регионах АЗРФ, Сибири и Дальнего Востока. В России расстояния между основными регионами нефтегазодобычи и потребления многократно больше чем в США.

«Мы должны решать вопросы восполнения сырьевой базы, активизировать ГРП в малоиз-

<sup>4</sup> Neftegaz.ru, 11.01.2017.

ученных, но перспективных районах», – отметил Президент России на заседании Комиссии по вопросам стратегии развития ТЭК и экологической безопасности 13 февраля 2013 года. Однако на практике для реального ВМСБ делается очень мало. Снижение объемов ГРП на суше и акваториях России началось до введения санкций во время высоких цен на УВ. Нефтегазодобывающие компании незаинтересованы в увеличении объемов ГРП.

Если не предпринять кардинальные меры по исправлению ситуации с направлениями и объемами ГРП с вовлечением в разведку и разработку нетрадиционных ресурсов ЖУВ (глубокие горизонты, месторождения тяжелых нефтей и битумов, нефть низкопроницаемых коллекторов и др.), то через 15-20 лет в России возникнут проблемы не только с экспортом ЖУВ, но даже и с обеспечением собственных внутренних потребностей.

Что делать? Для реального ВМСБ необходимо возвращение активной роли государства в организации и финансировании ГРП. Необходимо принятие правильных волевых решений.

### Геоэкологические проблемы

Экологической и экономической безопасности России угрожает большое количество бездействующих (особенно бесхозных) скважин, пробуренных во времена СССР и находящихся в ликвидированном или законсервированном состоянии. В АЗРФ специалистами ИПНГ РАН выявлен ряд площадей, на которых после поисково-разведочного бурения частично или полностью оставлено буровое оборудование, что связано с высокой стоимостью его вывоза (демобилизационных работ). На рис. 7 приведен пример бесхозной скважины в центральной части полуострова Ямал с брошенным в 1993 г. (25 лет назад!) буровым оборудованием. Такие скважины несут большую угрозу экосистеме и способны спонтанно образовать локальную, или даже региональную, катастрофу. Для выявления бесхозных скважин, точные координаты которых нередко отсутствуют, полезно использование дистанционного зондирования Земли (см. рис. 7.1 – космоснимок WorldView-2 от 18 апреля 2017 г.), включая радиолокационное.



Рис. 7. Брошенная скважина с буровым оборудованием на полуострове Ямал: 1) вид из космоса (WV-2 18.04.17), 2) и 3) фотографии на месте (И.В. Богоявленский 01.04.2017)

После завершения разработки ряда месторождений в течение нескольких лет в резервуарах происходит переформирование положения контактов УВ с пластовой водой и восстанавливаются первоначальные пластовые давления. Свидетельством этих явлений служат многочисленные месторождения Северного Кавказа (Дагестан, Чечня), на которых восстановлена нефтегазодобыча. Эти явления дают возможность начать повторную разработку данных месторождений и улучшить ситуацию с ВМСБ страны. Кроме того, возможные неконтролируемые перетоки УВ по заколонным пространствам с формированием техногенных залежей, угрожающих экосистеме, также вынуждают заняться их выявлением и устранением. Все это дополнительно стимулирует вторичную разработку старых месторождений. В развитых зарубежных странах периоды разработки месторождений и коэффициенты извлечения нефти (КИН) значительно превышают российские (50-60% – не редкость).

На основе комплексного анализа имеющейся информации специалисты ИПНГ РАН пришли к заключению, что над многими месторождениями мира (в том числе в АЗРФ) в ВЧР сформировались природные и природно-техногенные залежи [1, 2, 5]. Особого внимания заслуживает мониторинг в реальном времени состояния многих десятков тысяч ликвидированных и консервированных скважин, способных принести непоправимый вред экосистемам осваиваемых регионов. При этом на ряде площадей в настоящее время существуют техногенные выходы смесей УВ в водную среду и атмосферу. В частности, на месте аварийной площади около скважины Кумжинская-9 (1980-1987 гг.) и на ряде других аварийных площадей времен СССР в АЗРФ в настоящее время продолжается эмиссия УВ, которая подтверждается деструкцией

и загрязнением УВ ледовых покрытий, наблюдаемых на космоснимках [5]. Природопользование в области поиска, разведки и разработки месторождений нефти и газа характеризуется высоким уровнем накопленного экологического ущерба, значительной частью в скрытой форме, угрожающей перейти в открытые проявления с крайне негативными последствиями.

### Заключение

Обобщая сказанное, отметим, что чрезмерная вера и эйфория, что именно арктический шельф России способен обеспечить страну в ближнесрочной перспективе жидкими углеводородами, может дезориентировать развитие нефтегазовой отрасли и всей страны. Лито- и гидросферы Северного Ледовитого океана характеризуются низким уровнем фундаментальных научных исследований разносторонних процессов и явлений, часть которых стала известна лишь в последние годы. Поэтому широкомасштабное освоение акваторий Арктики, рекомендуемое отдельными экспертами, способно принести колоссальные убытки, связанные с необходимостью ликвидации возможных катастрофических последствий, которые неоднократно происходили на суше АЗРФ во времена СССР. Геоэкологические последствия этих катастроф до сих пор не ликвидированы и недостаточно исследованы.

Вместе с тем не вызывает никаких сомнений необходимость проведения активных нефтегазопроисловых работ на всем арктическом шельфе и в наиболее перспективных регионах суши [1-4, 7-10], так как мы должны знать, чем реально обладает Россия, а экономическая целесообразность (рентабельность проектов), наличие технологий и вопросы безопасного освоения ресурсов УВ определяют очередность ввода в эксплуатацию арктических месторождений.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Богоявленский В.И. Арктика и Мировой океан: современное состояние, перспективы и проблемы освоения ресурсов углеводородов. // Труды ВЭО России, 2014, т. 182, с. 12-175.

2. Богоявленский В.И., Богоявленский И.В. Нефтегазовая отрасль и экономическая без-

опасность России. // Труды ВЭО России, 2016, т. 199, с. 102-120.

3. Богоявленский В.И., Богоявленский И.В. Состояние и стратегия развития нефтегазовой отрасли в России и ее Арктической зоне. // Государственный аудит. Право. Экономика, 2016, № 4, с. 63-69.

4. Богоявленский В.И., Богоявленский В.И. Углеводороды Арктической зоны Российской Федерации // *Нефтегазовая вертикаль*, № 5, 2017, с. 52-57.
5. Богоявленский В.И., Перекалин С.О., Бойчук В.М. и др. Катастрофа на Кумжинском газоконденсатном месторождении: причины, результаты, пути устранения последствий // *Арктика: экология и экономика*, 2017, № 1 (25), с. 32-46.
6. Все страны и территории мира: Новый географический справочник ЦРУ (пер. The World Factbook 2007). М.: АСТ МОСКВА, 2009. 768 с.
7. Варламов А.И. Без новых открытий нет будущего // *Нефтегазовая вертикаль*, № 20, 2016, с. 40-45.
8. Донской С.Е. Тактические нюансы и стратегические перспективы // *Нефтегазовая вертикаль*, № 20, 2016, с. 22-25.
9. Лаверов Н.П., Богоявленский В.И., Богоявленский И.В. Фундаментальные аспекты рационального освоения ресурсов нефти и газа Арктики и шельфа России: стратегия, перспективы и проблемы // *Арктика: экология, экономика*, № 2 (22), 2016, с. 4-13.
10. Орлов В.П. Перекресток романтики и высоких технологий // *Нефтегазовая вертикаль*, № 20, 2016, с. 26-30.
11. IHS Markit Petrodata Offshore Rig Day Rate Trends 2018.
12. Islam R. Nearly 230 BUSD Earmarked for Pre Development Projects Deferred Since H2 2014, Delaying over 3 MMBOE/D of suppl. Press Release, Rystad Energy, January 28, 2016.
13. Somarin A. Unconventional Oil Exploration: Part 1: What Makes Oil Unconventional? Part 2: The Arctic Frontier.//Thermo Fisher Scientific, 2018. URL: <https://www.thermofisher.com/blog/mining/>
14. Vaugham A. BP's Deepwater Horizon bill tops \$65bn. The Gurdian. 16 Jan 2018. URL: <https://www.theguardian.com/business/2018/jan/16/bps-deepwater-horizon-bill-tops-65bn>

### REFERENCES

1. Bogoyavlenskiy V.I. Arktika i Mirovoy okean: sovremennoye sostoyaniye, perspektivy i problemy osvoyeniya resursov uglevodorodov. // *Trudy VEO Rossii*, 2014, t. 182, s. 12-175.
2. Bogoyavlenskiy V.I., Bogoyavlenskiy I.V. Neftegazovaya otrasl' i ekonomicheskaya bezopasnost' Rossii. // *Trudy VEO Rossii*, 2016, t. 199, s. 102-120.
3. Bogoyavlenskiy V.I., Bogoyavlenskiy I.V. Sostoyaniye i strategiya razvitiya neftegazovoy otrasli v Rossii i yeye Arkticheskoy zone. // *Gosudarstvennyy audit. Pravo. Ekonomika*, 2016, № 4, s. 63-69.
4. Bogoyavlenskiy V.I., Bogoyavlenskiy V.I. Uglevodorody Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii // *Neftegazovaya vertikal'*, № 5, 2017, s. 52-57.
5. Bogoyavlenskiy V.I., Perekalin S.O., Boychuk V.M. i dr. Katastrofa na Kumzhinskom gazokondensatnom mestorozhdenii: prichiny, rezul'taty, puti ustraneniya posledstviy // *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2017, № 1 (25), s. 32-46.
6. Vse strany i territorii mira: Novyy geograficheskiy spravochnik TSRU (per. The World Factbook 2007). М.: АСТ МОСКВА, 2009. 768 с.
7. Varlamov A.I. Bez novykh otkrytiy net budushchego // *Neftegazovaya vertikal'*, № 20, 2016, s. 40-45.
8. Donskoy S.Ye. Takticheskkiye nyuansy i strategicheskkiye perspektivy // *Neftegazovaya vertikal'*, № 20, 2016, s. 22-25.
9. Laverov N.P., Bogoyavlenskiy V.I., Bogoyavlenskiy I.V. Fundamental'nyye aspekty ratsional'nogo osvoyeniya resursov nefi i gaza Arktiki i shel'fa Rossii: strategiya, perspektivy i problemy // *Arktika: ekologiya, ekonomika*, № 2 (22), 2016, s. 4-13.
10. Orlov V.P. Perekrestok romantiki i vysokikh tekhnologiy // *Neftegazovaya vertikal'*, № 20, 2016, s. 26-30.
11. IHS Markit Petrodata Offshore Rig Day Rate Trends 2018.
12. Islam R. Nearly 230 BUSD Earmarked for Pre Development Projects Deferred Since H2 2014, Delaying over 3 MMBOE/D of suppl. Press Release, Rystad Energy, January 28, 2016.

13. Somarin A. *Unconventional Oil Exploration: Part 1: What Makes Oil Unconventional? Part 2: The Arctic Frontier.*//Thermo Fisher Scientific, 2018. URL: <https://www.thermofisher.com/blog/mining>.

14. Vaugham A. *BP's Deepwater Horizon bill tops \$65bn.* *The Gurdian.* 16 Jan 2018. URL: <https://www.theguardian.com/business/2018/jan/16/bps-deepwater-horizon-bill-tops-65bn>.

Поступила в редакцию  
19.06.2018 г.

УДК 338:622.323(985)

А.М. Фадеев, А.Е. Череповицын, Ф.Д. Ларичкин, С.В. Федосеев<sup>1</sup>

### ОЦЕНКА ПРИОРИТЕТНОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ КАК ИНСТРУМЕНТ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

*Аннотация.* В статье рассматриваются методические вопросы оценки потенциала арктических углеводородных месторождений, которые могут быть использованы для принятия стратегических решений по управлению нефтегазовым комплексом и эксплуатации природных ресурсов. Предложена авторская последовательность этапов расчета технико-экономического потенциала морских нефтегазовых месторождений Арктики, которая, в отличие от существующих, основана на интегральном показателе, объединяющем финансовые, технические, климатические и сервисно-инфраструктурные характеристики месторождений, что позволяет составить рейтинг месторождений для определения очередности и приоритетности начала их разработки. Доказана необходимость учета широкого перечня факторов при сопоставительном анализе нефтегазовых месторождений Арктики с целью принятия стратегических управленческих решений по очередности освоения месторождений.

*Ключевые слова:* стратегическое управление, Арктика, интегральный показатель, шельф, углеводородные ресурсы.

A.M. Fadeev, A.E. Cherepovitsyn, F.D. Larichkin, S.V. Fedoseev<sup>2</sup>

### METHODS OF ANALYSIS OF THE POTENTIAL HYDROCARBON FIELDS IN THE RUSSIAN ARCTIC

*Abstract.* The article deals with methodological issues for evaluating the potential of Arctic hydrocarbon fields, which can be used to make strategic decisions on the management of oil and gas complex. A common approach to assess the effectiveness of projects to develop oil and gas fields is the analysis of material and financial flows arising from the project. These indicators serve as a basis to develop the necessary evaluation criteria for the effectiveness of all project participants. However, this approach lies in the financial analysis, not covering other areas of the analyzed gas fields, including their technical capacity, as well as to assess their impact on the socio-economic development of the placement. Inadequate attention to these areas as well as several one-sided approach to the issue, justified the need for a comprehensive assessment of potential hydrocarbon deposits in the Arctic, which is based on the level of development of the analyzed objects based on an expanded list describing characteristics. In this article the author's series of steps calculation of technical and economic potential of offshore oil and gas fields in the Arctic, which is in contrast to the existing ones, based on the integral index, which unites financial, technical, and climatic characteristics of the service and infrastructure fields, which allows to rank fields to determine the sequence and prioritize their inception. We prove the need to consider a wide range of factors in the comparative analysis of oil and gas fields in the Arctic in order to make strategic management decisions for priority development fields.

*Keywords:* strategic management, Arctic, integral index, shelf hydrocarbon.

---

<sup>1</sup> Алексей Михайлович Фадеев – старший научный сотрудник, к.э.н., *e-mail:* AlexFadeev@gmail.com;  
Алексей Евгеньевич Череповицын – главный научный сотрудник, д.э.н. *e-mail:* alekseicherepov@inbox.ru;  
Федор Дмитриевич Ларичкин – главный научный сотрудник, д.э.н., *e-mail:* lfd@iep.kolasc.net.ru;  
Сергей Владимирович Федосеев – директор, д.э.н., *e-mail:* fedoseev1964@mail.ru;  
Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина ФИЦ «Кольский научный центр РАН».

<sup>2</sup> Alexey M. Fadeev – Senior Researcher, PhD in Economics, *e-mail:* AlexFadeev@gmail.com;  
Alexey E. Cherepovitsyn – Chief Researcher, Doctor of Economics, *e-mail:* alekseicherepov@inbox.ru;  
Fedor D. Larichkin – Chief Researcher, Doctor of Economics, *e-mail:* lfd@iep.kolasc.net.ru;  
Sergey V. Fedoseev – Director, Doctor of Economics, *e-mail:* fedoseev1964@mail.ru;  
Luzin Institute for Economic Studies of the Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences.

---

### Цель исследования и его актуальность

Энергетический сектор, в том числе нефтегазовый комплекс, продолжает привлекать внимание большого количества ученых и практиков в связи с устойчивым ростом его значимости в аспекте глобального эволюционного развития, характеризующегося взаимосвязью экономического и энергетического роста [1].

С учетом масштабов и видов деятельности, осуществляемой в нефтегазовом комплексе, в том числе инвестиционных проектов по освоению месторождений, существует множество ключевых положений, подходов, методов и способов по определению потенциала месторождений и их экономической эффективности, выработанных и зарекомендовавших себя в процессе многолетней зарубежной и отечественной практики [2-4].

Существующие методы оценки эффективности нефтегазовых проектов в основном базируются на анализе материальных и финансовых потоков, создающих основу для формирования оценочных критериев эффективности проекта. Стоит отметить, что такие подходы лежат в плоскости финансового анализа, не затрагивая такие важные характеристики как технический и экономический потенциал оцениваемых месторождений, а также оценки их влияния на уровень социально-экономического развития близлежащих территорий.

Недостаточная проработанность указанных направлений, а также ориентация существующих методик по оценке эффективности проектных решений в сфере освоения НГМ в основном в сторону финансового анализа, привели к необходимости разработки комплексного механизма стратегического управления процессами освоении морских углеводородных месторождений Арктики, в основе которого лежит уровень развития потенциала анализируемых объектов с учетом расширенного перечня характеристик.

Эксплуатируемые углеводородные месторождения Арктики по своим технико-экономическим показателям находятся на разном уровне развития. Располагая данной информацией, лица принимающие решения, формируют стратегические направления развития применительно к специфике каждого месторождения, в том

числе определяя очередность их государственной поддержки.

В широком понимании концепция трактуется, как система взглядов на любой объект, предмет, явление или процесс [5]. Поэтому концепцию оценки уровня развития НГМ Арктики следует детерминировать как систему теоретико-методических подходов и инструментов для разработки комплексной методологии, позволяющей агрегировать существующие планы по освоению месторождений, производить количественный математический расчет технико-экономического потенциала месторождений и определять показатели-индикаторы эффективности проекта, а также предоставлять информацию о влиянии уровня освоения месторождений на социально-экономическое развитие территорий.

### Методика комплексной оценки потенциала углеводородных месторождений

Оценивая уровень развития НГМ по совокупности показателей, можно столкнуться с ситуацией, когда один и тот же объект по разным характеристикам может занимать как лидирующие, так и отстающие позиции в сравнительном рейтинге месторождений. Например, месторождения в акватории Печорского моря отличаются сравнительно низкими показателями по глубине моря и удаленности от береговой линии, однако имеют тяжелые ледовые условия. Так, по первым двум характеристикам эти месторождения можно отнести к наиболее благоприятным по освоению в сравнении с месторождениями Баренцева и Карского морей, а характеристика тяжелых ледовых условий говорит об обратном. Аналогичная ситуация наблюдается и при сопоставительном анализе месторождений по другим параметрам. Это позволяет заключить, что при сравнении нескольких месторождений с целью выбора проектов по очередности освоения необходимо учитывать как можно большее количество параметров, как количественных, так и качественных, разносторонне характеризующих их особенности. Комплексный показатель, агрегирующий совокупность различных параметров для целей настоящего исследования предложено трактовать как «уровень развития нефтегазовых месторождений» (УРНМ).

В соответствии с толковым словарем С.И. Ожегова [6], «уровень» представляет собой «степень развития величины, значимости чего-либо». Такой термин в научной практике используют для характеристики развития любого направления, отрасли или сферы народного хозяйства, в том числе в энергетическом секторе. В связи с этим обоснованно можно утверждать, что предложенный термин «уровень развития нефтегазовых месторождений» подходит для характеристики влияния технологических и экономических факторов на состояние месторождений в определенный период времени. При этом показатель УРНМ разносторонне описывает состояние объекта, поскольку характеризуется определенным расширенным перечнем признаков (факторов).

Для эффективного стратегического управления нефтегазовым комплексом, при освоении морских углеводородных месторождений Арктики, на первоначальном этапе необходимо оценить совокупный технико-экономический потенциал каждого месторождения.

Следует отметить, что для характеристики технико-экономического потенциала различных экономических объектов в научной практике используется широкий перечень показателей, приоритетность которых различные авторы определяют по-разному.

Наиболее распространенным подходом [7-9] при характеристике экономических объектов и систем в аспекте их экономического и технического потенциала является анализ показателей доходов и расходов, производственных показателей, организационных и финансовых характеристик и пр. Однако применение данного, чисто экономико-финансового подхода для оценки потенциала нефтегазовых месторождений не позволит получить полной картины, поскольку не учтен целый ряд различных специфических показателей, отражающих развитие нефтегазового комплекса, в том числе таких, как: ресурсный потенциал, климатические условия и развитие сервисной инфраструктуры.

В связи с этим известные российские ученые [2-4] в сфере исследования проблем развития энергетического сектора для оценки технического и экономического потенциала НГМ используют следующую систему показателей: рас-

стояние от берега и глубина залегания ресурсов, необходимые затраты для освоения месторождений и получения предполагаемой прибыли, объем имеющихся энергоресурсов, их цена и предполагаемые объемы ежегодной добычи. Использование ресурсной компоненты при оценке совокупного потенциала нефтегазовых месторождений Арктики обосновано необходимостью определения будущего финансово-экономического результата от продажи данных ресурсов, что является особо важной информацией для инвестора.

Таким образом, комплексный анализ технико-экономического потенциала НГМ Арктики следует осуществлять на основании совокупности показателей, описывающих их технические и экономические характеристики, что позволяет в результате сформировать понятие «технико-экономический потенциал». Под последним в данной работе предлагается понимать совокупную способность отдельных НГМ обеспечивать создание максимального объема региональных эффектов и формировать на основании имеющихся технических возможностей наибольшую эффективность инвестиционных проектов в конкретных условиях регионального развития. Под региональными эффектами, достигаемыми в процессе освоения морских НГМ Арктики, следует понимать улучшение основных социально-экономических параметров и индикаторов, формирующих уровень устойчивого регионального развития. В связи с этим всю совокупность показателей, характеризующих уровень развития НГМ, предложено разделить на две составляющие:

- технический потенциал месторождения (совокупность технических показателей);
- экономический потенциал месторождения (совокупность экономических показателей).

По мнению авторов, указанная классификация логична в своей взаимосвязи, поскольку определенный уровень технического потенциала отдельного месторождения находится в тесной взаимосвязи с уровнем его экономического развития.

Таким образом, для оценки уровня развития нефтегазовых месторождений Арктики отобраны следующие показатели.

Сокращенная шкала Харрингтона для определения количественных значений  
[Reduced scale Harrington to determine quantitative values]

Показатель	Качественная оценка	Количественное значение
$x_3$ – ледовые условия	легкие	0,7 – 1,0
	средние	0,46 – 0,70
	тяжелые	0 – 0,45
$x_4$ – наличие развитой береговой сервисной инфраструктуры	существует	0,71 – 1,0
	слабо развита	0,46 – 0,70
	отсутствует	0 – 0,45
$x_5$ – наличие технологий для освоения месторождений	существуют	0,71 – 1,0
	слабо развиты	0,46 – 0,70
	отсутствуют	0 – 0,45
$x_6$ – логистическая доступность	легкая	0,71 – 1
	сложная	0,46 – 0,70
	экстремальная	0 – 0,45
$x_8$ – наличие рынка сбыта	явный	0,51 – 1,0
	неявный	0 – 0,50

Для технического потенциала месторождений (Т):

- $x_1$  – удаленность от береговой линии, км;
- $x_2$  – глубина моря в районе месторождения, м;
- $x_3$  – ледовые условия;
- $x_4$  – наличие развитой береговой сервисной инфраструктуры;
- $x_5$  – наличие технологий для освоения месторождений;
- $x_6$  – логистическая доступность.

Для экономического потенциала месторождений (Е):

- $x_7$  – прогнозный объем добычи энергоресурсов, млрд м<sup>3</sup>;
- $x_8$  – наличие рынка сбыта;
- $x_9$  – объем капитальных вложений, млн долл.;
- $x_{10}$  – эксплуатационные затраты, млн долл.;
- $x_{11}$  – доход инвестора, млн долл.;
- $x_{12}$  – индекс доходности проекта, %.

Из совокупности представленных показателей некоторые являются количественно измеримыми, а некоторым присущи только качественные характеристики. В связи с этим необходимо с помощью бальных оценок придать качественным параметрам количественные значения. Для обеспечения методически обосно-

ванного перевода качественных характеристик в количественные показатели целесообразно использовать шкалу Харрингтона [10]. В соответствии с данной методикой приняты три оценочные градации выраженности изменений параметров, что позволило представить сокращенную шкалу Харрингтона в следующем виде (табл. 1).

Полный перечень показателей оценки уровня развития НГМ Арктики на основе их технико-экономических потенциалов представлен в табл. 2. В качестве объектов исследования выбраны месторождения Западно-Арктического шельфа (акватории Печорского, Баренцева и Карского морей), как наиболее перспективные, в которых сосредоточено более 70% энергоресурсов [11].

Далее полученные разноразмерные характеристики необходимо агрегировать (свернуть) в один показатель. Для этих целей наиболее подходящей является методика *интегрального анализа* [12, 13], позволяющая формализовано объединить в одну величину (интегральный показатель) всю совокупность признаков, обладающих количественной неоднородностью. Преимуществом данного метода является возможность сопоставления разнородных показателей, путем агрегирования их в соответствующие величини-

Таблица 2

**Входные параметры оценки уровня развития нефтегазовых месторождений Арктики**  
 [The input parameters to assess the level of development of oil and gas fields in the Arctic]

Акватория	Название месторождения	Условное обозначение	Технический потенциал месторождений (Г)						Экономический потенциал месторождений (Е)					
			x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>12</sub>
Баренцево море	Поморское (ГК)	A1	25	10	0,2	0,5	0,74	0,5	364,7	0,23	6756,6	12854,8	9475,7	1,23
	Северо-Гуляевское (НГК)	A2	20	65	0,3	0,6	0,84	0,47	284,7	0,11	5382,7	16947,7	3295,7	1,32
	Приразломное (Н)	A3	18	60	0,1	0,5	0,73	0,63	638,6	0,53	7395,8	22846,6	4635,5	1,01
	Варандей-море (Н)	A4	16	10	0,4	0,7	0,82	0,68	543,7	0,58	8836,6	29586,7	2475,6	1,04
	Медьное-море (Н)	A5	17	30	0,1	0,5	0,81	0,5	463,6	0,53	6384,6	18476,7	3846,6	1,11
	Долгинское (Н)	A6	47	90	0,48	0,6	0,7	0,55	473,6	0,51	7364,7	19475,7	3485,6	1,28
Баренцево море	Мурманское (Г)	A7	95	250	0,78	0,85	1	0,77	736,8	0,51	24317,6	27421,9	10532,9	1,2
	Северо-Кильдинское (Г)	A8	250	280	0,83	0,52	0,98	0,76	624,9	0,51	22631,9	21864,8	9654,7	1,11
	Штокмановское (ГК)	A9	230	550	0,77	0,01	0,7	0,1	1042,8	0,49	30396,59	37281,80	15221,34	1,64
	Луловское (Г)	A10	220	670	0,53	0,01	0,52	0,11	317,9	0,12	15432,8	7438,09	2864,7	1,23
	Леловое ГК	A11	240	620	0,52	0,01	0,58	0,13	264,8	0,18	10632,7	7249,5	4276,9	1,06
	Русановское (ГК)	A12	75	340	0,58	0,01	0,52	0,52	1003,6	0,5	30218,8	35964,71	14765,4	1,62
Карское море	Ленинградское (ГК)	A13	120	320	0,52	0,02	0,51	0,51	997,5	0,49	30165,6	32853,65	14279,7	1,59
	Северо-Каменно-мыское (Г)	A14	13	10	0,2	0,03	0,51	0,84	243,8	0,13	12865,9	9346,8	3965,8	1,12
	Каменномыское (Г)	A15	15	10	0,3	0,01	0,54	0,82	132,7	0,11	11743,8	8356,7	2875,6	1,02

Примечание: НГК – нефтегазовое; Н – нефтяное; ГК – газоконденсатное; Г – газовое.

ны, равнодействующие всех признаков, технико-экономического потенциала месторождений.

Расчет интегрального показателя в соответствии с методикой В. Плюты [13] предлагается проводить в 4 этапа.

**Этап 1. Стандартизация показателей.** На данном этапе происходит построение матрицы и определение ее элементов как системы показателей технико-экономического потенциала НГМ. Такие показатели являются неоднородными, поскольку выражаются как в абсолютных, так и относительных величинах, что делает невозможным простые арифметические действия, необходимые для вычисления интегрального показателя.

**Этап 2. Дифференциация показателей.** Все используемые показатели, описывающие технико-экономический потенциал НГМ, делятся на стимуляторы и дестимуляторы. Базой для такой классификации показателей является характер их влияния на уровень развития месторождения. Параметры, оказывающие положительное, стимулирующее воздействие на уровень развития месторождений, называют стимуляторами. Параметры, которые тормозят или негативно влияют на уровень развития месторождений, называются дестимуляторами.

**Этап 3. Расчет матрицы расстояний.** По итогам стандартизации показателей производится расчет матрицы расстояний.

**Этап 4. Расчет интегрального показателя.** Ранее полученные расстояния используют для расчета итогового технико-экономического потенциала НГМ, который количественно выражает все агрегированные показатели.

Интегральный показатель уровня развития нефтегазовых месторождений, представленный в данной работе их технико-экономическим потенциалом, величина положительная и находится в диапазоне от 0 до 1. Экономическая интерпретация значений интегрального показателя представлена следующим образом: отдельное нефтегазовое месторождение Арктики имеет тем выше уровень своего развития (технико-экономического потенциала), чем наиболее приближено значение его интегрального показателя к единице. Общий показатель УРНМ рассчитан методом средневзвешенной величины (среднее

значение между интегральными показателями технического и экономического потенциала). В результате расчетов по представленным формулам, анализируемые НГМ Арктики распределились следующим образом (табл. 3).

Методика интегрального анализа позволила агрегировать (свернуть) в один показатель всю совокупность разнородных факторов по каждому из анализируемых месторождений для составления их рейтинга по размеру совокупного технико-экономического потенциала. С этой целью рассчитан итоговый ранг (ранговые позиции), интерпретировать который следует таким образом, что первый ранг в рейтинге считается лучшим.

Графическая визуализация расчетов по интегральным показателям технического потенциала нефтегазовых месторождений Арктики представлена на рис. 1.

Результаты расчетов показали, что наибольший уровень развития технического потенциала имеют такие месторождения как Варандей-море и Мурманское газовое месторождение, интегральные показатели которых составляют соответственно 0,90 и 0,83. Так, лидирующие позиции для месторождения Варандей-море достигнуты за счет низких значений показателей-дестимуляторов, а именно удаленности от береговой линии и глубины моря в районе месторождения, что делает сравнительно благоприятными условия разработки данного месторождения. Для Мурманского месторождения первые позиции в рейтинге достигнуты за счет легких ледовых условий, наличия развитой береговой сервисной инфраструктуры технологий для освоения месторождений, которые определены как показатели-стимуляторы, то есть такие, которые позитивно влияют на итоговый уровень технического потенциала.

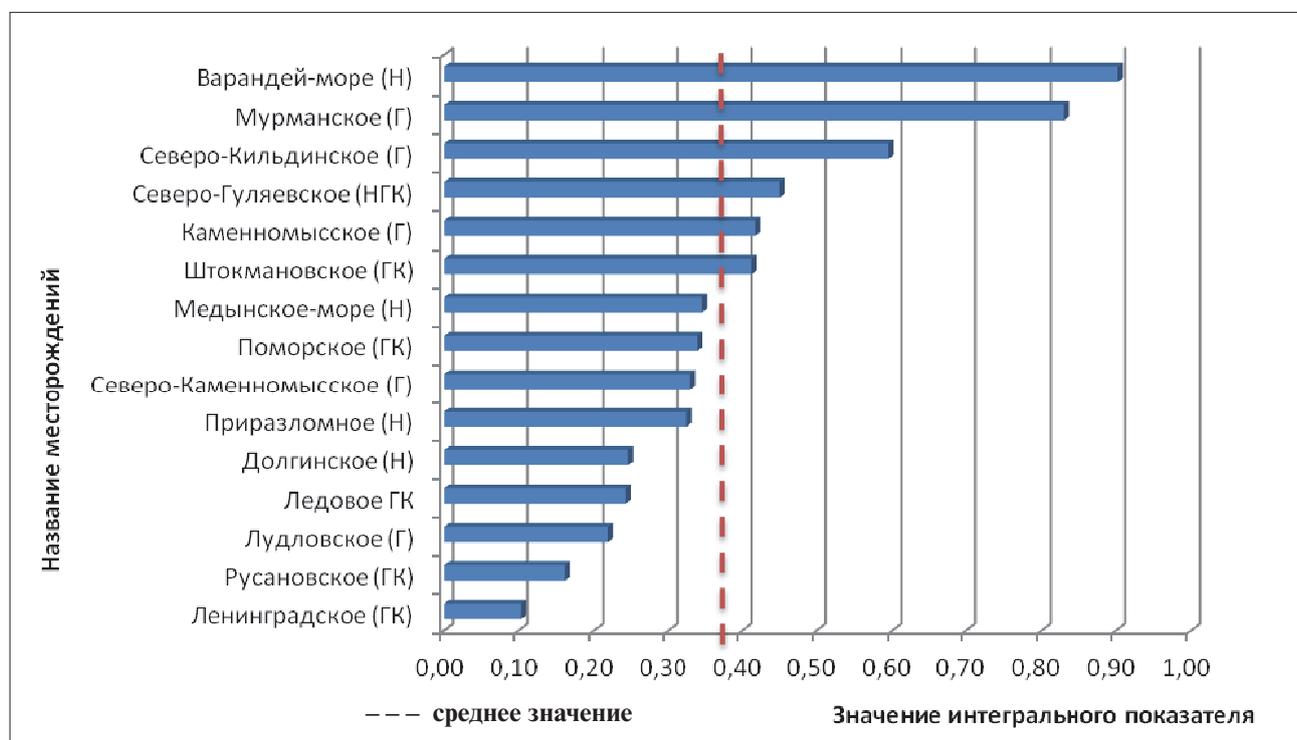
Наименьший технический потенциал в сравнительном рейтинге имеют Русановское и Ленинградское месторождения, интегральные показатели которых составляют соответственно 0,16 и 0,10. Замыкающие позиции в рейтинге этих месторождений обусловлены сравнительно высокими значениями показателя глубины в акватории Карского моря, а также отсутствием развитой береговой сервисной инфраструктуры.

## СИНЕРГИЯ АРКТИКИ

Таблица 3

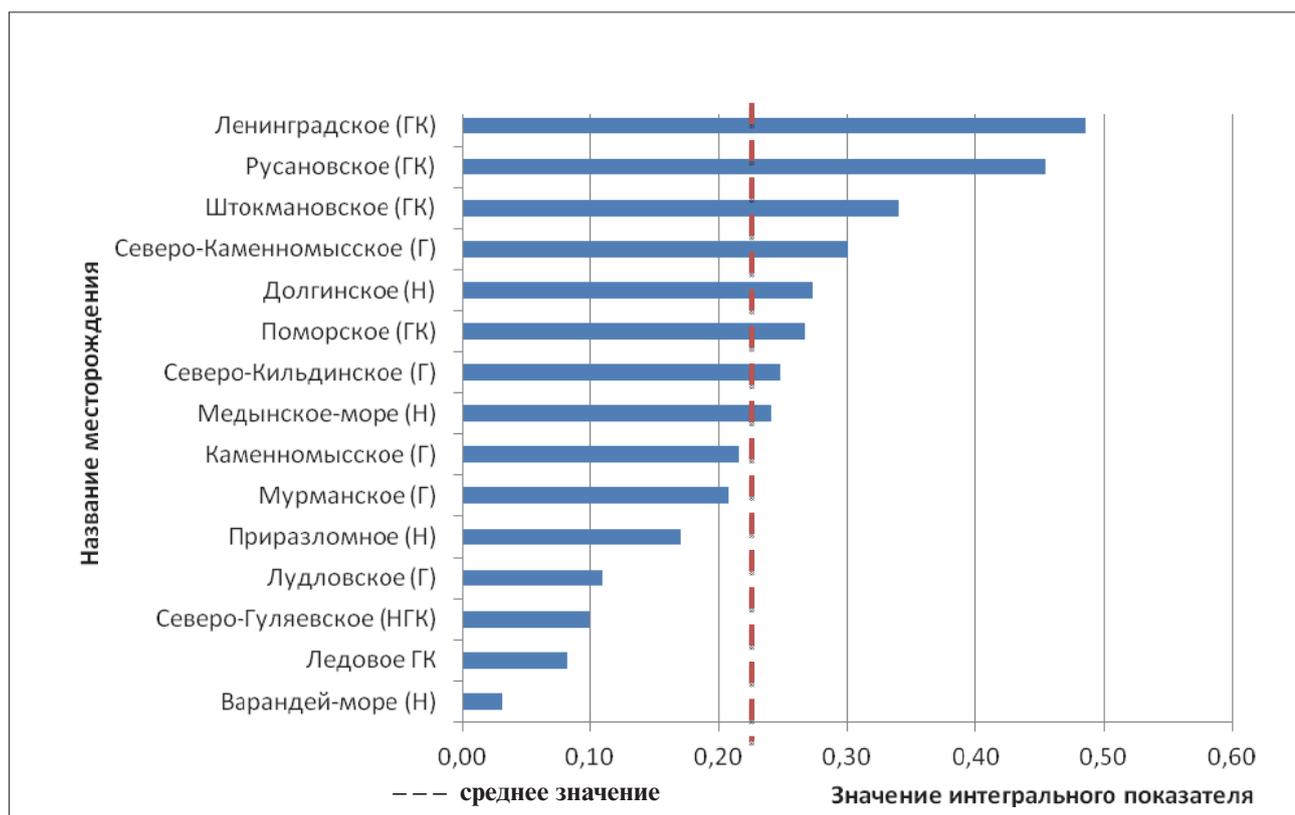
**Рейтинг уровня развития нефтегазовых месторождений Арктики**

Название месторождения	Условные обозначения	Рассчитанные значения интегральных показателей			Позиция в совокупном рейтинге
		Технический потенциал	Экономический потенциал	УРНМ	
Долгинское (Н)	A6	0,25	0,27	0,67	1
Мурманское (Г)	A7	0,83	0,21	0,64	2
Варандей-море (Н)	A4	0,90	0,03	0,61	3
Северо-Кильдинское (Г)	A8	0,59	0,25	0,61	4
Поморское (ГК)	A1	0,34	0,27	0,59	5
Приразломное (Н)	A3	0,33	0,17	0,59	6
Северо-Гуляевское (НГК)	A2	0,45	0,10	0,59	7
Медынское-море (Н)	A5	0,35	0,24	0,59	8
Русановское (ГК)	A12	0,16	0,45	0,57	9
Ленинградское (ГК)	A13	0,10	0,49	0,57	10
Штокмановское (ГК)	A9	0,41	0,34	0,52	11
Северо-Каменномысское (Г)	A14	0,33	0,30	0,50	12
Каменномысское (Г)	A15	0,42	0,22	0,48	13
Ледовое (ГК)	A11	0,24	0,08	0,43	14
Лудловское (Г)	A10	0,22	0,11	0,42	15



**Рис. 1. Интегральные показатели технического потенциала нефтегазовых месторождений Арктики**

## СИНЕРГИЯ АРКТИКИ



**Рис. 2.** Интегральные показатели экономического потенциала нефтегазовых месторождений Арктики

Значение среднего показателя по совокупности анализируемых объектов составляет 0,39, из них 6 месторождений (Варандей-море, Мурманское, Северо-Кильдинское, Северо-Гуляевское, Каменномысское, Штокмановское) имеют уровень технического потенциала выше среднего, что является хорошей тенденцией в среднем по отрасли и положительно характеризует принятие решения о начале освоения таких объектов. Разница между максимальным и минимальным значением интегральных показателей технического потенциала составляет 88%, что характеризует высокую степень отличия между анализируемыми месторождениями в аспекте их технических характеристик. Это является одним из базисов принятия управленческих решений относительно начала мероприятий по освоению месторождений в порядке определения их очередности. Вторым базисом следует считать уровень экономического потенциала месторождений, графическая интерпретация которого представлена на рис. 2.

Результаты расчетов показали, что наибольший уровень развития экономического потенциала имеют такие месторождения как Ленинградское, Русановское и Штокмановское, интегральные показатели которых составляют соответственно 0,49, 0,45 и 0,34.

Так, лидирующие позиции для Ленинградского, Русановского и Штокмановского месторождений достигнуты за счет самых высоких значений показателя прогнозного объема добычи энергоресурсов, что справедливо характеризует эти месторождения как уникальные по объему запасов. При этом максимальный прогнозный объем энергоресурсов имеет Штокмановское месторождение, однако оно занимает третье место среди указанных лидеров. Это обусловлено влиянием таких показателей-дестимуляторов, как потребность в больших капитальных вложениях и высокие эксплуатационные расходы, связанные с освоением месторождения и диктуемые в большей степени техническими характеристиками месторожде-

## СИНЕРГИЯ АРКТИКИ

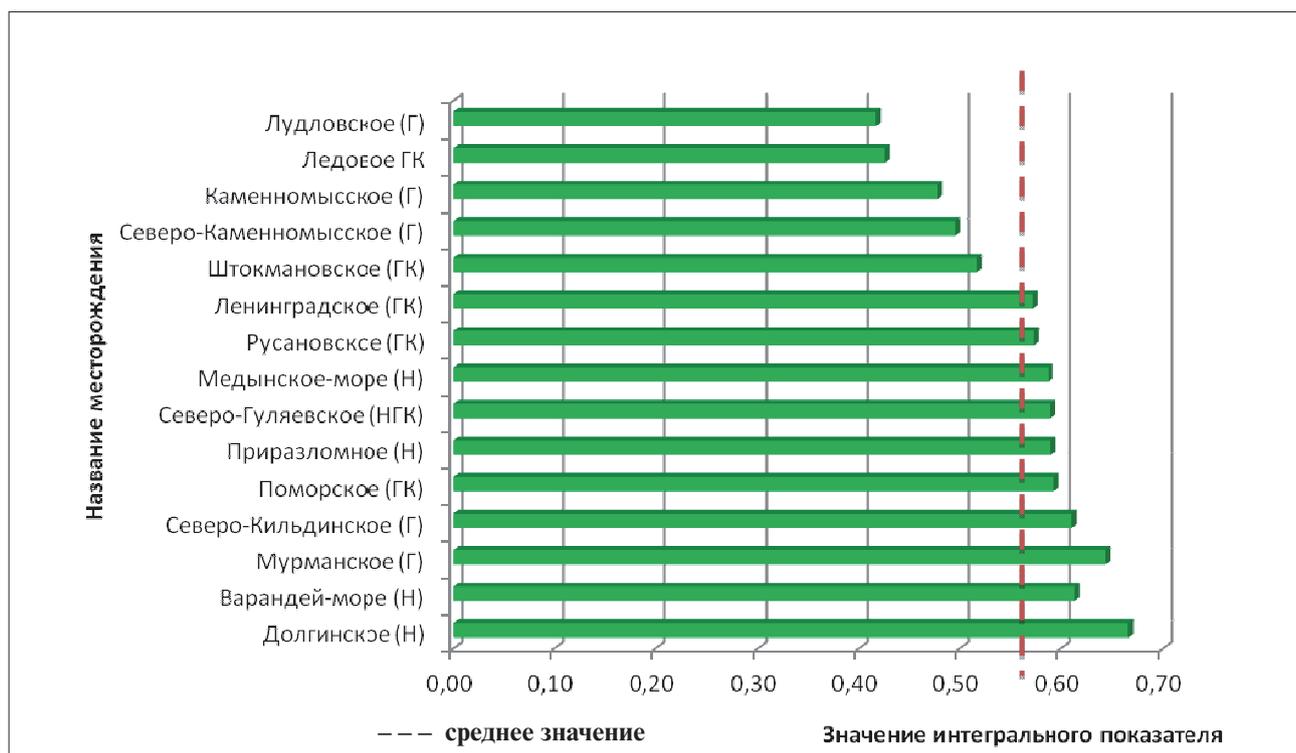


Рис. 3. Интегральные показатели уровня развития нефтегазовых месторождений Арктики

ния, а именно – удаленностью от берега и глубиной залегания, а также повышенной сложностью ледовых условий.

Наименьший уровень экономического потенциала в составленном рейтинге имеют такие месторождения как Варандей-море и Ледовое, интегральные показатели которых составляют соответственно 0,03 и 0,08. Замыкающие позиции в рейтинге этим месторождениям обеспечили сравнительно низкие значения прогнозных объемов добычи энергоресурсов (для Ледового месторождения) и минимальный показатель ожидаемого дохода инвестора (для месторождения Варандей-море).

Значение среднего показателя по совокупности анализируемых объектов составляет 0,23, из них 8 месторождений (Ленинградское, Русановское, Штокмановское, Северо-Каменномыское, Долгинское, Поморское, Северо-Кильдинское и Медынское-море) имеют уровень экономического потенциала выше среднего, что является хорошей тенденцией в среднем по отрасли и положительно характеризует принятие решения о

начале освоения таких объектов. Разница между максимальным и минимальным значениями интегральных показателей экономического потенциала составляет более 90%, что также свидетельствует о высокой степени отличия между анализируемыми месторождениями в аспекте их экономических характеристик.

Проведенная сравнительная оценка нефтегазовых месторождений по совокупности параметров, характеризующих их технический и экономический потенциал, свидетельствует о том, что некоторые месторождения, являющиеся лидерами по техническому потенциалу, занимают последние позиции по показателю экономического потенциала. Это утверждение справедливо также и в обратном направлении. Указанные обстоятельства обусловили необходимость расчета комплексного итогового интегрального показателя по всем технико-экономическим параметрам сразу  $\{x_1, \dots, x_{12}\}$ , который в настоящем исследовании определяется как УРНМ. Графическая интерпретация расчета УРНМ представлена на рис. 3.

На представленной на рис. 3 диаграмме видно, что в тройку лидеров по уровню развития нефтегазовых месторождений Арктики входят такие объекты как Долгинское, Варандей-море и Мурманское месторождения, интегральные показатели которых находятся на уровне 0,67, 0,61 и 0,64 соответственно. Несмотря на разные условия добычи энергоресурсов и объемы запасов нефтегазовых ресурсов, первые места в рейтинге им обеспечили такие показатели, как развитая береговая сервисная инфраструктура, наличие технологий для освоения месторождений и явный рынок сбыта. Таким образом, для данных объектов показатели-стимуляторы оказали свое решающее значение при расчете итогового интегрального показателя и формировании рейтинга.

В конце рейтинга находятся Лудловское и Ледовое месторождения, интегральные показатели которых равняются 0,42 и 0,43 соответственно. Данные позиции обусловлены в первую очередь сложными условиями добычи энергоресурсов (удаленность от берега, глубина моря, средней тяжести ледовые условия), экстремальной логистической доступностью и неявным рынком сбыта. В данном случае, несмотря на значительные запасы энергоресурсов, позволяющие характеризовать такие месторождения как крупные, свое негативное влияние на совокупный рейтинг оказали показатели-дестимуляторы.

Как было отмечено выше, выбор очередности объектов по освоению нефтегазовых месторождений Арктики должен быть обусловлен не только объемом предполагаемых энергоресурсов, но и сложностью климатических условий, что требует применения инновационных и дорогостоящих организационно-технологических решений, которые, в свою очередь, обуславливают увеличение себестоимости добычи. С другой стороны, суровые климатические условия являются причиной сокращения времени, в течение которого обслуживающий персонал может находиться на платформах, что приводит к текучести кадров и необходимости привлечения новых сотрудников. Это оказывает влияние на уровень занятости, как один из индикаторов устойчивого социально-экономического развития в стране и регионах.

### Инструменты определения приоритетности разработки месторождений российской Арктики

Необходимость создания условий для устойчивого развития является одной из важнейших задач обеспечения устойчивого экономического и социального развития арктических территорий. По этой причине стратегическое управление нефтегазовым комплексом и недропользованием в Арктике должно быть взаимосвязано с уровнем социально-экономического развития указанных географических областей.

С целью проведения такого рода исследования требуется сформировать совокупность показателей. На начальном этапе оценки уровня социально-экономического развития регионов необходимо определить индикаторы, разносторонне описывающие особенности влияния освоения морских нефтегазовых месторождений на национальное и региональное развитие. Для этого авторами предлагается сформировать ряд показателей, достаточно полно описывающих такие свойства ( $a_n$ ):

$a_1$  – количество рабочих мест, тыс. чел.;

$a_2$  – инвестиционные доходы государства, млн долл.;

$a_3$  – налоговые поступления в бюджет государства, млн долл.;

$a_4$  – процент в ВВП (ВРП), %;

$a_5$  – доля в общем объеме выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, %;

$a_6$  – доля загрязненных сточных вод в масштабе государства.

В приведенном списке воздействие деятельности нефтегазового комплекса на социально-экономическое развитие нашло отражение в следующих показателях:

$a_1$  – количество занятых работников для освоения отдельного месторождения, характеризует социальное развитие;

$a_2, a_3$  – доходы государства, характеризуют влияние на экономическое развитие;

$a_5, a_6$  – влияние на окружающую среду при освоении морских углеводородных месторождений Арктики.

На основе описанной выше методики интегрального анализа предлагается произвести со-

## СИНЕРГИЯ АРКТИКИ

вокупную оценку влияния нефтегазового комплекса при освоении морских месторождений Арктики на уровень социально-экономического развития в регионах и стране. Исходные данные для осуществления расчетов указаны в табл. 4.

Используя методику В. Плюты, получаем расчетные значения интегральных показателей влияния нефтегазового комплекса на уровень социально-экономического развития, приведенных совместно с показателем УРНМ в табл. 5.

С целью комплексной оценки эффективности месторождений по выбранным показателям требуется произвести позиционирование месторождений в пространстве с осями «уровень технико-экономического потенциала – степень влияния на устойчивость развития регионов». Значения интегральных показателей анализируемых месторождений выбраны в качестве координат точек.

При помощи модернизированной матрицы Бостонской консалтинговой группы предлагается осуществить позиционирование месторождений (рис. 4) для оценки их эффективности.

Суть данной матрицы в экономической науке заключается в том, что на основании определения позиций объектов в квадрантах матрицы разрабатываются управленческие решения в отношении стратегии развития данных объектов в будущем.

**Квадрант 1.** Данный квадрант – это квадрант лидеров. По результатам проведенных исследований освоение таких месторождений оказывает существенное позитивное влияние на социально-экономическое развитие регионов, имеются достаточные запасы углеводородов для принятия решения о начале разработки. Для их освоения также достаточен современный уровень развития шельфовых нефтегазовых технологий.

**Квадрант 2.** В данном квадранте могут находиться месторождения с низким технико-экономическим потенциалом, тем не менее оказывающие значительное влияние на региональное развитие. По мере развития технологий такие месторождения имеют перспективу переместиться в Квадрант 1.

Таблица 4

**Исходные параметры оценки влияния арктических морских углеводородных месторождений на социально-экономическое развитие**

Акватория	Название месторождения	Показатели уровня социально-экономического развития					
		a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>
Печорское море	Поморское (ГК)	10,2	6236	5827	0,21	3,8	4,1
	Северо-Гуляевское (НГК)	16,4	5285	4372	0,32	3,7	4
	Приразломное (Н)	18,4	6384	5836	0,48	2,6	3,2
	Варандей-море (Н)	8,9	6735	5375	0,04	0,3	0,4
	Медьинское-море (Н)	14,5	5028	4385	0,3	2,9	3,1
	Долгинское (Н)	20,4	9754	8362	0,55	1,2	2,4
Баренцево море	Мурманское (Г)	59,5	11732	10632	0,62	2,9	4,2
	Северо-Кильдинское (Г)	32,3	10634	8264	0,48	2,8	3,4
	Штокмановское (ГК)	57,5	12133	9629	0,61	4,2	6,4
	Лудловское (Г)	53,5	3784	3398	0,58	3,4	3,7
	Ледовое ГК	51,2	3682	3298	0,55	3,2	3,8
Карское море	Русановское (ГК)	41,2	4982	4495	0,52	4,1	5,2
	Ленинградское (ГК)	43,6	4729	4194	0,54	3,9	4
	Северо-Каменномысское (Г)	22,5	4265	3865	0,32	3,4	3,8
	Каменномысское (Г)	28,4	3982	3394	0,26	3,2	3,9

## СИНЕРГИЯ АРКТИКИ

Таблица 5

**Значения интегральных показателей и оценки их влияния на устойчивость социально-экономического развития**

Название месторождения	Условные обозначения	Координаты точек	
		Влияние НГК по устойчивое развитие	УРНМ
Поморское (ГК)	A1	0,51	0,59
Северо-Гуляевское (НГК)	A2	0,52	0,59
Приразломное (Н)	A3	0,63	0,59
Варандей-море (Н)	A4	0,60	0,61
Медынское-море (Н)	A5	0,56	0,59
Долгинское (Н)	A6	0,76	0,67
Мурманское (Г)	A7	0,71	0,64
Северо-Кильдинское (Г)	A8	0,70	0,61
Штокмановское (ГК)	A9	0,55	0,52
Лудловское (Г)	A10	0,57	0,42
Ледовое ГК	A11	0,57	0,43
Русановское (ГК)	A12	0,51	0,57
Ленинградское (ГК)	A13	0,56	0,57
Северо-Каменномыское (Г)	A14	0,53	0,50
Каменномыское (Г)	A15	0,52	0,48

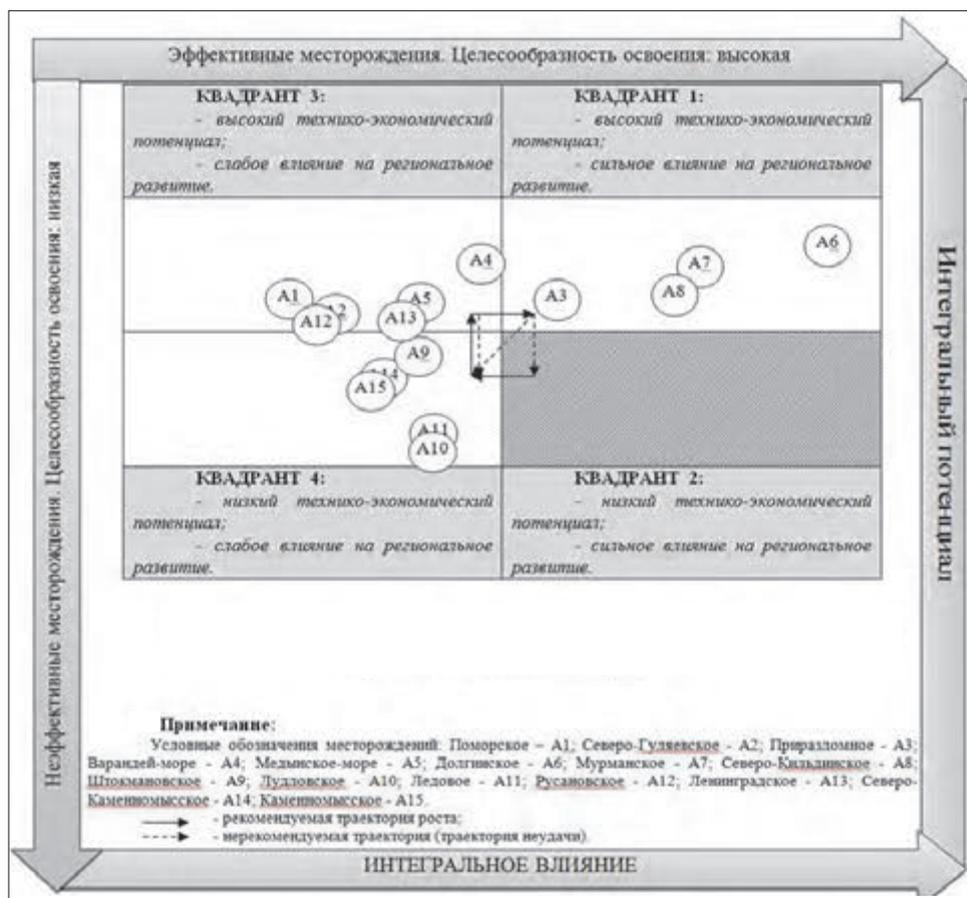


Рис. 4. Универсальная матрица оценки перспективности освоения месторождений

Квадрант 3. В данном квадранте сосредоточены месторождения, освоение которых требует значительных инвестиционных затрат, при этом, однако, у лиц принимающих решения, нет однозначных перспектив развития данных объектов с точки зрения строительства перерабатывающих мощностей и формирования мультипликативных эффектов.

Квадрант 4. Данный квадрант содержит месторождения, имеющие низкий технико-экономический потенциал и слабое воздействие на региональное развитие. При анализе потенциального освоения таких месторождений требуются высокие инвестиционные затраты. Кроме того, часто для освоения таких месторождений отсутствуют необходимые технологии, инфраструктура и рынки сбыта.

### Основные результаты исследования

Предложенная последовательность действий по комплексной оценке потенциала углеводородных месторождений российской Арктики позволила выявить и доказать ряд противоречий. В данном случае речь идет о том, что наиболее перспективные регионы Западно-Арктического шельфа по предполагаемым объемам запасов энергоресурсов, а также географической близости к иностранным потребителям, являющиеся лидерами в рейтинге экономического потенциала, занимают далеко не первые позиции

Работа выполнена в рамках госзадания ФИЦ КНЦ РАН № 0226-2018-0006\_ИЭП «Научные и прикладные основы устойчивого развития и модернизации морехозяйственной деятельности в западной части Арктической зоны Российской Федерации» и № 0226-2018-0007\_ИЭП «Разработка научных основ и обоснование эколого-экономически-сбалансированного ресурсосберегающего комплексного освоения природных ресурсов в Арктической зоне России».

### ЛИТЕРАТУРА

1. Тренды и сценарии развития мировой энергетики в первой половине XXI в. / А.М. Белогорьев, В.В. Бушуев, А.И. Громов, Н.К. Куричев, А.М. Мастепанов, А.А. Троицкий / Под ред. В.В. Бушуева. М.: Энергия, 2011. 68 с.
2. Бушуев В.В. Мировая энергетика: состояние, проблемы, перспективы. М.: Энергия, 2007. 664 с.
3. Воронин А.Ю. Энергетическая стратегия России. М.: Финансовый контроль, 2004. 264 с.
4. Гительман Л.Д., Ратников Б.Е. Энергетический бизнес. М.: Дело, 2008. 416 с.
5. Финансы. Оксфордский толковый словарь (англо-русский) / Б. Батлер. М.: Весь мир, 1997. 492 с.
6. Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка: 8000 слов и фразеологических выражений. М.: Азбуковник, 1999. 944 с.
7. Власов М.П., Шимко П.Д. Моделирование экономических процессов Ростов н/Д: Феникс, 2011. 409 с.

8. Квинт В.Л. Стратегическое управление и экономика на глобальном формирующемся рынке. М.: Бизнес Атлас, 2012. 630 с.

9. Моделирование экономических процессов / Под ред. М.В. Грачевой, Л.Н. Фадеевой, Ю.Н. Черемных. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2010. 351с.

10. Литвак В.Г. Управленческие решения. М.: ЭКМОС, 1998. 248 с.

11. Север и Арктика в пространственном развитии России: научно-аналитический доклад. Москва-Апатиты-Сыктывкар: Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2010. 142 с.

12. Сошникова Л.М., Тамашевич В.Н. Многомерный статистический анализ в экономике / Под ред. В.Н. Тамашевич. М.: ЮНИТИ, 1999. 598 с.

13. Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в эконометрическом моделировании. М.: Финансы и статистика, 1989. 174 с.

14. Фадеев А.М. Управление нефтегазовым комплексом нового добывающего региона при освоении морских углеводородных месторождений Арктики. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2011. 98с.

15. Фадеев А.М., Череповицын А.Е., Ларичкин Ф.Д., Егоров О.И. Экономические особенности реализации проектов по освоению шельфовых углеводородных месторождений // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2010. № 3(11). С. 61-74.

### REFERENCES

1. Trendy i stsenarii razvitiya mirovoi energetiki v pervoi polovine XXI v. A.M. Belogor'ev, V.V. Bushuev, A.I. Gromov, N.K. Kurichev, A.M. Mastepanov, A.A. Troitskii Pod. red. V.V. Bushueva. Moscow: Energiya, 2011. 68 p.

2. Bushuev V.V. Mirovaya energetika: sostoyanie, problemy, perspektivy. Moscow: Energiya, 2007. 664 p.

3. Voronin A.Yu. Energeticheskaya strategiya Rossii. Moscow: Finansovyi kontrol', 2004. 264 p.

4. Gitel'man L.D., Ratnikov B.E. Energeticheskii biznes. Moscow: Delo, 2008. 416 p.

5. Finance. Oksfordskii tolkovyi slovar' (anglo-russkii) / B. Butler. Moscow: Ves' mir, 1997. 492 p.

6. Ozhegov S.I. Tolkovyi slovar' russkogo yazyka: 8000 slov i frazeologicheskikh vyrazhenii. Moscow: Azbukovnik, 1999. 944 p.

7. Vlasov M.P., Shimko P.D. Modelirovanie ekonomicheskikh protsessov. Rostov n/D: Feniks, 2011. 409 p.

8. Kvint V. L. Strategicheskoe upravlenie i ekonomika na global'nom formiruyushchemsya rynke. Moscow: Biznes Atlas, 2012. 630 p.

9. Modelirovanie ekonomicheskikh protsessov / Pod red. M.V. Grachevoi, L.N. Fadeevoi, Yu.N. Cheremnykh. Moscow: YuNITI-DANA, 2010. 351p.

10. Litvak V.G. Upravlencheskie resheniya. Moscow: EKMOС, 1998. 248 p.

11. Sever i Arktika v prostranstvennom razvitii Rossii: nauchno-analiticheskii doklad. Moskva-Apatity-Syktvykar. Apatity: izd. Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN, 2010. 142 p.

12. Soshnikova L.M., Tamashevich V.N. Mnogomernyi statisticheskii analiz v ekonomike / Pod red. V.N. Tamashevich. Moscow: YuNITI, 1999. 598 p.

13. Plyuta V. Sravnitel'nyi mnogomernyi analiz v ekonomicheskoy modelirovani. M.: Finansy i statistika, 1989. 174 p.

14. Fadeev A.M. Upravlenie neftegazovym kompleksom novogo dobyvayushchego regiona pri osvoenii morskikh uglevodorodnykh mestorozhdenii Arktiki. Apatity: izd. Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN, 2011. 98 p.

15. Fadeev A.M., Cherepovitsyn A.E., Larichkin F.D., Egorov O.I. Economic features projects for the development of offshore hydrocarbon fields. Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz. 2010. no. 3. vol. 11 . Pp. 61-74.

Поступила в редакцию  
03.06.2018 г.

УДК 338.4 (985)

Ю.А. Щербанин<sup>1</sup>

### ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

*Аннотация.* В статье рассматриваются некоторые предварительные итоги реализации Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года, в части касающейся ее транспортно-логистических целей и задач. Приводится анализ развития видов транспорта в АЗРФ в контексте выполнения перевозок грузов для нужд национальной экономики. Представлено авторское видение дальнейшего развития отдельных сегментов транспортно-логистической работы с учетом нужд топливно-энергетического комплекса.

*Ключевые слова:* Арктическая зона РФ, Северный морской путь, железная дорога, северные территории, топливно-энергетические ресурсы, организация работы транспорта в северных условиях, транспорт, логистика, Стратегия-2020.

Yu.A. Shcherbanin<sup>2</sup>

### TRANSPORT AND LOGISTICAL SUPPORT OF RUSSIAN ARCTIC DEVELOPMENT

*Abstract.* The article considers some preliminary results of the Strategy for Development of the Russian Arctic Zone implemented and national security protection for the period up to 2020 in terms of its transport and logistical goals and objectives. The paper provides the analysis of transport types developed in the Russian Arctic zone as regards shipping goods for national economy purposes. It presents the author's vision of further development of individual transport and logistical activity segments taking into account fuel and energy complex needs.

*Keywords:* Russian Arctic zone, Northern Sea Route, railway, northern territories, fuel and energy resources, organization of transport operation under northern conditions, transport, logistics, Strategy 2020.

Стратегия, утвержденная в 2013 г. (Стратегия-2020) [1], определяет основные механизмы, способы и средства достижения стратегических целей и приоритетов устойчивого развития Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) и обеспечения национальной безопасности. Транспортно-логистические приоритеты и задачи (п. 12 Стратегии) сведены в 16 позиций и охватывают самый широкий спектр проблем, включая развитие единой Арктической транспортной системы, в том числе национальной морской магистрали, железнодорожной сети и опорной сети автомобильных дорог в АЗРФ. Отдельно выделена задача по совершенствованию транспортной инфраструктуры в целях диверсификации основных маршрутов поставки российских углеводородов на мировые рынки.

Развитие АЗРФ, создание в этом обширном регионе серьезной промышленной базы зависят от целого ряда факторов, в том числе от уровня развития транспортной системы (именно системы), способной удовлетворять спрос на транспортно-логистические услуги. Исходим из того, что принятие решений по развитию АЗРФ должно учитывать и исторический опыт нашей страны. Обращаясь к периоду 90-летней давности, уместно привести высказанные в феврале 1931 г. на заседании Арктической комиссии соображения вице-президента Академии наук А.Е. Ферсмана: «Фактически его (плана – прим. авт.) осуществление, вероятно, потребует не менее десяти лет и крупного финансового напряжения. На основе означенной пятилетки может быть и должен быть для каждого начинания

---

<sup>1</sup> Юрий Алексеевич Щербанин – заведующий кафедрой нефтегазотрейдинга и логистики Российского государственного университета (НИУ) нефти и газа им. И.М. Губкина, профессор, д.э.н., e-mail: shcherbanin.y@gubkin.ru.

<sup>2</sup> Yury A. Shcherbanin – Head of the Oil and Gas Trading and Logistics at the Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Full Professor, Doctor of Economics, e-mail: shcherbanin.y@gubkin.ru.

проработан пятилетний план научных исследований во всех разделах основных проблем, а именно: метеорологических и аэрологических; геологических и геоморфологических; географических; гидрологических и геоморфологических: гидрологических, гидробиологических и батиметрических; биологических, промысловых и проч.» [2]. Из приводимой цитаты явствует, что подходы к экономическому освоению Арктики строились на комплексном подходе, с учетом целого ряда факторов, параметров, ситуаций, исходя из требований и возможностей того времени. Основное внимание, как известно, уделялось проведению научных исследований, ибо без выяснения многих и многих «оттенков характера Арктики и Крайнего Севера» было не обойтись. В конце первой пятилетки в СССР число научно-исследовательских институтов выросло с 30 в 1928 г. до 205 в 1932 году. В 2016 г. в России насчитывалось 1973 НИИ [3]. Достаточно сказать, что в 1920 г. был создан Арктический и Антарктический НИИ, в 1921 г. организован Полярный научно-исследовательский институт морского и рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, различные отделения и кафедры в университетах и т.д. Надо отметить, что в рамках социалистического уклада хозяйствования всегда просматривается не просто концентрация усилий на крупных прорывных направлениях, но и тесная увязка этих усилий с нуждами других отраслей и подотраслей народного хозяйства.

Освоение Арктики, Крайнего Севера, Западной Сибири в 1960-80-е годы происходило не только с учетом накопленного довоенного опыта, но и путем внедрения современных, на тот период, подходов, учитывавших произошедшие в науке и технике изменения. Так, многие довоенные проекты реализуются и сейчас, хотя и частично. Например, развивается БАМ, к строительству которого приступили еще до войны, постепенно возрождается проект строительства железнодорожной магистрали Северный широтный ход (СШХ), который, согласно послевоенных планов (назывался Великий северный железнодорожный путь), должен был связать Баренцево море с Чукотским морем по суше, параллельно Севморпути с последующим строительством связующей ветки с Транссибом. В результате

этого мегапроекта получалось замкнутое железнодорожное кольцо: Черное – Баренцево – Чукотское моря – Транссиб плюс меридианальная железнодорожная ветка, соединяющая Великий северный путь с Транссибом (ныне вялотекущий проект Урал Полярный – Урал Промышленный). Проект СШХ в настоящее время находится в стадии развития, что согласуется со Стратегией-2020.

Из-за войны эти проекты были приостановлены, и во многом поэтому нефтяникам и газовикам пришлось «не сладко» при освоении природных богатств Западной Сибири. Однако, по некоторым признакам (конечно, косвенным – с расчетами не ознакомиться), по некоторым сегментам, в чем-то освоение западносибирских нефтегазовых месторождений обходилось дешевле, чем это происходит в настоящее время. Сегодня каждая нефтегазовая компания ведет разведку, разработку и освоение своих месторождений собственными силами. Передовой опыт остается в стенах офисов самих компаний, использование подвижного состава не всегда эффективно – перевозки не могут быть дешевыми в силу сложившейся специфики рыночной экономики. Достаточно напомнить, что основной интегральный показатель железных дорог – оборот грузового вагона рабочего парка, по данным ОАО РЖД [4], составил в 2017 г. 15,1 сут., тогда как в 1991 г. при перевозках по тоннажу более чем в два раза превышавших сегодняшней уровень – 6,58 сут. Автомобильный грузовой подвижной состав при одинаковой с 1991 г. численности парка (примерно 3,3 млн ед. грузоподъемностью свыше 5 т) в прошлом году перевез 5,4 млрд т, а на рубеже 1980-90 гг. – свыше 15 млрд т грузов. Эти показатели мы приводим с целью продемонстрировать, что освоение арктических месторождений нефти и газа, новых богатств приарктических широт будет сталкиваться с первоначально высоким ценовым предположением со стороны компаний-перевозчиков.

Стратегия-2020 не является директивным документом, она лишь определяет направления развития. За два года до ее «официального завершения» нет ощущения того, что большая часть поставленных задач будет решена или они будут на финишной прямой. В этом мало

хорошего, но и не так много плохого. По нашему убеждению, необходимо определиться в основных подходах ее реализации, убедиться, что направления выбраны верно – она ведь будет каким-то образом в 2020 г. реформативирована, изменена, дополнена.

В настоящее время в России осуществляется так называемый проектный подход для достижения видимых, осязаемых социально-экономических результатов. На виду несколько успешно завершенных проектных подходов, действительно крупных, федерального уровня и значения, которые «выдают на гора» синергетический, мультипликативный и другие эффекты. Это и проект АТЭС, и Олимпиада-2014, и ЧМ-2018, и Крымский мост. Проектный подход, уж коли так складывается в отечественной экономике, мог бы быть применен и для Арктики, и для территорий Крайнего Севера. Но в данном случае имеются некоторые проблемы, которые пока не способствуют его полноценной реализации с эффектными последствиями для населения. С другой стороны, по существу, проектный подход был использован при освоении Западной Сибири, в котором транспортно-логистическому обеспечению отводилось исключительное место. Было понятно изначально, что без строительства дорог, аэропортов, складов и т.д. до нефти и газа не добраться. И там тоже климат суровый, низкая плотность населения, но эффект и сегодня эффект, спустя 60 лет.

Рассмотрим некоторые соображения, которые, возможно, помогут пытливым исследователям в решении научно-практических задач. Целесообразно сосредоточиться на наиболее крупных, на наш взгляд, вопросах. В Стратегии-2020 совершенно правильно говорится о необходимости создания единой Арктической транспортной системы (АТС). На данный момент в России единой транспортной системы нет, она складывается с большими трудностями и уже на протяжении многих лет. Вряд ли кто из транспортников может на это возразить. Например, существуют противоречия между железной дорогой и морскими портами (не стыкуются многие нормативно-правовые позиции), нет закона о транзите и др. В этой связи пока не просматриваются возможности создания единой АТС. Единая система для Арктики очень

нужна. Функционирование такой системы будет способствовать снижению издержек, возникающих при транспортировке грузов. Почему железнодорожные составы простаивают на подходах к морским портам на Дальнем Востоке, на подходах к черноморским портам? Потому что есть нестыковки и в нормативно-правовых актах. Отсюда такая же ситуация в северных портах. Специалисты знают, что, например, вспомогательное судно в порту Мурманск может простаивать из-за не вовремя подходящих грузовых поездов и не во время доставить груз на Приразломную, а это новые издержки. И не только по вине «движенцев».

Не удалось пока сделать первые серьезные шаги по созданию железнодорожной сети и опорной сети автомобильных дорог. Это дорогостоящие объекты. Значительные объемы строительства приходится на территории вечной мерзлоты. Не зря в приводимой выше цитате академика А.Е. Ферсмана перечисляется много «геотерминов» – оказывается мерзлота от мерзлоты отличается и все это требует дополнительных исследований. Академик В. Мельников отмечает, что «... проекты на новые объекты в зоне вечной мерзлоты должны быть экспериментальными, а все стройки должны иметь обязательное научное сопровождение. ... мы пережили фазу потепления. ... с 1946 по 1975 годы планета находилась в фазе похолодания. ... В нынешнюю 30-летнюю фазу таких температур ни разу не отмечалось. В результате потепления мы зафиксировали серьезную деградацию, другими словами – оттаивание мерзлых пород, особенно проявившееся в некоторых районах России. Больше всего это характерно для Центральной Якутии и Западной Сибири, меньше – для европейского Севера» [5].

Создание единой АТС требует строительства складской инфраструктуры, причем объекты самые различные – от жилых домов до нефтебаз и резервуарных парков. Выход на высокие широты требует корректировки отдельных положений строительных норм, более высокой культуры возведения сооружений.

Рассуждая о транспортно-логистическом обеспечении арктических проектов, естественно, необходимо привести данные о топливно-

## СИНЕРГИЯ АРКТИКИ

Таблица 1

### Топливо-энергетические ресурсы Арктической зоны России

Полезные ископаемые	Ресурсы, млрд т у.т.
Уголь каменный	626,0
Уголь бурый	93,0
Нефть и газ (извлекаемые)	245,0
Горючие сланцы	231,0
Газовые гидраты	6,2
Природные битумы	2,5
Всего	1203,7

Таблица 2

### Объемы извлекаемых ресурсов нефти и газа в недрах АЗРФ

Нефтегазоносная провинция	Объем извлекаемых ресурсов, млрд т у.т.
Западно-Сибирская (арктическая суша и море)	161,7
Баренцево-Карская (море)	32,4
Тимано-Печорская (суша и море)	14,5
Енисейско-Анабарская (суша)	13,5
Север Сибирской платформы и Чукотка (суша и море)	23,0 (оценка)
Всего	245,1

энергетических ресурсах АЗРФ. Транспортники, логисты, снабженцы должны иметь корректное представление о том, чего, сколько и как долго придется возить, и как может складываться ситуация в ближайшее время. Приведем данные (табл. 1 и 2), которыми оперирует авторитетная научная организация – Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина, Кольский научный центр РАН [6].

По оценкам США (на начало 2010 г.), природная ценность этого сырья составляет более 60 трлн долларов. В данном случае мы не оспариваем указанные оценки и ссылаемся на авторитет исследователей Академии наук. На наш

взгляд, добыча угля в Арктике не является сегодня для России необходимой. Огромные залежи угля в Якутии, Хакасии, на Кузбассе и в других регионах способствуют именно их разработке.

Приведем данные о ресурсах углеводородного сырья (табл. 2).

Значительная часть работы транспортного сектора в Арктике тем или иным образом связана с обслуживанием отраслей российского ТЭК. В настоящее время продолжается развитие национальной морской магистрали, как сказано в тексте Стратегии-2020 – Северного морского пути. Как известно, Севморпуть – это кратчай-

Таблица 3

### Перевалка грузов в портах Арктического бассейна по укрупненной номенклатуре, тыс. т

Грузы	Всего		Экспорт		Импорт		Каботаж	
	2016 г.	2017 г.						
Нефть	19642,4	39402,6	7143,7	16660,4	...	...	12498,7	22742,2
Нефтепродукты	3531,8	4531,8	3134,8	3984,1	...	...	397,1	547,8
Сжиженный газ	...	221,6	...	221,6	...	...	...	...
Сухогрузы	26582,3	29118,4	21914,1	23681,5	453,8	666,1	4214,4	4770,8
Итого	49756,6	73274,3	32192,6	44326	453,8	666,1	17110,2	28060,7

Перевалка грузов в морских портах Северного морского пути за 2017 г., тыс. т

Порт	Всего	Сухогрузы	Нефтепродукты	Нефть
Диксон	9,7	7,9	1,8	...
Дудинка	1235,5	1235,5	...	...
Певек	288,4	288,4	...	...
Сабетта	7431,9 (СПГ-221,6)	1121,3	130,0	5959,1
Тикси	13,2	13,2	...	...
Хатанга	33,2	25,1	8,0	...
Всего	9011,9(СПГ-221,6)	2691,4	139,8	5991,1

ший морской путь между европейской частью России и Дальним Востоком. В России его называют исторически сложившейся национальной единой транспортной коммуникацией России в Арктике. Севморпуть пролегает от Мурманска по водам Северного ледовитого океана и далее минуя Камчатку и Сахалин завершается во Владивостоке. Протяженность Севморпути от Карских ворот до мыса Дежнева составляет примерно 2500 морских миль.

В акватории Севморпути расположено шесть морских портов, но грузовые операции осуществляются еще в 20-ти оборудованных и слабо-оборудованных пунктах на побережье материка и на островах. Приведем данные по перевалке грузов в морских портах Арктического бассейна (табл. 3) и портах, расположенных по трассе Севморпути (табл. 4) [7].

Из данных таблицы видно, что в 2017 г. значительно выросла перевалка нефтегрузов в портах Арктического бассейна – практически удвоилась перевалка нефти, на миллион тонн больше перегружено нефтепродуктов, удвоились поставки нефти на экспорт, рост отмечается и по нефтепродуктам. В большей мере это связано с ростом добычи на арктических месторождениях. Так, с платформы Приразломная было отгружено 3 млн т нефти, на полмиллиона больше уровня 2016 года. Нарастил отгрузки порт Сабетта («Газпромнефть-Ямал»), вошел в эксплуатацию рейдовый перегрузочный комплекс ООО «Кольский нефтяной терминал» (большегрузный танкер «Умба»).

Целесообразно привести данные о работе морских портов Севморпути (табл. 4). Объемы перевалки грузов в указанных морских портах относительно невелики. Выделяются по объ-

емам два порта – Сабетта, с которым работает компания «Газпромнефть – Ямал», а теперь еще приступил к отгрузке сжиженного природного газа НОВАТЭК и порт Дудинка, который традиционно отгружает продукцию ГМК «Норильский никель». В других портах в основном перегружаются грузы по Северному заводу.

В 2017 г. по итогам перевозок грузов по Севморпути объемы составили 9,7376 млн т, что на 34% больше, чем в 2016 году. Наибольший прирост зафиксирован по нефти и нефтепродуктам – в 1,9 раза, угля – в 1,6 раза, наиболее существенное падение зафиксировано по газоконденсату – 25,5%, по руде – 40%, генгрузам – 26,6%. Вместе с тем объемы по данной номенклатуре в абсолютных показателях невелики.

В 2017 г. Администрация Севморпути выдала 662 разрешения для прохождения судами трассы, включая 106 судов под иностранным флагом. Всего за год было осуществлено 28 транзитных рейса. Среднее время прохождения акватории Севморпути составило 10,4 суток. В транзите перевезено 194,4 тыс. т грузов, или почти на 10% меньше, по сравнению с 2016 годом. Объемы наливных грузов относительно невелики – всего 90,5 тыс. т. Это весьма скромный объем для транзита. Первый газовоз вывез с Сабетты 75,7 тыс. т СПГ, остальной объем в 15 тыс. т крайне невелик. Отметим, что российская судоходная компания «Совкомфлот» в начале 2010-х гг. свой первый рейс осуществила вывозом 110 тыс. т газоконденсата. Пока использование Севморпути в качестве транзитного маршрута не вполне впечатляет. Мы полагаем, что вряд ли стоит пока строить большие планы на транзит. Маршрут не освоен в массовом порядке, все-таки для прохождения восточного плеча Сев-

морпути требуются суда усиленного ледового класса, коими не всегда обладают судоходные компании.

Развитию АЗРФ будет предшествовать разработка прогнозов по различным сценариям, как правило, рассматриваются интенсивный (как вариант – инновационно-интенсивный) и инерционный (иногда – умеренно-интенсивный) на определенный период. Как показывает практика последних лет, долгосрочные сценарии практически уже не пользуются популярностью у экономистов. Стремительное развитие техники и технологий, большое влияние политики на экономику, масса других факторов не позволяют создавать математические модели прогноза долгосрочных ситуаций. Более того, даже среднесрочные сценарии (5-7 лет) несут в себе известные погрешности, не позволяющие уже на начальных этапах полностью им доверять. Дотошный читатель может сам проверить – достаточно взять любую отраслевую или даже федеральную стратегию и проверить зафиксированные в этих документах индикаторы с фактическими достигнутыми показателями. Нами проверялись некоторые собственные модели по прогнозированию грузоперевозок как по отдельным видам транспорта, так и в целом. Эконометрические модели дают приемлемые показатели на горизонт в три года. Затем их необходимо корректировать. Но в целом приемлем и пятилетний период, однако для разработки таких моделей требуется очень толковый политический прогноз, как бы это не нравилось «чистым» экономистам.

Учитывая ограниченные возможности журнальной публикации, остановимся на кратком изложении соображений прогнозного характера, касающихся вклада, места транспортно-логистической составляющей. Полагаем, что некоторые подходы могут быть использованы в процессе работы над будущими социально-экономическими планами по АЗРФ.

Первое. Рассмотрим объемы грузовой базы представляемой для перевозки с целью подготовки месторождения к эксплуатации. То есть мы не учитываем предварительные работы по геологоразведке, поиску и т.д. В данном случае речь идет только о грузах, которые необходимо доставить на месторождение.

Для примера возьмем доступную информацию по одному из нефтегазоконденсатных месторождений, расположенных в Республике Якутия, примерно в полутора сотнях километров западнее г. Ленска. По размеру запасов (B1+B2) месторождение относится к категории уникальных с проектной годовой производительностью – 25 млрд м<sup>3</sup> газа, 1,9 млн т нефти и 0,4 млн т газового конденсата [8].

Согласно данным ОАО РЖД, объемы перевозимых грузов при строительстве объектов по обустройству нефтяной оторочки указанного нефтегазового месторождения в период с 2013 по 2016 гг. составили примерно 1,05 млн т. Понимаем, что это только грузы именно для нефтяной оторочки, судя по всему, не включающие в себя солидные сегменты по добыче газоконденсата и природного газа. Основные позиции хорошо известны – материалы, различные изделия и металлоконструкции, трубы и различная трубная продукция, различное оборудование, арматура, сопутствующие грузы, такие как колесная и гусеничная техника, вагончики для жилья и т.д. Под эти грузы было предоставлено 32 тыс. железнодорожных вагонов. Поступление грузов на площадки по годам было неравномерным, поскольку это зависит от запланированных сроков проведения работ. Из всего объема по тоннажу в первый год работы было поставлено примерно 30-32% грузов, на второй год – около 40%, на третий – 26-27% и в последний год – 1-2%. Для железнодорожников важен показатель среднесуточного количества поступающих вагонов на станцию. При этом надо учитывать, что их число растет в период навигации по сибирским рекам. В Сибири продолжительность навигации по рекам составляет примерно 150 суток. Как показала практика, их доля объема перевезенных грузов от железнодорожной станции до объекта по реке в период навигации от общего составила 70%, а зимой по автомобильному зимнику – 30%.

Приписной флот Ленского объединенного речного пароходства насчитывает 328 единиц флота общей грузоподъемностью около 400 тыс. тонн. Основные объемы по перевозкам приходятся на сухогрузные палубные суда, перевозящие 1000 т, и дополнительно толкающие баржи грузоподъемностью до 2500 тонн. Таким

образом, один состав может забирать до 3500 т, что примерно эквивалентно одному железнодорожному составу (плюс-минус 60 вагонов). Если следовать требованиям, предъявляемым к автомобильным перевозкам, то тягач может везти грузы массой до 4 т, начиная с последней недели ноября, до 10 т после первой недели декабря, до 40 т после второй декады января. Таким образом, логисты должны четко отслеживать сроки, когда разрешены определенные нагрузки на ледовых переправах. Стоимость доставки грузов в зависимости от маршрута отличается. Так, стоимость транспортировки 1 т груза по схеме «ж/д станция – река – автодорога» составляет примерно 15,5-17,0 тыс. руб., а по схеме «ж/д станция – зимник» составляет почти 23 тыс. руб.

Укажем на некоторые особенности транспортировки грузов в условиях отсутствия инфраструктуры, чем, собственно, должен руководствоваться логист. Внутренние водные пути используются в среднем с 10 мая по 10 октября, а автозимники, большая часть автодорог, функционируют в среднем с 20 декабря по 20 апреля. Всегда следует иметь в виду, что по ряду причин объемы общей перерабатывающей способности сибирских речных портов редко превышают 50%. Так, на станции Лена, например, при потенциале по переработке 320 вагонов в сутки, реально в среднем показатель составляет 130 вагонов в сутки. Однако могут быть периоды с уровнем разгрузки до 460 вагонов в сутки. Логистам следует иметь в виду, что при низкой производительности по перегрузке растет число брошенных поездов. В отдельные периоды число брошенных поездов может превышать 80 составов.

К другим особенностям доставки грузов на месторождение можно отнести возможное резкое снижение объемов фактической загрузки речных судов. В период падения уровня воды на реках судовладельцы таксируют перевозки по тарифам Прейскуранта 14-01-1989 с применением повышающихся коэффициентов вплоть до 140. Если же судно из-за низкой воды загружается процентов на 70, то следует ожидать взимания платы как за полную грузоподъемность. Это необходимо иметь в виду.

При организации перевозок по рекам Сибири надо учитывать и такие моменты, как невозможность вывоза грузов из речного порта судами. Это объясняется следующим образом. По первоначальному плану за основу берется расчет в потребностях по грузам для обеспечения работ на месторождении. Под эти объемы заказываются железнодорожные перевозки (вагоны, перегрузочные механизмы на станции отправления, маршрутные нитки, перегрузочные мощности на станции прибытия, речные суда для вывоза грузов из речного порта и др.). Однако в связи с невывозом части грузов из-за низкой воды (суда загружаются не полностью) после завершения навигации в речном порту, на железнодорожной станции скапливаются невывезенные грузы. Компании предстоит их вывоз и переадресация на другие объекты. Одновременно предстоит вносить коррективы на доставку аналогичных грузов на некоторые объекты, поскольку предстоит вывоз остатков из речного порта. Если остатки значительны, то издержки будут высокими.

Выводы по данному сценарию перевозок грузов на новое месторождение сводятся к следующему:

- чрезвычайно важно провести комплексный анализ навигационной обстановки по той или иной реке, по которой планируется завозить грузы;
- требуется иметь четкое представление по всей перегрузочной технике в речных портах, на грузовых дворах железнодорожных станций;
- необходимо располагать информацией о припортовых железнодорожных путях, станционных путях и т.д. с целью понимания возможностей по «отстою» составов в случае сбоя при перегрузке грузов. Это позволит снизить число брошенных составов и тем самым уменьшить издержки;
- следует заранее рассчитывать заказы ниток маршрутов, а также возможные варианты организации реверсивного вывоза грузов, которые по тем или иным причинам не были доставлены до объекта и которые по ряду причин не могут быть доставлены до объекта по автозимнику.

В принципе указанные ситуации с более-менее приличной точностью могут быть прогнозируемы при использовании математических прогнозных моделей.

Данный пример приводится с целью понимания в первом приближении некоторых непредвиденных ситуаций, возникающих в процессе организации работы нефтегазовой компании на новых месторождениях в условиях неосвоенных территорий.

Полагаем целесообразным осветить и другой важный вопрос, имеющий непосредственное отношение к освоению необжитых территорий, и к которому имеет прямое отношение транспортный сектор.

Освоение новых месторождений требует переброски значительных по численности подразделений рабочих и ИТР самых разных специальностей. Набор специалистов для работы в суровых климатических условиях в настоящее время вряд ли можно сравнивать с так называемой вербовкой, которая была в советские времена и соответствовала условиям того времени. В настоящее время в России наем рабочей силы и ИТР осуществляется на основе соответствующего контракта, в котором указываются самые различные положения, в формулировке зачастую участвуют профсоюзы. Решение проблем обеспечения промышленного освоения новых месторождений рабочей силой зависит от двух вариантов – возможность освоения с использованием местной рабочей силы и ИТР, то есть при их наличии, и второй вариант – рабочей силы и ИТР нет или их число незначительно. В первом случае транспортно-логистический потенциал задействован не слишком интенсивно. Во втором случае используется вахтовый метод, то есть выполнение работ осуществляется силами мобильных подразделений с регулярным выездом работников на объекты, удаленные от мест их постоянного проживания.

В 1970-80-гг. вахтовый метод самым активным способом использовался при освоении Западной Сибири. Руководство страны исходило из того, что строительство городов и рабочих поселков на необжитых территориях потребует весьма и весьма значительных средств (чего стоил бы завоз стройматериалов). Кроме того, потребовалось бы строительство детсадов

и школ для детей, предоставление жилья учителям и врачам, строительство предприятий для жен работников, строительство аэродромов и т.д. Вахтовый метод этого не требовал, но возникла необходимость в четкой организации работы транспорта для доставки вахт к месту работы. Отметим одну существенную деталь – мы не зря упомянули о профсоюзах. Трудовые договоры нынче содержат пункты, согласно которым при организации вахтовых переброек, в случае опоздания транспортных средств для отправки вахт на «большую землю» компанией им выплачиваются дополнительные деньги, причем в полуторном-двойном размере. В России подобные пункты не всегда содержатся в трудовом договоре.

В этой связи интересен опыт норвежских нефтяников. В случае если вертолет с вахтой по различным причинам не доставил вахту на морскую платформу и вернулся со сменщиками на базу и только спустя какое-то время смог осуществить плановую замену, то, согласно контракту, вахте, не прибывшей на платформу, выплачивается жалование по «морской норме», а вахте, не вылетевшей на материк, выплачиваются сверхурочные. Отметим также и тот факт, что стоимость летного часа на вертолете достаточно высока и «двойная перевозка» вахты чувствительно влияет на уровень издержек. Использование морских судов для перевозки вахт до платформ ограничено, хотя и существенно дешевле. Дело в морской болезни пассажиров. По наблюдениям норвежцев, работники после перехода судна, особенно в шторм, достигают нормальной работоспособности только на вторые сутки.

Вахтовые перевозки в Норвегии на морские буровые платформы привели к созданию нового логистического сегмента (даже – дисциплины!) – вертолетной логистики. Суть этой дисциплины состоит в четкой организации не только полетов, которые, кстати, весьма и весьма коррелируются с метеорологическими службами. Компании, добывающие углеводородное сырье с морских платформ, стали четко планировать сменность вахт с соседними платформами с целью возможной замены персонала при неблагоприятной погоде. Суть в том, чтобы сократить хотя бы часть издержек. Рассчитываются также

заправки вертолетов, их дозаправка на промежуточных платформах и т.д. Много новых и интересных логистических элементов, возможно полезных и для нас, можно почерпнуть у логистов Нигерии, Анголы, Бразилии, Канады, которые работают на шельфе.

Завершая данный пассаж отметим, что развитие вахтового метода для освоения месторождений нефти и газа в труднодоступных и необжитых территориях потребует решения серьезных задач в части обеспечения подвижным составом и воздушными судами. Практически понятно, что компаниям, которые будут осваивать новые месторождения, придется самостоятельно разрабатывать транспортно-логистические технологии, не пользоваться опытом, накопленным другими компаниями, поскольку опыт «котируется» как коммерческая тайна. Конечно, издержки будут не низкими и различными.

В заключение обратим внимание на следующее обстоятельство. В российских публикациях справедливо обращается внимание на то, что климатические и погодные условия Арктики и Крайнего Севера суровы. Это правда и не вызывает возражений. Но следует подчеркнуть, условия, в которых работают нефтяники Нигерии, Анголы, Бразилии – тропические леса, высокая влажность, жара, не самая «дружелюбная» фауна и разные ядовитые инсектициды – также считаются сложными. Справедливо, на наш взгляд, понимать, что углеводородное сырье будет добываться при любых климатических и погодных условиях. Нефть и газ будут востребованы еще очень и очень долго, несмотря на стремление более активно использовать восполняемые источники энергии, которые пока обходятся дороже углеводородного сырья.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года.* URL: [https://mines.gov-murman.ru/upload/iblock/b36/strategy\\_azrf.pdf](https://mines.gov-murman.ru/upload/iblock/b36/strategy_azrf.pdf).
2. Жуков Ю.Н. *Сталин: арктический щит.* М.: ВАГРИУС, 2008. С. 261.
3. *Российский статистический ежегодник. Стат. сб. / Росстат.* М.: 2017. С. 465.
4. URL: <http://www.rzd-partner.ru/news/>.

5. *Строительство на вечной мерзлоте – потенциал в два триллиона долларов США.* URL: <https://ardexpert.ru/article/3903>.
6. *Транспортно-инфраструктурный потенциал российской Арктики.* Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2013. С. 53, 54.
7. *Все грузы России // Морские порты,* № 1(162), 2018. С. 56.
8. URL: <http://www.gazprom.ru/about/production/projects/deposits/chayandinskoye/>

### REFERENCES

1. *Strategiya razvitiya Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii i obespecheniya natsional'noy bezopasnosti na period do 2020 goda.* URL: [https://mines.gov-murman.ru/upload/iblock/b36/strategy\\_azrf.pdf](https://mines.gov-murman.ru/upload/iblock/b36/strategy_azrf.pdf).
2. Zhukov Yu.N. *Stalin: arkticheskiy shchit.* M.: VAGRIUS, 2008. S. 261.
3. *Rossiyskiy statisticheskiy yezhegodnik. Stat. sb. / Rosstat.* M.: 2017. S. 465.
4. URL: <http://www.rzd-partner.ru/news/>.

5. *Stroitel'stvo na vechnoy merzlotte – potentsial v dva trilliona dollarov SSHA.* URL: <https://ardexpert.ru/article/3903>.
6. *Transportno-infrastrukturnyy potentsial rossiyskoy Arktiki.* Apatity: Izd. KNTS RAN, 2013. S. 53, 54.
7. *Vse грузы России // Morskiye porty,* № 1(162), 2018. S. 56.
8. URL: <http://www.gazprom.ru/about/production/projects/deposits/chayandinskoye/>.

Поступила в редакцию  
06.06.2018 г.

UDC 327+332.122+338.49

A.S. Kovalenko, M.O. Morgunova, V.V. Gribkovskaia<sup>1</sup>

### INFRASTRUCTURAL SYNERGY OF THE NORTHERN SEA ROUTE IN THE INTERNATIONAL CONTEXT

*Abstract.* In this paper, we would like to draw your attention to the necessity of looking for infrastructural synergy of the Northern Sea Route (NSR). By that we mean an integrated development of the sea and in-land transport routes, transport hubs, supporting infrastructure, and also the necessity of these for the Arctic region's socio-economic development. Thus, we pay much attention to the existing and the upcoming transport and infrastructure projects, international cooperation, and Arctic and non-Arctic countries' strategy directions related to the NSR. We conclude by discussing the meaning of the synergetic development of the NSR based on the existing challenges and opportunities.

*Keywords:* Northern Sea Route, North Eastern Passage, Arctic, infrastructure, transportation, transit, project, hub, synergy, international cooperation.

A.C. Коваленко, М.О. Моргунова, В.В. Грибковская<sup>2</sup>

### ИНФРАСТРУКТУРНАЯ СИНЕРГИЯ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ В МЕЖДУНАРОДНОМ КОНТЕКСТЕ

*Аннотация.* В этой статье мы хотели бы обратить ваше внимание на необходимость поиска инфраструктурной синергии Северного морского пути (СМП). Под этим мы подразумеваем комплексное освоение морских и наземных транспортных маршрутов, узлов, вспомогательной инфраструктуры, а также их необходимость для социально-экономического развития Арктического региона. Таким образом, мы уделяем большое внимание существующим и планируемым проектам в области транспорта и инфраструктуры, международному сотрудничеству и направлениям стратегий арктических и неарктических стран, связанным с СМП. Рассматривается также значение синергетического развития СМП с учетом существующих проблем и возможностей.

*Ключевые слова:* Северный морской путь, Северо-Восточный проход, Арктика, инфраструктура, транспорт, транзит, проект, хаб, синергия, международное сотрудничество.

#### Introduction

Arctic is one of the last frontiers rich in natural resources and attractive for geopolitical and geoeconomic interests of many countries, thus deriving much attention worldwide. As a rule, Arctic energy resources' potential is seen as a key driver of the region's development. However, the most critical element is transport and logistics infrastructure. Traditionally, the infrastructure of

the Arctic region includes sea routes, ports, in-land routes, as well as supporting infrastructure [1].

In the paper we focus on the Northern Sea Route (NSR) – a sea route along the Russian Arctic Ocean coast, and also partly on the North East Passage (NEP) – the extended Arctic sea route from Europe to the Pacific Ocean along the Arctic Ocean coasts of Norway and Russia.

Nowadays the importance of the NSR goes beyond national borders and attracts more and

---

<sup>1</sup> Alina S. Kovalenko – Gubkin Russian State University of Oil and Gas (NRU), PhD student; Molde University College – Specialized University in Logistics, MSc in Logistics, *e-mail*: alina.kovalenko@himolde.no;

Maria O. Morgunova – Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences, Junior Researcher, PhD in Economics, *e-mail*: maymorgunova@mail.ru;

Victoria Gribkovskaia – Sintef OCEAN, Research Scientist, PhD in Economics, *e-mail*: victoria.gribkovskaia@sintef.no.

<sup>2</sup> Алина Сергеевна Коваленко – Российский государственный университет (НИУ) нефти и газа им. И.М. Губкина, аспирант; Университетский колледж Молде – специализированный логистический университет, магистр в области логистики, *e-mail*: alina.kovalenko@himolde.no;

Мария Олеговна Моргунова – Объединенный институт высоких температур РАН, младший научный сотрудник, к.э.н., *e-mail*: maymorgunova@mail.ru;

Виктория Валерьевна Грибковская – Sintef OCEAN, научный сотрудник, к.э.н., *e-mail*: victoria.gribkovskaia@sintef.no.

more international attention. The background of the NSR development is in its geopolitical significance, unexploited oil and natural gas resources, and the potential for international transcontinental shipping.

There is a considerable amount of policies, regulations, strategies and other official documents with regard to the NSR published by the circumpolar countries. However, the challenges are diverse: the absence of internationally recognized legal regulation, no common view on the placement of transport hubs, low pace and somehow uncoordinated international cooperation. These challenges are the evidence of no complex view on the NSR development in an international context.

There is no coordinated NSR infrastructure development or a comprehensive NSR development plan in Russia either. Not minimizing the importance of infrastructure for the Arctic region's development, the infrastructure itself should not be the target, particularly in the Arctic. The «infrastructural synergy» implies that the focus should not lie only in a one-directional investment flow, or on a one-sided view on Arctic region's development, but rather on a complex integrated international development of the sea and in-land transport routes and a synergetic socio-economic effect.

In the paper, we discuss the following issues. First, we give a brief overview on the definition of the NSR, NSR's historical development and the current situation. Second, we focus on the NSR's infrastructure, hubs and projects. Third, we provide the analysis of the goals of selected Arctic and non-Arctic states related to the NSR to underline the importance of coordinated international activities. Finally, we draw conclusions on the importance of a synergetic development of the NSR for Russia and other interested countries, based on the existing challenges and opportunities to be shared.

### Northern Sea Route definition

Before considering all of the aspects, it should be noted that the NSR and the NEP are two concepts that often are mixed up in the literature. According to the Russian Law 2012 [2], the NSR

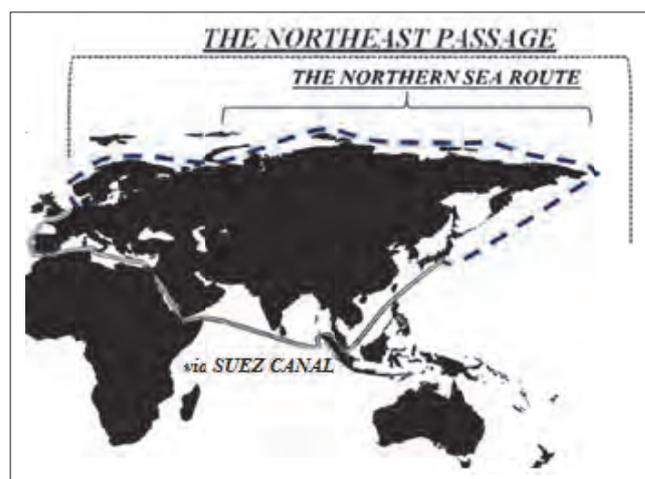


Fig. 1. NSR, NEP and Suez Canal [5]

refers to the Russian territorial waters between the Novaya Zemlya and the Bering Strait (Fig. 1). The NEP, on the other hand, refers to the route from the Atlantic Ocean to the Pacific Ocean, passing along the Arctic Ocean coasts of Norway and Russia. Thus, the NSR is an integrated part of the NEP (Fig. 1) [3]. Nowadays the route is more often known under its Russian name – the NSR (INSROP, [4]), even though there is no single way but many parallel ways of navigation, also outside the Russian territorial waters and the exclusive economic zone. In this paper, we mainly focus on the NSR and sometimes integrate the NEP concept into it, especially when talking about cooperation with non-Arctic countries.

It is worth mentioning that the NSR has harsh weather conditions for navigation (low temperatures, tides, wind, currents, freezing seas). One of the main challenges is ice and icing, which affects navigation along the NSR during most of the year.

The differences in the sailing distances between Europe and Asia using the NSR instead of the Suez Canal (fig. 1) is one of the main reasons commercial transportation through the NSR is being considered as an option. Shorter sailing distances could mean less lead-time and reduced costs [3]. Thus, both European and Asian countries are interested to explore those opportunities NSR can suggest for global transportation.

### NSR in the past

Historically, the interest towards the NSR was supported by geopolitics, which are continuous interest of the circumpolar countries to the Arctic region sovereignty and access to resources, as well as the need of then USSR and now Russia to develop the Russian Arctic.

The official start of the Arctic transport infrastructure development in the USSR is timed to a decision from December 1932 «...to lay finally the Northern Sea Route from the White Sea to the Bering Strait, to equip this way, to keep it in good order and to ensure the safety of navigation along this route» (direct translation from Russian [6]). Driven by this decision, the NSR infrastructure, such as ports, settlements, port stations and around 100 polar stations were constructed.

As for the international cooperation, the start of the international interest for the NSR is devoted to the speech by Gorbachev (Murmansk, 1987) calling for cooperation on the Arctic and international transit possible through the NSR [7]. Later, in the period of growing interest to the Arctic region and Arctic natural resources scientists explored, among others, the possibilities for international geopolitical cooperation in the region, and the prospects for transforming the NSR into an important transport corridor [8].

In 1990s due to the collapse of the USSR, the NSR infrastructure and fleet ownership were changed, where only some remained under governmental control. As a negative consequence, many production sites along the NSR were closed, small ports shut down and fleet decommissioned [6].

Huge oil and natural gas discoveries, including those on the Yamal peninsula, and the onshore fields' development facilitated commercial interests and introduced the International North Sea Route Programme [4, 7]. The INSROP international project from (insert years) was mainly researching the ice-infested shipping lanes of the NSR, but also covered commercial and international shipping, natural environment, ice navigation, and ship technology, military, political, legal, and indigenous cultural issues [9].

### NSR today

Nowadays the NSR is considered in many commercial and geopolitical ways – as a new route, and as an alternative to the existing international routes, as a way to facilitate Arctic resources development, and, of course, as a sovereignty and a complex geopolitical issue for the Arctic states. At the moment, the governance of the Arctic shipping looks rather segmented [5]. It consists of several international and national legal regimes and established standards [3, 7].

NSR has started to recover in 1999 with some temporary solutions for oil shipment realized by the Murmansk Shipping Company, later by Ritek energy company and Lukoil oil company, which finally resulted in the opening of the Varandey oil shipping port and terminal in 2008. Atomflot, a Russian nuclear-powered icebreakers company, has reopened the transit voyage of ships in 2009 [6].

The NSR infrastructure consists of nearly 50 ports. The largest ones are Arkhangelsk, Igarka, Dudinka, Dixon, Tiksi, Pevek, Providence, Hatanga and Sabetta [10]. Additionally, there are navigation and communication systems and meteorological stations along the route. The icebreaker fleet also an important part of the NSR. There are currently four functioning nuclear icebreakers in the Russian company FSUE Atomflot [11]. The expected growing cargo traffic via the NSR would require a much larger icebreaker fleet in the years to come. Some new icebreakers are in the design and construction phases planned to be operational in 2020s.

Currently, the NSR is mainly used for shipping of liquefied natural gas (LNG) and oil, as well as other natural resources, such as wood, and also various consumer goods and commodities. Moreover, the NSR can sometimes be the only way to deliver fuel and other supplies to the Russian Arctic coastal settlements (in Chukotka, Taimyr, Yamalo-Nenets autonomous areas) [10].

### NSR's current infrastructure and ongoing developments

In-land transport infrastructure in line with the NSR is of high priority for Russia. This is also stated in Russian strategic government



**Fig. 2. Overview map of terminals and transportation routes [16]**

documents [12]. Infrastructure is a key element to efficient resources development, and it also plays a significant role in Russian Arctic socio-economic development.

Some sporadic projects, which are in most cases connected to the oil and gas industry are insufficiently integrated into the regional infrastructure network. In general, the petroleum industry in the Arctic is highly export-oriented [13], which influences the transport logistics and infrastructure development. Thus, it is hard to argue for the establishment of transport hubs as such to potentially integrate the commercial needs of road, rail, air and even river transport.

In this context, some authors argue [7] that to facilitate modernization and future development of the NSR and the Russian Arctic transport infrastructure, especially in the short- and mid-run, the necessary condition would be to take and manage it as a hub in whole. This, in turn, requires coordinated management strategy of a parallel development of regional and international «soft» and «hard» infrastructure (meaning physical objects and the supporting legal framework).

Nevertheless, the Arctic project potential is huge (up to 150 priority projects until 2030), where about 2/3 are related to the development of Arctic natural resources [13]. Availability of transport infrastructure would significantly decrease project start-up costs, thus increase their economic attractiveness [14].

Some examples of successful infrastructure synergy in the Arctic provide examples on a variety of transportation schemes [15] (Fig. 2). These are the harbour transshipment complex RPK «Nord» and the oil shipment terminal Varandey, ports Sabetta and Dudinka (under development [14]), Bovanenkovo-Sabetta and Obskaya-Bovanenkovo railway, the Yamal-LNG natural gas liquefaction project and the infrastructure of the Yamal Peninsula. Potentially Prirazlomnaya platform has the possibility to be transformed for direct oil shipment (the so-called KUPON system) [14].

Another important issue is that the NSR development is unattainable only with the efforts of Russia and requires international cooperation with the active participation from industry. Step by step, we will look at the key existing and planned projects, as well as national and international goals of some countries concerning the NSR.

*Sabetta, Yamal-LNG, Arctic LNG-2 and Northern Latitudinal Route*

The most viable options for the further Arctic transport system development are directed towards hydrocarbons transportation from the onshore fields. They may have the tendency to move primarily in the eastern direction due to large undiscovered hydrocarbon resources potential. If we may simplify the oil and natural gas infrastructure in the Arctic region, such as the Sabetta port and terminal, plays a key role in determining the prospects for the NSR development in its initial stage of development.

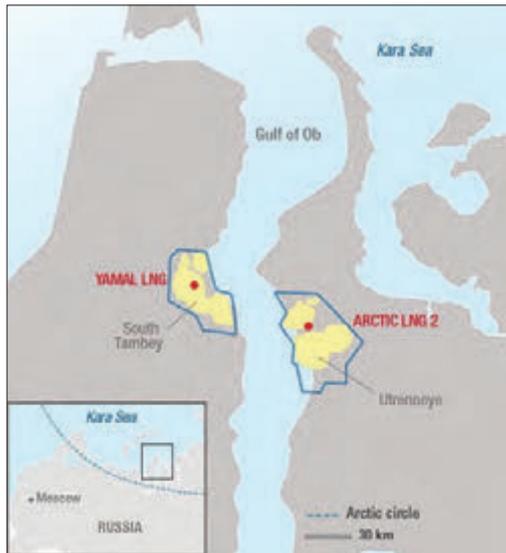


Fig. 3. Yamal LNG and Arctic LNG-2 projects [18]

Sabetta was built in the Ob Bay in the framework of the international Yamal-LNG project (fig. 3), owned by the Russian company Novatek (50.1%), the French company Total (20%), China's CNPC (20%), and the Silk Road Fund (9.9%). The plant capacity is 16.5 million tons of LNG by 2019 after the launch of the second liquefaction line [17]. The projected volumes of cargo to be shipped along NSR are 17 million tons. Considering the project

scale, it is accompanied by significant volumes of construction materials to be also shipped by the NSR. Besides, the produced LNG volumes would require additional gas carriers' construction with a capacity of about 170,000 m<sup>3</sup>. Currently Yamal-LNG is the only yet functioning example of a large international project being implemented [6].

The other large project, yet in the planning phase, is Arctic LNG-2 on the other side of the Ob Bay on the Gydan Peninsula (fig. 3). The production plan is 18 million tons of LNG a year by 2023-2025. At present, Arctic LNG-2 belongs to Novatek, but there are ongoing negotiations with the French Total and Chinese partners on a 10% stakes at the project [19].

Another influential megaproject in the Arctic is the Northern Latitudinal Route (NLR) (fig. 4). The NLR is planned to connect the central part of the Russian Arctic region with NSR infrastructure, passing through the Yamal Peninsula. In the Northern latitudinal route project's framework, 707 kilometres of railway is planned to connect the Russian Urals and Western Siberia with the NSR, linking the Northern Railway from Arkhangelsk and the Nadym-Tyumen branch. In addition, a 170-kilometer branch of Bovanenkovo-Sabetta will be constructed at the northernmost tip of the Yamal

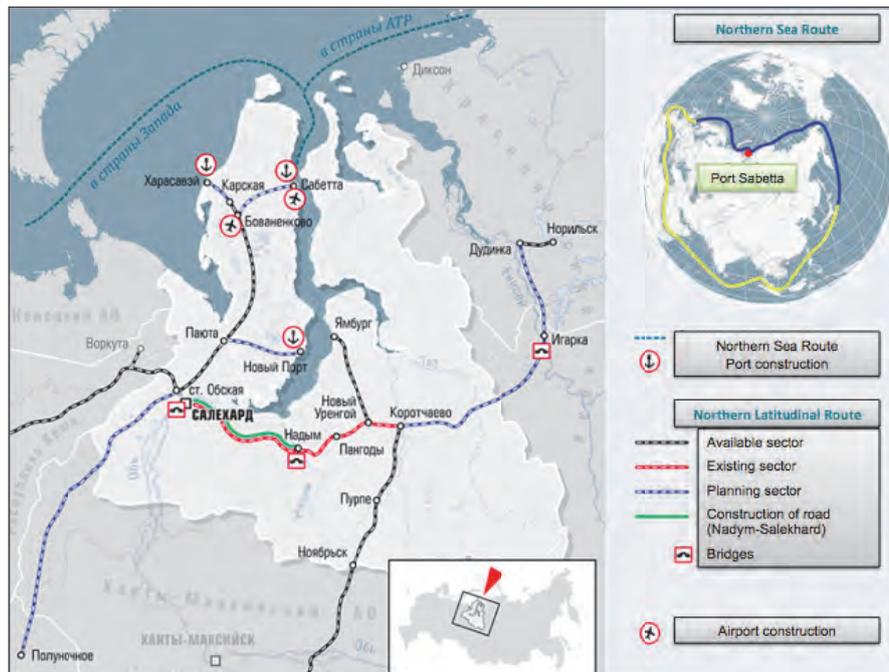


Fig. 4. The Northern Latitudinal Route project and infrastructure of Yamal [20]

Peninsula. At the moment, Gazprom operates a 525-kilometer railway between Bovanenkovo and Obskaya stations, which is a key element of the infrastructure for the development of large natural gas fields in the Yamal Peninsula.

The project has been initiated due to the necessity of transport infrastructure to facilitate the Yamal projects owned by Gazprom. Gazprom signed an agreement with the Russian Railways on cooperation in the creation of NLR in 2017 [21].

### *Port of Arkhangelsk and the Belkomur project*

The project's goal is to build a deep-water port area 55 km north of Arkhangelsk in the Arkhangelsk seaport by JSC АТИН Arkhangelsk and Chinese Poly International Holding Co [22]. The project is connected with the Belkomur project (White Sea – Komi – Ural), which provides for the building a large railway line Arkhangelsk – Syktyvkar – Solikamsk (Perm).

Belkomur cargo transportation and transshipment in the deepwater port of Arkhangelsk allow optimizing logistics of cargo delivered from the Urals and Siberia. The distance will be reduced to 800 km, thus decreasing delivery costs to the port of shipment [23].

The project will create a more attractive alternative route for export and import freight traffic to Europe, North America and Asia-Pacific region countries (primarily China), also providing large-capacity vessels a new independent sea outlet. The port is to be operating all year round by using icebreakers in the freezing White Sea in winter.

### *Murmansk Transport Hub project and Port in Petropavlovsk-Kamchatsky*

One of the largest infrastructure projects in the Arctic is the Murmansk Transport Hub. It includes new roads and railways, ports and other facilities on the western shore of the Kola Bay. Murmansk is an important port for oil, coal, metals, and other shipments coming from the European part of Russia. In is a non-freezing port, so it can serve as the NSR's main gateway to Asia.

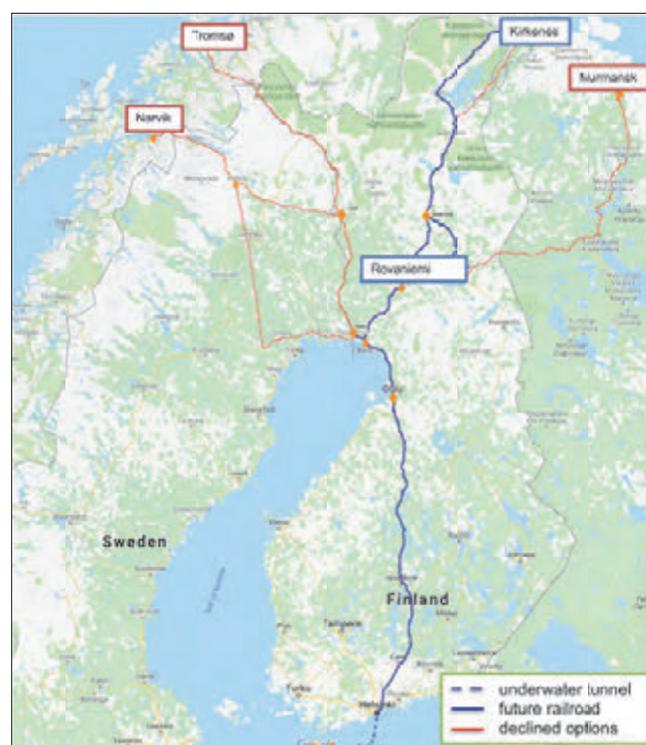
Murmansk is also under scrutiny with interests for international cooperation. In 2017, Russia discussed a container line with Korea and a creation of two hub ports – one in Murmansk and one in Petropavlovsk-Kamchatsky [24]. According to the specialists of FSUE Atomflot, the port of Murmansk and the port of Petropavlovsk-

Kamchatsky can potentially serve as hubs not only for general cargo, but also for bulk cargo shipment, since the heavy high-class vessels used to transport gas from Sabetta might not be economically profitable in ice-free water [25].

A memorandum of understanding has been signed between the Japanese transport company Mitsui OSK Lines (MOL) and a Russian state investment agency to develop the Arctic routes end energy projects [26]. Recently MOL was also cooperating with Novatek on Yamal-LNG and conducting a feasibility study on LNG transshipment terminal in Kamchatka.

### *Arctic Railway and a port of Kirkenes*

At present, Europe is developing a project of an Arctic (Corridor Project) Railway construction through an underwater tunnel between Tallinn and Helsinki, and further by railroad to the Arctic Ocean and NEP. This railway will be an alternative transport route for European (but mostly Finnish) import and export, including mineral resources. The project is directed to reach the NEP deep-sea ports (fig. 5). Several Norwegian cities, such as Tromso, Narvik and Kirkenes, competed to become the final point of this railroad from the



**Fig. 5. The Arctic Railway project**

Finland. Murmansk was also considered among the options. In March 2018, it became known that the city of Kirkenes will be the final destination of the projected railway [27].

Since Kirkenes is now participating in the Arctic Railway project, it aims to channel up 10% of the existing container flow between the countries of North-East Asia and the northern Europe. According to the mayor of Kirkenes, Rune Rafaelsen, the new seaport could handle 550 000 containers per year, where the new railway capacity would be 10 trains daily in the southern direction [28]. A new port in the Barents Sea will accept container ships with a length of more than 200 m and carry out transshipment in convoys with a length of 750 m by 2040 [29]. Also, Rune Rafaelsen believes that the port of the city can turn into a hub for transshipment, which will be attractive for transshipment and dispatch of cargoes to Europe of such countries as China, and the railroad will be economically attractive for Russian LNG transport from Sabetta to Europe [28].

### **National and international goals around the NSR**

In this chapter, we would like to highlight key issues of the Arctic strategies of the Arctic countries and some non-Arctic countries, especially regarding the NSR. We focus on Russia and Norway, as the Arctic countries, which explicitly benefit from the NSR (or, in this case, the NEP) by their geographical location.

Over the past decade, the Arctic has attracted a considerable interest from non-Arctic coastal states located in Asia, such as China, South Korea and Japan. These countries have also been permanent observers in the Arctic Council since 2013. The policies pursued by the Asian states tend to be more oriented towards economic interests rather than security interests [30]. This is again directly connected to the NSR. We focus on China, South Korea and Japan, since they not only declared their interests, but are being more and more involved into the Arctic projects and the NSR.

#### *Russia*

For Russia, the NSR transport and logistics infrastructure is one of the critical elements of the development of the Russian Arctic, especially

for extractive industries, which could provide a sustainable cargo flow. Arctic infrastructure is still the main state priority for Russia as well as a prerequisite for the formation of a large export base for, for example, oil and oil products, electric power supply systems. However, considerable investments are needed. Key Russian interests in the NSR are the production and transportation of hydrocarbon and other mineral resources, both for Asian and European markets. Besides that, it is decreasing development costs for future resource projects and selected infrastructure development.

One of the key parameters that is used to trace the activity along the NSR in Russia is shipment volume. By 2024 the aim is to increase it up to 80 mln ton per year, which means it has to increase by 7 times. In 2017 the total shipment volume along the NSR has reached 10.7 mln tons [31]. To compare, the yearly transit through the Suez Canal in 2017 was 1042 mln tons [32]. In fact, it is possible since most likely LNG from Yamal-LNG and Arctic-LNG projects would cover this volume. In addition to LNG, coal is the other potential cargo. In general the transportation flow will be guaranteed by natural resources and raw materials extracted in the Arctic region and the supplies to conduct this extraction and build the necessary infrastructure. Currently oil and natural gas transportation by the NSR is under high priority.

Nevertheless, the international transit is also very important for the NSR development, since the interested parties can bring additional investments and expertise. In general, international carriers are tending to use the NSR, which is lying in the Russian territorial waters, than high north options (see fig. 2). The more northern routes have much heavier ice conditions. Thus, Russia has the opportunity to facilitate international transit in its territorial waters under mutually beneficial conditions. Nevertheless, international transit is not one of the current priorities.

#### *Norway*

The renewed Norwegian strategy of 2017, which is called «Norway's Arctic Strategy – between geopolitics and social development» [33] is balancing between business activity and sustainability, including economic, social and environmental sustainability. One of the key directions in this strategy is international cooperation, especially with Russia. With the

application to the NSR Norway has the possibility to utilize the NSR transport potential and develop service and logistical centres on its shore. Some of the Norwegian ports are considered to have strategic placement with regard to the NSR [34].

Since Norway is a considerable player in the international energy markets, the potential reallocation and re-orientation of the major energy flows, potentially via the NSR, creates additional business opportunities in the core area of Norwegian expertise. This can also stimulate investments into for example liquefaction facilities.

To summarize Norwegian interests in the NSR are in facilitating hydrocarbons production and their transportation to Asian markets, new transport and logistic projects, such as the Kirkenes port and its potential in being an Arctic hub.

### *China*

Chinese Arctic strategy includes all the spectrum of interests: economic, environmental, transport, scientific, geopolitical, etc. They are described in the recently published «White Paper» on China's Arctic policy [35]. China aims to «participate in the governance of Arctic» and «commits itself to maintaining» sustainable Arctic [35, p. 4-5]. Besides that, China aims to develop a «Polar Silk Road» (fig. 6), which includes existing and developing routes.

This, of course, will require infrastructure development, shipbuilding, including icebreakers and nuclear icebreakers, and research from all the interested sides. Russia takes important place here as of one the key partners.

Nowadays, China's participation in the NSR development is mainly connected to the current LNG projects and the related infrastructure, railroads and ports, where the NSR's main functions would be to deliver energy resources to the Chinese market. In addition, China considers the NSR as the potential transport corridor for container shipping to Europe.

### *South Korea*

South Korea, with its limited energy resources access, is also interested in investing into Russian Arctic energy projects and LNG shipments to diversify its energy export. Besides, South Korean shipbuilders do already produce a considerable share of the worlds' high-tech vessels with high-end equipment, also for the Yamal-LNG project (9 LNG transport ice class vessels) and some other projects. Thus, NSR development stimulate shipbuilding sector, which is highly interesting for South Korea. Other interests include sustainable region development, fishing and transit.



**Fig. 6. Map of existing and developing routes included in «Polar Silk Road» [36]**

NSR, since it is seen as more distance-efficient route than the existing ones, can potentially stimulate South Korean ports development by increasing their operated volumes, thus decreasing some costs. South Korea has already tested some extra-large shipments through NSR to Russia (equipment for Sabetta project [24]). There is also potential for South Korean and Russian cooperation in developing shipping hubs, which are planned to be established at each end of NSR. In general, South Korean interests in the Arctic and the NSR are in access to energy resources, their transportation, increased shipbuilding for NSR and container shipping to Europe.

### *Japan*

Japan is mainly interested in transit via the NSR in the European direction, which is expected to be more efficient than other routes – 40% shorter distance and 20% less fuel use comparing to the Suez Canal. Japan ports are well developed and can serve as the NSR route transfer ports, also providing navigation support along the route. As for now, Japan owns three icebreakers.

Energy resources issues are also open for Japan, since it is dependent on export and after the Fukushima disaster. In the mid-run, LNG is of huge interest for Japan. Besides, Japan is interested in investing into Russian oil fields (agreement with Rosneft energy company in 2015), including vessels supply for their development. Other investment opportunities – into Russian ports and shipbuilding yards – are also huge.

It is worth mentioning that Japan is also interested in fishing in the Arctic seas, since some areas near Japan are not suitable for fishing after the Fukushima. To summarize, Japan is primarily interested in energy resources, transit along NSR and its own ports development, shipbuilding and fishing.

### **Conclusions**

Despite all the ongoing energy and infrastructure projects linked to the NSR there are many challenges. To summarize briefly – these are connected to harsh climate conditions low temperatures, tide, wind, currents, sea ice thus limited navigation time, underdeveloped infrastructure, distanced character of the NSR

infrastructure, general remoteness of the Arctic region, low density of population. Other constraints are weak satellite communications and poor map coverage, very few ports, under-developed salvage and recovery infrastructure, very limited maintenance and repair services along the NSR [3]. Additionally, not sufficient icebreaker fleet and no internationally accepted legal framework.

The review of the current and potential infrastructure development projects around the NSR indicates that there are activities in this area, but limited understanding of where the transshipment facilities should be located. For example, purposes to construct two transshipment hubs with a similar range of services nearby, such as Kirkenes and Murmansk, are unclear from the intensive development point of view. Another example is the NSR importance as a transit route. At the moment, it does not seem that Russia is interested in this while other countries underline it as one of the main business opportunities. Onshore infrastructure along the NSR for international transit is underdeveloped and requires international investments, while Russia is prioritising onshore facilities for natural resources development. Uncoordinated activities again create bottlenecks, where most of infrastructure projects in the Arctic are now at the stage of «concluding agreements on mutual understanding», which implies no real investments.

On one side, all of the current existing Arctic infrastructure projects and planned ones, discussed in the paper, are being challenged by the above-mentioned factors, thus considerably increasing risks and costs. There is no exception for national or international projects. To provide objectivity we need to underline those projects are huge, competing, economically viable and sometimes they can serve multi purposes (thus being synergetic, as mentioned before). On the other side, Arctic region as a whole and NSR in particular promise substantial socio-economic advantages for all the involved parties and countries not only by exploiting natural resources, but benefiting from multiplicative effect (when investment of one dollar in Arctic or NSR infrastructure generate far bigger investments in connected industries).

Thus, the selected infrastructure development, which is now approached in a non-coordinated way

both on national and international level, creates additional bottlenecks by itself and does not allow to fully realize Arctic region and NSR project potential or, how we call it – «infrastructural synergy». This looks even more embarrassing, since the goals of those mostly engaged countries

strongly correlate. Right now, it is about choosing extensive or intensive way to develop NSR. For the infrastructure of NSR and entire NEP, it is necessary to build a joint international strategy and put emphasis on the right development options.

### *Acknowledgments*

SIU project UTF-2016-long-term/10023 «Logistical and environmental management of natural resources development and transportation in the Arctic area (Arctic Logistics»); OIVT RAN registration number NIOKTR AAAA-A16-116051810068-1. We thank Anastasiia Vysochyna and Cecilie Maria Camitz-Leidland, co-authors a working paper «TRA816 Maritime Transportation».

### REFERENCES

1. Bushuev V.V. *Energy of Russia (Energetika Rossii), isbrannie statji, doklady, presentacii, Volume 1(3): Potential and implementation strategy (Potencial i strategija realizacii). M.: IC «Jenergija», 2012. 520 p.*
2. *The Federal Law of July 28, 2012, N 132-FZ «On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation Concerning State Regulation of Merchant Shipping on the Water Area of the Northern Sea Route» (Unofficial translation): [Approved by the Federation Council on July 18, 2012]. Russian Federation, 2012.*
3. Kovalenko A., Camitz-Leidland C.M., Vysochyna A. *TRA816 Maritime Transportation: Could the Northern Sea Route be an attractive alternative to the Suez Canal for commercial cargo shipping? A comparative analysis of technical, economical and legal/political aspects. Molde University College, 2018. 43 p.*
4. Fridtjof Nansens Institute. *International Northern Sea Route Programme, project 1993-1999. Accessed: 2018-06-11. Source: <https://www.fni.no/>*
5. Kiiski T. *Feasibility of commercial cargo shipping along the Northern Sea Route. PhD thesis, University of Turku, 2017. 180 p.*
6. *Upravlenie bibliotechnyh fondov (Parlamentskaja biblioteka). The development of the infrastructure of the Northern Sea Route as an element of the unified Arctic transport system of the Russian Federation (Voprosy razvitija infrastruktury Severnogo morskogo puti kak jelementa edinoj Arkticheskoj transportnoj sistemy Rossijskoj Federacii)/ed. by Alekseeva OD, 2016. 50 p.*
7. Zalyvskiy N.P. *The Northern Sea Route: waiting potential and real problems of functioning (Severnij morskoi put: potencial ozidania i realnie problemy funkcionirovanija.) // Arktika i Sever, V 20, 2015. p. 37-57.*
8. Konyshchev, V.N., Sergunin, A.A. *Arctic in international politics: cooperation or rivalry? (Arktika v mezdunarodnoi politike: sotrudnichestvo ili sopernichevstvo? // Russian Institute for Strategic Studies, 2011. 194 p.*
9. Brubaker R.D., Ragner C.L. *A Review of the International Northern Sea Route Program (INSROP) – 10 Years on // Polar Geography, Vol 33, Nos 1-2, 2010. p. 15-38.*
10. Morgunova M.O., Solovyev D.A. *Challenges to overcome: energy supply for remote consumers in the Russian Arctic // J. Phys. Conf. Ser. 2017, 891 (1). p. 1-6.*
11. Darbinyan O.I. *Development of the nuclear icebreaking fleet to ensure the largest national Arctic projects of ROSATOMFLOT (Rasvitie atomnogo ledokolnogo flota dlya obespechenia krupneishih nacionalnih Arkticheskikh proektov) // 8th International conference «Arctic Logistics», 2018. Accessed: 9.06.2018. Source: <http://www.murmanshelf-conf.ru/>*
12. *On the Basics of Russia's State Policy in the Arctic for the Period to 2020 and Further Prospects (Ob Osnovah gosudarstvennoj politiki Rossii v Arktike na period do 2020 goda i dal'nejshuju perspektivu): [official document: approved by the President of the Russian Federation Dmitry Medvedev on 18 Sep. 2008. (Order - 1969)]. Government of Russia, 2008.*
13. Fishkin, D. *Non-standard approaches to high latitudes (Nestandartnye podhody k vysokim shirotam) // Neftegazovaja Vertikal' 5, 2017. p. 44-47.*
14. Morgunova M.O. *Prospects of development of hydrocarbon resources of the Arctic shelf of Russia*

in conditions of transformation of the world energy (Perspektivy osvoenija uglevodorodnyh resursov arkticheskogo shel'fa Rossii v usloviyah transformacii mirovoj jenergetiki): thesis 08.00.14 – Mirovaja jekonomika // Moscow: Gubkin Russian State University of oil and gas, 2017. 137 p.

15. Grigoryev M. Markets and Logistic Schemes of Arctic Oil (Rinki i logisticheskie shemi arkticheskoi nefti) // Oil and Gas Vertical 5, 2017. p. 68-73.

16. Arctic portal. News: The North East Passage (Adapted). Accessed: 5.06.2018. Source: <https://arcticportal.org/ap-library/news/344-northeast-passage>

17. Tass, Informacionnoe agenstvo Rossii. Port Sabetta will be able to ship up to 17 million tons of cargo for transportation in the Arctic. (Port Sabetta smozet otgruzat do 17 mln gruzov dlya transportirovki po Arktike, 2017. Accessed: 29.05.2018. Source: <http://tass.ru/ekonomika/4796892>

18. EnergyLand.Info. «NOVATEK» and «Total» will jointly implement the project «Arctic LNG-2» worth \$ 25.5 billion. («NOVATEK» i «Total» budut sovmestno realizovivat proekt «Arktik SPG-2»), 2018. Accessed: 1.06.2018 Source: <http://www.energyland.info/news-show-mir-neftegaz-172357>

19. EurAsia Daily. Novak: China showed interest in «Arctic LNG-2» project. (Novak: Kitai proyavil interes k proektu «Arktik SPG-2»), 2018. Accessed: 11.06.2018. Source: <https://eadaily.com/ru/>

20. 24RosInfo. The northern latitudinal run should be (Severnomu Shirotnomu Hodu bit), 2017. Accessed: 15.05.2018. Source: <http://24ri.ru/>

21. Staalesen A. As state runs out of cash, private companies move in to build new Arctic infrastructure // The Barents Observer, 2018. Accessed: 02.06.2018. Source: <https://thebarentsobserver.com/>

22. ATPU Arkhangelsk. Project «Deep-water area» (Proekt «Glubokovodnyj rajon»). Accessed: 03.06.2018. Source: <http://atpu.ru/proekt-glubokovodnyy-rayon/>

23. PortNews. Phantoms of Russian infrastructure -2016, 2016. Accessed 07.06.2018. Source: <http://portnews.ru/comments/2247/>

24. Nilsen T. South Korea and Russia plan Murmansk hub //The Barents Observer, 2017. Accessed: 22.05.2018. Source: <https://thebarentsobserver.com/en/>

25. Interview with representatives of FSUE Atomflot, Murmansk, 6.03.2017, 11.04.2018.

26. Shen C. MOL eyes Arctic energy opportunities // Lloyd's list Maritime Intelligence, 2018. Accessed: 05.06.2018. Source: <https://lloydslist.maritimeintelligence.informa.com/>

27. Staalesen A. The small Norwegian town on the Barents Sea coast is the preferred end station in the great infrastructure project // The Barents Observer, 2018. Accessed: 02.06.2018. Source: <https://thebarentsobserver.com/en/>

28. Interview with Rune Rafaelsen, Mayor of city Kirkenes, Kirkenes, 12.04.2018.

29. Staalesen A. Barents town envisions Arctic hub with link to China // The Barents Observer, 2018. Accessed: 27.05.2018. Source: <https://thebarentsobserver.com/en/>

30. Tonami, A. The Arctic policy of China and Japan: multi-layered economic and strategic motivations // The Polar Journal, Vol. 4 (1), 2014. p. 105-126.

31. Staalesen A. It's an order from the Kremlin: shipping on Northern Sea Route to reach 80 million tons by 2024 //The Barents Observer, 2018. Accessed: 01.06.2018. Source: <https://thebarentsobserver.com/en/>

32. Suez Canal. Monthly number and net ton by ship type, 2018. Accessed: 01.06.2018. Source: <https://www.suezcanal.gov.eg/>

33. Norwegian Ministries. Norway's Arctic Strategy – between geopolitics and social development, H-2402 E, 2017. 40 p. Accessed: 01.06.2018. Source: <https://www.regjeringen.no/>

34. Bareksten Solvang H., Karamperidis S., Valantasis-Kanellos N., Song D.-W. An exploratory study on the Northern Sea Route as an alternative shipping passage // Maritime Policy & Management, 45:4, 2018. p. 495-513.

35. The state council information office the People's Republic of China. White paper: China's Arctic policy, 2018. Accessed: 27.04.2018. Source: <http://english.scio.gov.cn/>

36. Noi G.S. It's set to expand presence in Antarctica and the Arctic in positioning itself as a polar power // The Straits Time, 2018. Accessed: 10.05.2018. Source: <https://www.straitstimes.com/>

УДК 621.31 (985)

**В.М. Зайченко, А.А. Чернявский, Н.Л. Новиков, А.Н. Новиков<sup>1</sup>**

### **СТРАТЕГИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ**

*Аннотация.* В целях совершенствования системы государственного управления социально-экономическим развитием Арктической зоны Российской Федерации Стратегией развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности в числе важнейших направлений предусмотрено развитие систем электроснабжения, включая сооружение атомных теплоэлектростанций, в том числе плавучих, повышение энергоэффективности, расширение использования возобновляемых источников энергии, а также обеспечение энергонезависимости удаленных малых населенных пунктов.

В настоящее время существуют реальные возможности, научно и технически обоснованные решения, которые позволят на 30-35% обеспечить потребности Арктики теплом и электроэнергией от ВИЭ. Многофункциональный энергетический комплекс (МЭК) на основе гибридной ветродизельной установки с накопителем энергии (НЭ) и солнечными фотоэлементами, обеспечивающими совместное производство электроэнергии, тепла с помощью распределенных энергонагревателей, и холода с помощью тепловых насосов, со звеном переменного и постоянного тока может стать базовой основой автономного энергоснабжения потребителей, прежде всего, районов Арктики.

Создание интеллектуальных интегрированных систем сетевидной архитектуры одновременного производства электроэнергии, тепла и холода на базе высокоэффективных модульных малых и плавучих АЭС является важнейшей стратегической задачей инновационного развития электроэнергетики в Арктической зоне России.

*Ключевые слова:* электроэнергетика, Арктика, многофункциональный энергетический комплекс, модульные малые и плавучие АЭС, интеллектуальная интегрированная система сетевидной архитектуры.

**V.M. Zaychenko, A.A. Chernyavsky, N.L. Novikov, A.N. Novikov<sup>2</sup>**

### **INNOVATIVE DEVELOPMENT STRATEGY FOR ELECTRIC POWER INDUSTRY IN THE RUSSIAN ARCTIC ZONE**

*Abstract.* In order to improve the system of government control over socioeconomic development of the Russian Arctic zone, the Strategy of Russian Arctic Zone Development and National Security Protection provides, among the key focus areas, for electric supply system development that includes building on-shore and floating nuclear heat and power plants, improving energy efficiency, enhancing renewable energy sources utilization, as well as providing energy self-sufficiency of remote small settlements.

Nowadays we have real opportunities, scientifically and technically justified solutions to cover 30-35% of the Arctic heat and electricity requirements using the RES. A multifunctional energy complex (MEC) based on a hybrid wind-diesel power plant with an energy storage (ES) and solar cells providing combined generation of electricity, heat using distributed energy heaters, and cold using heat pumps, with an AC and DC link can serve as a core basis for self-generated power supply for consumers, mainly in the Arctic regions.

Creating smart integrated grid architecture systems for simultaneous electricity, heat and cold generation based on high-performance modular small and floating NPPs is a key strategic objective of innovative power industry development in the Russian Arctic zone.

*Keywords:* electric power industry, Arctic, multifunctional energy complex, modular small and floating NPPs, smart integrated grid architecture systems.

---

<sup>1</sup> Виктор Михайлович Зайченко – заведующий отделом распределенных энергетических систем, д.т.н., *e-mail*: zaitch@oivtran.ru;

Адольф Александрович Чернявский – ведущий научный сотрудник, к.т.н.;

Николай Леонтьевич Новиков – ведущий научный сотрудник, д.т.н., профессор, *e-mail*: novikov\_nl@ntc-power.ru;

Александр Николаевич Новиков – научный сотрудник, *e-mail*: novikov\_an@ntc-power.ru;

ФГБУН Объединенный институт высоких температур (ОИВТ) РАН.

<sup>2</sup> Viktor M. Zaychenko – Head of the Distributed Energy System Department, Doctor of Engineering, *e-mail*: zaitch@oivtran.ru;

Adolf A. Chernyavsky – Leading Researcher, PhD in Engineering;

Nikolay L. Novikov – Leading Researcher, Doctor of Engineering, Full Professor, *e-mail*: novikov\_nl@ntc-power.ru;

Alexander N. Novikov – Researcher, *e-mail*: novikov\_an@ntc-power.ru;

Federal Publicly Funded Institution of Science Joint Institute for High Temperatures (JIHT) of the Russian Academy of Sciences.

---

### Актуальность проблемы

В энергетическом обеспечении отдаленных и труднодоступных регионов Российской Федерации важная роль принадлежит малой энергетике, обеспечивающей электрической и тепловой энергией 70% ее территории.

Арктика весьма богата полезными ископаемыми, прежде всего нефтью и газом. В арктической зоне находится 13% мировых запасов нефти, 30% природного газа, 20% газоконденсата [1]. При этом 16% этих богатств находится на сухопутной территории арктических государств и 84% – на шельфе Северного Ледовитого океана. Значительная часть этих богатств принадлежит России.

По оценке Минприроды России, начальные извлекаемые суммарные ресурсы арктической зоны составляют 258 млрд т условного топлива. В то же время в Арктике пока остаются неразведанными более 90% шельфа и порядка 53% территории на суше. На территории Арктической зоны России расположено 385 месторождений углеводородного сырья. Добыча нефти в Арктике в 2015 г. составила 82,5 млн т (15,5% от общероссийской), газа – 516,2 млрд м<sup>3</sup> (81,2%).

Самый крупный новый проект, реализуемый сейчас на территории арктической зоны, – «Ямал СПГ». Планируемая мощность завода по производству СПГ – 16,5 млн т год. Строительство завода предполагается в три очереди по 5-5,5 млн т СПГ каждая. Ввод первой очереди запланирован на 2017 год.

По данным Минэнерго РФ, в ближайшей перспективе планируется ввести в разработку несколько месторождений, расположенных на суше арктической зоны. Очевидно, что для освоения таких объемов трудноизвлекаемых ресурсов, да еще в сложных климатических условиях, потребуются эффективные решения по энергоснабжению, причем не только объектов на самих месторождениях, но и сопутствующей инфраструктуры, в том числе населенных пунктов. В этой связи в арктической зоне хорошей альтернативой традиционным источникам энергии является использование ВИЭ.

Эксперты Greenpeace и другие специалисты прогнозируют, что к 2030 г. возобновляемые источники энергии будут удовлетворять 40% ми-

рового спроса на энергию. При этом ни один из секторов энергетики не развивается так быстро, как ветровая и солнечная энергетика: ежегодно они растут на 30-35%.

Главная цель строительства и эксплуатации объектов возобновляемой энергетики на Крайнем Севере и в Арктике – экономия ресурсов при энергоснабжении потребителей. «Отдаленность и труднодоступность населенных пунктов, неразвитая инфраструктура, сложная логистика ведут к серьезному удорожанию топлива для дизельных станций. Так, около 60% себестоимости вырабатываемой электроэнергии приходится на топливную составляющую. Установка на отдаленных энергоучастках объектов возобновляемой энергетики приводит к сокращению затрат, что делает реализацию проектов ВИЭ экономически эффективной», – сообщает якутское информагентство SakhaNews.

Для развития солнечной энергетики в России в последние годы созданы необходимые условия: ряд отечественных предприятий освоил в достаточно больших объемах серийный выпуск весьма эффективных и недорогих фотоэлектрических преобразователей (ФЭП), работающих в широком диапазоне температур окружающего воздуха. Причем чем ниже эта температура, тем эффективнее работают ФЭП, что хорошо соответствует условиям Арктики. Вместе с тем полугодовой период полярной ночи ведет к необходимости решать вопросы долговременного аккумулирования больших количеств электроэнергии. И сегодня эти вопросы активно решаются и в мире, и в России. Появились такие электрохимические аккумуляторы, как редокс-ванадиевые, цинк-воздушные и т.п., имеющие срок службы до 30 лет, малую удельную массу на 1 кВт·ч запасаемой энергии, саморазряд не более 1-2% в год, большое количество допустимых циклов заряда-разряда и допускающие почти полный разряд при работе без потери энергетической емкости. Такие аккумуляторы позволяют осуществить круглогодичное энергообеспечение потребителей мощностью до 10-100 кВт.

Весьма эффективным может стать комбинированное использование энергии Солнца и ветра. Летом эффективно работают ФЭП, зимой – ВЭУ. И при этом оказывается возможным ис-

пользовать системы аккумулирования электроэнергии с минимально-возможной емкостью и стоимостью [2]. Такие комбинированные системы могут обеспечить надежное гарантированное энергоснабжение для потребителей первой и особой первой категорий, например, для военного оборудования, радиолокационных станций, систем передачи информации, больниц, школ и т.п.

С успехом может быть использована и энергия биомассы в арктической зоне: бросовые отходы лесоперерабатывающих и деревообрабатывающих предприятий, сельскохозяйственных предприятий, биоотходы различных производств и хозяйственно-бытовые отходы. Новые высокоэффективные технологии конверсии таких отходов в электрическую и тепловую энергию без вредных выбросов в окружающую среду предложены ОИВТ РАН [2].

В связи с тем, что размещение в Арктике поселений и промышленных предприятий рассредоточено на больших территориях – нет смысла заниматься здесь созданием систем централизованного энергоснабжения потребителей. Более целесообразным можно считать создание в Арктике автономных распределенных систем энергообеспечения на базе ВИЭ, приближенных к потребителям и призванных заместить существующие дизельгенераторные установки (ДГУ), требующие ежегодного завоза дорогостоящего дизельного топлива и нарушающие хрупкое экологическое равновесие северных территорий. На топливоснабжение арктических территорий ежегодно расходуется более 110 млрд руб. [3]. При этом северный завоз топлива практически удваивает его стоимость. А себестоимость генерируемой на ДГУ электроэнергии доходит до 40-100 руб./кВт.ч. Поэтому, несмотря на требуемые немалые инвестиции на внедрение систем с ВИЭ, все затраты будут окупаться в короткие сроки при высокой финансово-коммерческой эффективности как для инвесторов, так и для территориального и федерального бюджетов.

Внедрение новых технологий в малой энергетике, направленных на повышение эффективности работы оборудования, экономию топлива, обеспечение надежности и качества электроснабжения является важной и актуальной за-

дачей, решение которой позволяет произвести улучшение по заданному критерию качества работы системы, такому как экономический, технический, функциональный.

На основе анализа проблем, стоящих перед малой и нетрадиционной энергетикой, можно сформулировать основные технические требования к автономным системам энергоснабжения (АСЭС):

- 1) многофункциональность;
- 2) комбинирование состава источников энергии (гибридные энергоустановки);
- 3) модульная компоновка на основе типизации и конструктивной унификации;
- 4) автономная работа энергетических модулей;
- 5) согласованность характеристик энергетических модулей, в том числе дизеля, генератора и потребителя нагрузок;
- 6) возможность совместной работы дизельной электростанции (ДЭС) с нетрадиционными источниками энергии (гибридная электростанция), а также с энергосистемой;
- 7) обеспечение высокого качества электрической и тепловой энергии независимо от колебаний нагрузки и потенциала возобновляемых видов энергии;
- 8) надежность, ресурс и эффективность функционирования АСЭС;
- 9) обеспечение безопасности и удобства работы оператора ДЭС;
- 10) типизация и унификация парка ДЭС, энергетического оборудования и комплектующих, топлив и моторных масел;
- 11) высокий уровень автоматизации и диспетчеризации.

### **Многофункциональный энергетический комплекс на основе гибридной ветродизельной установки с накопителем энергии и солнечными фотоэлементами**

Для реализации указанных требований предлагается многофункциональный энергетический комплекс (МЭК) на основе гибридной ветродизельной установки с накопителем энергии и солнечными фотоэлементами, обеспечивающими совместное производство электроэнергии, тепла с помощью энергонагревателей,

и холода с помощью тепловых насосов, со звеном переменного и постоянного тока.

Гибридная ветродизельная установка с накопителем электроэнергии (НЭ) может стать основой автономного энергоснабжения потребителей, прежде всего, районов Севера (Арктики).

Для обеспечения согласованности работы энергетических модулей в составе установки предусматриваются следующие основные модули:

- ДЭС;
- ветроэлектроустановка (ВЭУ);
- статический преобразователь частоты (ПЧ);
- накопитель электроэнергии (НЭ);
- система автоматического управления (САУ).

Первичный двигатель является основным энергетическим модулем электростанции. От его свойств и характеристик зависят надежность и долговечность, качество электрической энергии и стабильность ее параметров в статическом и динамическом режимах и т.д.

В настоящее время работа ДЭС протекает в условиях несогласованного изменения мощности потребителя с частотой вращения двигателя. Нагрузка на генераторе вообще может отсутствовать или изменяться от любого частичного до максимального значения. При этом показатели работы двигателя (мощность, частота вращения, часовой и удельный расходы топлива, крутящий момент или среднее эффективное давление), как правило, не являются оптимальными. Это обусловлено несовершенством общих конструктивно-компоновочных решений ДЭС.

Диапазон изменений каждого параметра двигателя ограничивается его прочностными, тепловыми и газодинамическими возможностями. Например, частота вращения двигателя может изменяться в ограниченных пределах. Ряд факторов не позволяет превышать заданную максимальную угловую скорость коленчатого вала, так как это влечет за собой превышение допустимых значений сил инерции в деталях двигателя, приводит к ухудшению качества протекания рабочих процессов в цилиндре двигателя, увеличивает термическое перенапряжение деталей двигателя и т.п.

В некоторых случаях двигателю приходится работать при самой малой частоте вращения

вала (например, при отсутствии или минимальной нагрузке). При этом скоростной режим должен быть таким, чтобы дизель работал устойчиво (без пропусков и перебоев) в режиме минимума удельного расхода топлива.

Следует отметить, что скоростные режимы ДЭС ограничены не только верхними и нижними пределами по частоте вращения вала дизеля, но и, соответственно, пределами по частоте вращения генератора.

Использование преобразователя частоты и САУ в составе ДЭС позволит наделять ее новыми положительными свойствами:

- 1) снятие требования на соответствие частоты вращения двигателя синхронной частоте вращения генератора;
- 2) простота и надежность обеспечения параллельной работы ДЭС с энергосистемой и нетрадиционными источниками энергии;
- 3) энергетическая эффективность и топливная экономичность ДЭС за счет перехода двигателя на частичные скоростные характеристики при нагрузках потребителя отличных от номинальной;
- 4) повышение ресурса двигателя за счет снижения его оборотов.

Создание МЭК на основе гибридной ветродизельной установки с накопителем энергии является актуальной задачей. Новизна такого подхода заключается в наличии управляемых преобразователей с накопительными элементами в системе генерации, позволяющего сократить неэффективное использование ветродизельной установки при циклических изменениях нагрузки, генерации и аварийных ситуациях, включая поддержание режимов параллельной работы дизельных и ветроэнергетических установок с улучшением показателей качества электроэнергии.

### Научная и практическая значимость работы

Разработанный многофункциональный энергетический комплекс обеспечит выполнение основных технических требований к автономным системам энергоснабжения (АСЭС) для условий Арктики с высокими экономическими показателями. Топливная экономичность первичного дизеля в составе МЭК с оптимизацией скоростного режима с переменными оборотами может

достигать 27%. Экономия топлива за счет применения СНЭ может достигать 25%. Экономия топлива за счет применения ВЭУ может достигать 40%. Экономия топлива за счет применения фотовольтаики может достигать 25%.

В настоящее время одобрена Программа развития возобновляемых источников энергии холдинга ОАО «РАО Энергетические системы Востока» на период до 2020 года. Основным стимулом для изучения потенциала ВИЭ в Дальневосточном федеральном округе (ДФО) стала специфика, связанная с труднодоступностью многих районов округа для централизованного энергоснабжения. При подготовке Программы были проведены экономические расчеты для более чем 170 населенных пунктов во всех регионах ДФО. Особенно важна задача надежного энергообеспечения для Чукотского АО по причине:

- высокой доли транспортных расходов, сложных логистических схем (с наличием многочисленных перевалок с одного вида транспорта на другой) и сезонного характера доставки топлива из-за коротких сроков навигации;
- неоптимальных структур топливного баланса, приводящая к значительным затратам на дизельное топливо;
- значительной неравномерности суточных графиков электрических нагрузок ввиду значительной доли коммунально-бытового энергопотребления, как следствие, – повышенная нагрузка и износ оборудования, высокие удельные расходы топлива;
- суровых природно-климатических условий эксплуатации производственных фондов;
- значительных ежегодных размеров кредитных ресурсов, привлекаемых для завоза дизельного топлива, существенно снижающих финансовую устойчивость предприятий;
- высокой стоимости производства энергии и высоких тарифов.

Полученный опыт при выполнении работы по созданию МЭК может быть использован для Чукотского АО в семи пилотных проектах МЭК мощностью 8,8 МВт.

Разработанная гибридная ветродизельная установка с накопителем электроэнергии (НЭ) может стать базовой основой автономного энергоснабжения потребителей, прежде всего – районов Арктики.

### Полученные результаты и их анализ

Основаниями для технологической интеграции различных источников энергии в единый комплекс служат следующие факторы:

- 1) повышения энергобезопасности за счет диверсификации структуры энергоисточников;
- 2) снижения себестоимости электроснабжения за счет оптимизации загрузки наиболее эффективных источников энергии;
- 3) повышения надежности электроснабжения потребителей при возрастании количества допустимых альтернатив поставок;
- 4) снижение стоимости поставляемой энергии;
- 5) развитие конкурентных отношений за счет увеличения числа субъектов рынка.

Проведен анализ режимов работы многофункционального энергетического комплекса при переменной частоте вращения вала генераторов, определены режимы работы МЭК для выбранных и варьируемых параметров накопителя энергии при произвольном характере изменения нагрузки и генерации, разработаны алгоритмы управления комплексом и его отдельными составляющими, обеспечивающими заданные критерии качества при заданных возмущениях.

Разработаны две структуры опытного образца МЭК на основе гибридной ветродизельной установки с накопителем энергии и солнечными фотоэлементами, обеспечивающими совместное производство электроэнергии, тепла с помощью энергонагревателей и холода с помощью тепловых насосов.

Схема со звеном переменного тока. Все генераторы объединяются на шине переменного тока с относительно постоянной частотой. Должны быть подключены потребители, способные питаться от стабильного напряжения с относительно стабильной частотой. Инверторный модуль подключается к батарее с заданным диапазо-

ном напряжения звена постоянного тока. К звену постоянного тока можно подключить через DC/DC преобразователь солнечную батарею, которая обеспечивается накопителем.

Схема со звеном постоянного тока. В данной схеме к звену постоянного тока с нестабилизированным напряжением непосредственно подключается накопитель. Напряжение варьируется согласно паспортным данным батареи в зависимости от степени заряда. Поддерживается в основном номинальное напряжение рабочей точки порядка 1,1 кВ. Инвертор на 400 В может работать без гальванической развязки.

Проведены исследования режимов работы МЭЖ и разработаны алгоритмы управления САУ МЭЖ. Разработан вариант построения многофункционального энергетического комплекса на основе дизельной установки, работающей на сырой нефти, снижающей себестоимость выработки энергии в 4 раза по сравнению с дизельной установкой, работающей на арктическом дизельном топливе.

### **Высокоэффективные модульные малые и плавучие АЭС для Арктики [6]**

Государственная корпорация «Росатом» ведет разработки перспективных малых атомных электростанций малой мощности (МАЭС) и активизировала строительство первой плавучей атомной теплоэлектростанции (ПАЭС), которая является одним из вариантов этого типа атомных станций (АС).

МАЭС в настоящее время не получили широкого распространения в мире. Ни одна ядерная держава не использует широко МАЭС в промышленных и других народно-хозяйственных целях. Интерес к МАЭС всегда проявляли и проявляют в основном военные и другие специальные ведомства, например космические агентства, специальные инженерные службы и т.д. Идею создания большой и разнообразной серии АСММ активнее всего продвигали в СССР и продвигают сегодня в России. В СССР первыми начали создавать малые атомные энергетические установки (АЭУ) для использования их в космических кораблях, а также на железнодорожных платформах, автомобильных тягачах и различных плавучих средствах (надводных и подводных).

Основной аргумент в пользу развития МАЭС в России сегодня – это необходимость решения проблем энергообеспечения северных и дальневосточных регионов страны. По экономическим оценкам, несмотря на то, что удельные капиталовложения различных проектов МАЭС в 5 и более раз превышают вложения в большие стационарные АЭС (1000 МВт), эти проекты являются перспективными. Развитие технологий малой атомной энергетики позволит занять эту энергетическую нишу, которая впоследствии может принести большие экономические выгоды, в том числе международные.

В настоящее время «Росатом» разработал крупную плавучую атомную станцию на базе двух реакторных установок КЛТ-40С тепловой мощностью 150 МВт каждая и двух паротурбинных установок с турбогенераторами электрической мощностью 35 МВт. Мощность ПАЭС составляет 70 МВт электрической и 300 МВт тепловой мощности. Реакторные и паротурбинные установки размещены побортно и работают автономно.

Плавучая атомная электростанция (ПАЭС) – российский проект по созданию мобильных плавучих атомных электростанций малой мощности, разрабатываемый Федеральным агентством по атомной энергии России, предприятием ОАО «Балтийский завод». Согласно проекту, плавучая атомная станция малой мощности (АСММ) состоит из гладкопалубного несамостоятельного судна с двумя реакторными установками КЛТ-40С ледокольного типа, разработанными ОАО «ОКБМ им. Африкантова». Длина судна – 144 м, ширина – 30 м. Водоизмещение – 21,5 тыс. т.

Плавучая станция может использоваться для получения электрической и тепловой энергии, а также для опреснения морской воды. В сутки она может выдать от 40 до 240 тыс. т пресной воды.

Установленная электрическая мощность каждого реактора – 35 МВт, тепловая мощность – 140 гигакалорий в час. Срок эксплуатации станции составит минимум 36 лет: три цикла по 12 лет, между которыми необходимо осуществлять перегрузку активных зон реакторных установок.

Перспективные проекты АЭС малой мощности

Название	Разработчик	Мощность			Обогащение топлива по U-235, %	Периодичность перегрузок топлива, лет	Срок эксплуатации	Тип реакторной установки
		Производство электроэнергии, МВт	Когенерация					
			Эл/эл, МВт	Тепло, Гкал/ч				
АБВ-6	ОКБМ	2x8,5	2x6	2x12	19,5	8	50	Водо-водяной реактор интегрального исполнения с естественной циркуляцией теплоносителя
СВБР-10	Гидропресс	2x12	2x6	2x25	18,7	12	60	Реактор на быстрых нейтронах со свинцово-висмуттовым теплоносителем
УниTERM	НИКИЭТ	2x6,6	2x3,5	2x17	19,5	25	50	Водо-водяной реактор интегрального исполнения с естественной циркуляцией теплоносителя

Планируемые места размещения: Певек, Чукотского АО, ЗАТО Вилючинск на Камчатке, строительство газовых месторождений на Таймыре. Возможный заказчик ОАО «Газпром». Возможна эксплуатация АСММ этого проекта в других странах с труднодоступными территориями – например, в Канаде, Индонезии и др.

Вспомогательный энергетический блок включает в себя четыре резервных дизель-генератора (РДГ) мощностью по 800 кВт каждый, а также четыре аварийных дизель-генератора (АДГ) мощностью по 200 кВт. Кроме этого, в конструкции ПЭБ предусмотрена вспомогательная котельная установка (ВКУ) производительностью по пару 16 т/ч. Для питания во время буксировки, а также во время переходных и аварийных режимов ядерной энергетической установки (ЯЭУ), ПАЭС снабжена источниками энергии на органическом топливе.

Согласно проекту ПЭБ имеет вполне достаточно резервных источников питания для обеспечения энергией аварийных режимов ядерной энергетической установки, а также собственных нужд при неработающей ЯЭУ. Решен вопрос надежности этих источников, особенно в экстремальных случаях (шторм, циклоны, землетрясения, пожары и т.д.).

**Иновационная технология строительства ПАЭС на основе использования ядерных энергетических установок утилизируемых атомных подводных лодок**

В СССР было построено самое большое количество атомных надводных кораблей и подводных лодок, на которых использовали АЭУ мощностью от 1 до 160 МВт.

Во второй половине 80-х годов XX в. начался интенсивный процесс снятия с эксплуатации и вывода из состава ВМФ России атомных подводных лодок (АПЛ). Это было связано как с истечением сроков службы, так и с выполнением Российской Федерацией международных обязательств по сокращению вооружений. Основные результаты работ по утилизации трех поколений АПЛ представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Утилизация АПЛ в России (апрель 2008 г.)**

Выведено АПЛ из состава ВМФ	198
Утилизировано АПЛ	164
АПЛ в ожидании утилизации	34

Значительная часть ядерных энергетических установок (ЯЭУ) выводимых из эксплуатации АПЛ 2-го и 3-го поколений не выработали на-

значенные ресурсные показатели и в основном находятся в хорошем состоянии.

В настоящее время в России разворачивается программа строительства плавучих атомных электростанций малой мощности. Энергоблоки плавучих АЭС планируется создавать на базе судовых реакторных установок типа КЛТ-40 (прототипом являлся реактор ОК-900), хорошо зарекомендовавших себя при эксплуатации на атомных судах. Так, например, ЯЭУ атомного ледокола «Арктика» (реактор ОК-900) успешно эксплуатировалась с 1975 по 2008 годы.

Также следует учитывать, что стоимость изготовления реакторов для плавучей АЭС составляет по разным оценкам от 40 до 60% общей стоимости станции. Таким образом, при строительстве плавучих АЭС представляется экономически целесообразным использовать готовые РО выводимых из эксплуатации АПЛ.

Для данных целей в полной мере подходят эксплуатируемые или находящиеся на этапах вывода из эксплуатации и временного хранения на плаву АПЛ 2-го и 3-го поколений (общее количество таких АПЛ составляет примерно 140 единиц [3]). ЯЭУ утилизируемых АПЛ, по мнению специалистов, далеки от выработки ресурсных показателей. Специфика эксплуатации АПЛ заключается в том, что доля режимов работы ЯЭУ на нагрузках, близких к максимальным, невелика. Кроме того, высокая надежность и живучесть ЯЭУ подтверждена как многолетним опытом эксплуатации, так и гибелью подводных лодок. Реакторы всех затонувших АПЛ были надежно заглушены, при этом ни разу не было зарегистрировано радиационного загрязнения акватории. Последним примером тому служит катастрофа АПЛ «Курск» (август 2000 года).

Отдельный вопрос – это возможность использования паротурбинной установки (ПТУ) утилизируемой АПЛ. Тепловая схема ПТУ АПЛ отличается от проектируемых на плавучей АЭС отсутствием термического деаэрата питательной воды (установка которого не представляет затруднений) и большей частотой вращения главной турбины. Вопрос о варианте использования главной турбины может решаться двояко. Во-первых, уменьшение частоты вращения

главной турбины до 3000 оборотов в минуту несколько снизит ее мощность, но позволит ей работать совместно с турбогенератором, вырабатывающим ток частотой 50 Гц. Избыток пара при этом можно использовать для передачи на берег тепловой энергии через промежуточный теплообменник. Во-вторых, использование главной турбины во всем диапазоне частот вращения потребует применения статических преобразователей частоты для выдачи в сеть электроэнергии требуемого качества. Таким образом, оборудование ПТУ утилизируемых АПЛ также может быть использовано в составе энергетического модуля на плавучих АЭС.

Утилизируемые атомные подводные лодки 2-го и 3-го поколений имеют широкий диапазон мощностей реакторов от 70 до 190 МВт и главных турбин от 15 до 37 МВт. Это позволяет подобрать для использования на плавучих АЭС требуемые мощности главного энергетического оборудования.

Стоимость строительства плавучей АЭС под ключ приблизительно на 80% определяется стоимостью ЯЭУ и ПТУ. Использование ЯЭУ утилизируемых АПЛ позволит заметно уменьшить эту стоимость.

Масса реакторной установки утилизируемых АПЛ 2-го поколения составляет около 1200 т, а 3-го – около 1600 т. Это позволяет использовать реакторные и турбинные отсеки в качестве единого энергетического модуля, монтируемого на плавучей АЭС. В этом случае мы получим ранее построенную и оплаченную ЯЭУ в защитной оболочке, функцию которой выполняет прочный корпус АПЛ. Таким образом:

- инновационная технология использования ЯЭУ утилизируемых АПЛ позволит:
- значительно сократить затраты на строительство плавучих АЭС и время их строительства и окупаемости;
- снизить затраты на утилизацию АПЛ;
- значительно уменьшить количество радиоактивных отходов и затраты на обращение с ними;
- в полной мере использовать потенциал ЯЭУ АПЛ.

Для внедрения указанной технологии необходимо уже в ближайшее время развернуть комплекс НИОКР, позволяющий научно обосновать техническую возможность РО утилизируемых АПЛ для проектируемых плавучих АЭС.

### **Интеллектуальная интегрированная система сетевидной архитектуры одновременного производства электроэнергии, тепла и холода на базе высокоэффективных модульных малых и плавучих АЭС для Арктики**

Для повышения эффективности использования модульных МАЭС и ПАЭС предлагается создать интеллектуальную интегрированную систему сетевидной архитектуры одновременного производства электроэнергии, теплоты и холода [7].

Решаемые задачи: низкая эффективность значительной части энергогенерирующих установок для Арктики требует поиска выхода из создавшегося положения как в части создания высокоэффективных энергетических установок для комбинированной выработки тепловой и электрической энергий, так и за счет других возможностей энергосбережения при ограниченных возможностях использования привозного топлива.

Последнее время в мировой практике появился интерес к проблеме совместной выработки не только электроэнергии и теплоты, но и холода за счет использования сбросного тепла энергоустановок. Наибольшим спросом пользуется холод для кондиционирования крупных зданий и сооружений. Основное требование к холоду, используемому для кондиционирования, чтобы температура хладагента не превышала 10 °С. Значительно меньший масштаб потребителей требует температуры хладагента до -18 °С для замораживания продуктов питания и других целей. Основным конкурентом этого направления являются обычные холодильные камеры.

Основной целью является разработка технического предложения по эффективному методу получения холода за счет использования сбросного тепла от высокоэффективных МАЭС и ПАЭС, имея в виду, что эффективность совместного производства электроэнергии и теплоты уже доказана.

Холод для кондиционирования требуется в летний период, когда потребность в тепле резко падает из-за отключения отопительной нагрузки (сохраняется потребность в тепле около 20% для горячего водоснабжения). Сбросным теплом в МАЭС и ПАЭС в этот период является отвод тепла охлаждающей водой из конденсатора паровой турбины в градирню и отвод тепла с охлаждающей водой из промежуточных воздухоохладителей компрессоров МАЭС и ПАЭС. Поиск эффективных методов использования этого тепла для получения холода задача очень сложная и требует, как правило, использования дополнительной энергии.

Повышение эффективности одновременного производства электроэнергии, теплоты и холода на базе высокоэффективных модульных МАЭС и ПАЭС предлагается на базе концепции сетевидности, сетевидных систем и создания интеллектуальных интегрированных систем сетевидной архитектуры. Применение принципов сетевидности будет полезно для одновременного производства электроэнергии, теплоты и холода на базе высокоэффективных модульных МАЭС и ПАЭС, использующих информационные технологии.

Особенностью МАЭС и ПАЭС является конденсация паров воды из парогазовой смеси после турбины при давлении около 0,3 МПа с получением горячей воды для теплоснабжения с температурой около 100 °С. При снижении тепловой нагрузки в летний и весенне-осенний период часть этой воды является сбросной.

Однако в этот период появляется потребность в холоде. Генерация холода при наличии дешевого источника теплоты на уровне 100 °С существенно упрощает задачу его получения. Значительным преимуществом предлагаемой комплексной технологической схемы является то, что генерация холода может происходить непосредственно у потребителя за счет отбора горячей воды из существующей теплотрассы. Причем расход циркулирующей воды в теплотрассе для теплоснабжения и генерации холода никогда не превосходит зимнего максимума. Однако, как для улучшения экономических показателей ПГУ, так и повышения параметров получаемого конденсата, направляемого для получения теплоты в зимнее время и холода в

осеннее-весенний и летний периоды, требуется высокое парциальное давление паров воды в поступающем в камеру сгорания воздухе.

Основным источником холода в настоящее время являются холодильные машины с электрическим приводом и хладагентами (аммиак, фреон и др.). Для кондиционирования воздуха крупных потребителей используются абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины, обеспечивающие температуру охлаждаемого агента (вода) до 3-5 °С. Для регенерации раствора бромистого лития требуется подвод тепла на уровне 100 °С (пар, горячая вода).

В принципе сочетание МАЭС и ПАЭС с данного типа холодильными машинами вполне оправдано. В случае необходимости возможно получение более глубокого холода (0 °С, -18 °С) по технологии низкотемпературного холода с использованием как бромистолитиевых холодильных машин, так и машин с другими хладагентами.

Экспериментальные исследования по получению низкотемпературного холода выполнено в ИТ СО РАН.

### Перспективы применения

Технические характеристики создаваемой научно-технической продукции:

- разрабатываемые интеллектуальные интегрированные систем сетцентрической архитектуры одновременного производства электроэнергии, тепла и холода на базе высокоэффективных модульных МАЭС и ПАЭС должны обеспечивать повышение эффективности использования первичных и конечных энергоносителей на 15%;
- разрабатываемые технические предложения по созданию системы одновременной выработки электроэнергии, тепла и холода на базе высокоэффективных модульных МАЭС и ПАЭС должны обеспечить по сравнению с отдельным производством, теплоты и холода достижение следующих показателей:
  - 1) общую экономию топлива на производство одной и той же совокупности продукции не менее 15%;

- 2) снижение совокупных затрат не менее чем на 12%.

Перечисленные выше работы имеют прямое отношение к технической платформе «Интеллектуальная энергетическая система России».

*Ожидаемые результаты технологического процесса и оценка перспективы их коммерциализации.*

1. Будет рассмотрено несколько альтернативных схем получения холода за счет сбросного тепла от парогазовых установок с использованием различных хладагентов.

2. Будут разработаны альтернативные схемы комплексного производства электроэнергии, тепла и холода на базе различных схем ПГУ.

3. Будет разработана методика сравнительного технико-экономического анализа альтернативных комплексных технологий совместного производства электроэнергии, тепла и холода.

4. Будет выполнен комплекс теоретических и экспериментальных работ по технологии получения низкотемпературного холода и выданы рекомендации по выбору оптимального варианта.

5. Будет выполнен сравнительный технико-экономический анализ альтернативных технологий единовременного производства электроэнергии, тепла и холода на базе ПГУ и выбран оптимальный вариант.

6. Для оптимального варианта будут выполнены варианты расчетов по соотношению в потребностях электроэнергии, тепла и холода в различное время года и определены среднегодовые показатели.

7. Будет выполнен сравнительный анализ преимуществ генерации холода за счет сбросных тепловых источников по сравнению с традиционными и разработаны рекомендации для создания промышленных технологий.

Необходимо выполнить комплекс научно-исследовательских работ, связанных со схемами выдачи электрической и тепловой мощности МАЭС и ПАЭС с одновременным производством холода, а именно:

- формирование технико-экономического обоснования (ТЭО) применения МАЭС и ПАЭС различной мощности для конкретных условий применения в арктической зоне;

- разработку вспомогательных энергетических блоков включающих в себя резервные дизель-генераторы (РДГ) мощностью по 800 кВт каждый и аварийных дизель-генераторов (АДГ) мощностью по 200 кВт совместно с системой накопления энергии для повышения режимной надежности и управляемости;
- разработку технических предложений создания интеллектуальных интегрированных систем сетецентрической архитектуры одновременного производства электроэнергии, тепла и холода на базе высокоэффективных модульных малых и плавучих АЭС для Арктики;
- разработку схем выдачи электрической мощности МАЭС и ПАЭС;
- разработку схем выдачи тепловой мощности МАЭС и ПАЭС;
- разработку схем получения холода за счет высокопотенциального тепла МАЭС и ПАЭС;
- разработку алгоритмов управления ДГУ с накопителем энергии.

### Заключение

Многофункциональный энергетический комплекс (МЭК) на основе гибридной ветродизельной установки с накопителем энергии и солнечными фотоэлементами, обеспечивающими совместное производство электроэнергии и тепла с помощью электронагревателей и холода с помощью тепловых насосов, может стать базовой основой автономного энергоснабжения потребителей труднодоступных районов России для централизованного энергоснабжения, прежде всего – районов Арктики.

Интеллектуальная интегрированная система сетецентрической архитектуры одновременного производства электроэнергии, тепла и холода на базе высокоэффективных модульных малых и плавучих АЭС позволит существенно повысить экономичность, надежность и управляемость систем энергоснабжения для Арктики.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года (основные положения). Проект. URL: <http://www.ac.gov.ru>
2. Smith M., Giles K. *Russia and the Arctic: The Last Dash North. Advanced Research and Assessment Group. Russia Series 07/26. Defense Academy of the United Kingdom, 2007. P. 1.*
3. Ломакин М.И., Докукин А.В. Интеграция российских инновационных предприятий в мировую экономику на основе развития информационного обеспечения стандартизации // *Российское предпринимательство*. 2012. № 2.
4. Зайченко В.М., Чернявский А.А. Автономные системы энергоснабжения. М.: НЕДРА, 2015. 285 с.
5. Никифоров О. Альтернативная энергетика в Арктике // *Независимая газета*. – 19.05.2017.
6. Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетике. Т. 2 / под ред. А.А. Саркисова. М.: Академ-Принт, 2015. 387 с.
7. Душкин Д.Н., Фархадов М.П. Сетецентрические технологии: эволюция, текущее положение и области дальнейших исследований / *Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН*. М.: 2015.
3. United Energy Flow / News. [www.Gazeta.ru](http://www.Gazeta.ru).

### REFERENCES

1. *Energeticheskaya strategiya Rossii na period do 2035 goda (osnovnyye polozheniya)*. Projekt. URL: <http://www.ac.gov.ru>
2. Smith M., Giles K. *Russia and the Arctic: The Last Dash North. Advanced Research and Assessment Group. Russia Series 07/26. Defense Academy of the United Kingdom, 2007. P. 1.*
3. Lomakin M.I., Dokukin A.V. *Integratsiya rossiyskikh innovatsionnykh predpriyatij v mirovuyu ekonomiku na osnove razvitiya informatsionnogo*

*obespecheniya standartizatsii//Rossiyskoye predprinimatel'stvo. 2012. № 2.*

3. *United Energy Flow / News. www.Gazeta.ru.*

4. *Zaychenko V.M., Chernyavskiy A.A. Avtonomnyye sistemy energosnabzheniya. M.: NEDRA, 2015. 285 s.*

5. *Nikiforov O. Al'ternativnaya energetika v Arktike // Nezavisimaya gazeta. – 19.05.2017.*

6. *Atomnyye stantsii maloy moshchnosti: novoye napravleniye razvitiya energetiki. T. 2 / pod red. A.A. Sarkisova. M.: Akadem-Print, 2015. 387 s.*

7. *Dushkin D.N., Farkhadov M.P. Setetsentricheskiye tekhnologii: evolyutsiya, tekushcheye polozheniye i oblasti dal'neyshikh issledovaniy / Institut problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova RAN. M.: 2015.*

Поступила в редакцию  
04.06.2018 г.

УДК 620.98 (985+571)

Б.Г. Санеев, И.Ю. Иванова, Т.Ф. Тугузова<sup>1</sup>

### 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. Tuguzova<sup>2</sup>

### 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.

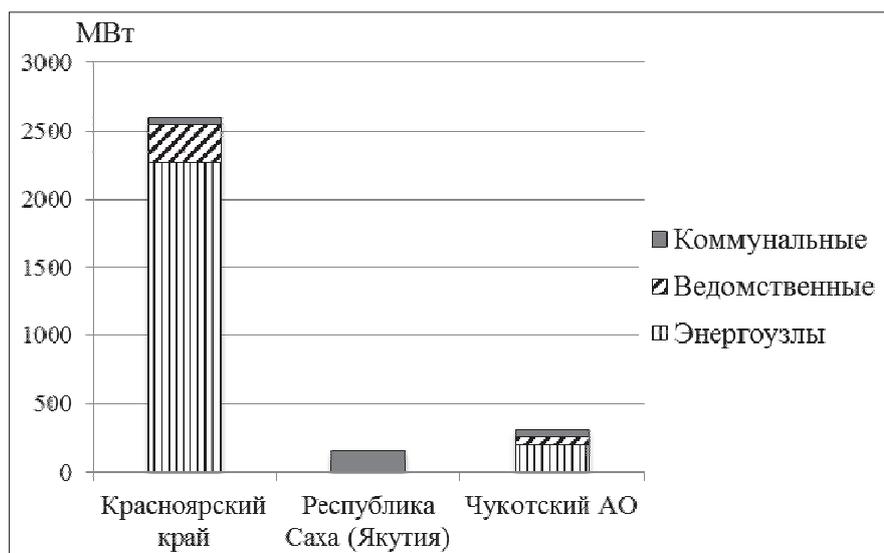
Если в Таймырском и Туруханском районах Красноярского края в структуре мощностей почти 88% приходится на электростанции Норильского энергоузла, в Чукотском АО – 64% на электростанции Чаун-Билибинского, Анадырского и Эгвекинотского энергоузлов, то на территории 13-ти районов Республики Саха (Якутии) все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

---

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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 угля<sup>3</sup> (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-

<sup>3</sup> 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].

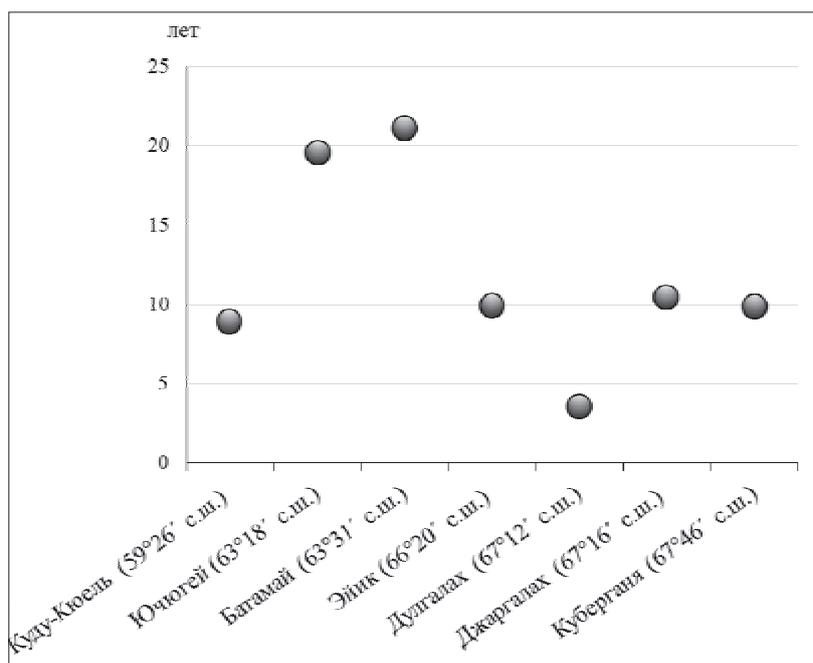
Кроме того, экономически оправданным является сооружение фотоэлектрических станций для сезонного электроснабжения труднодоступных потребителей в Жиганском, Верхоянском, Момском, Эвено-Бытантайском, Среднеколымском районах Республики Саха (Якутии) и Туруханском районе Красноярского края.

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 (Якутии)

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 (Якутии) // *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/](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/](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.

УДК 327+332.122 (985)

Д.А. Соловьев, М.О. Моргунова<sup>1</sup>

### КОМПЛЕКСНОЕ ОСВОЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ: КЛИМАТИЧЕСКИЕ ВЫЗОВЫ, ТРАНСПОРТНЫЕ КОРИДОРЫ И НОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Аннотация.* В статье рассматриваются вопросы устойчивого развития и освоения Арктической зоны России, в том числе ресурсного, в контексте современных глобальных экологических и климатических вызовов, применения новых технологий в энергетике и развития сопутствующей инфраструктуры, а также перспективы организации межгосударственных арктических транспортных коридоров, включая Северный морской путь и Полярный «Шёлковый путь».

*Ключевые слова:* Арктика, устойчивое развитие, изменение климата, ресурсы, энергетика, инфраструктура, транспортные коридоры, СМП.

D.A. Soloviev, M.O. Morgunova<sup>2</sup>

### INTEGRATED DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN ARCTIC: CLIMATE CHALLENGES, TRANSPORT ROUTES AND NEW ENERGY TECHNOLOGIES

*Abstract:* The paper discusses the issues of sustainable development and development of the Russian Arctic, including resource development, in the context of current global environmental and climate challenges, application of new technologies in energy sector, and the development of related infrastructure. The perspectives of organization of interstate Arctic transport corridors are considered, including the Northern Sea Route and the Polar «Silk Road».

*Keywords:* Arctic, sustainable development, climate change, resources, energy, infrastructure, transport corridors, NSR.

#### Введение

Арктика всегда являлась значимым регионом для народнохозяйственного комплекса России, как с ресурсной, так и с транспортно-логистической точки зрения. История ресурсно-энергетического освоения российской Арктики в основном тесно связывается с разработкой нефтегазовых месторождений начиная с 1958 г. [1]. Вопросы экономического и инфраструктурного развития арктического региона и освоения его ресурсного потенциала приобрели актуальность в начале 2000-х гг. и стали не только предметом государственных документов, но и темой

для изучения международных и национальных исследовательских групп [2].

В целом к основным ресурсно-экономическим интересам, определяющим развитие российской Арктики, можно отнести следующие: высокий углеводородный потенциал, включая нетрадиционные виды углеводородных ресурсов (газогидраты); наличие континентальных месторождений рудных и нерудных ископаемых; наличие значительных запасов пресных вод; высокий ресурсный потенциал возобновляемых источников энергии (ВИЭ), (энергия Солнца, ветра, водных потоков); рыбные и прочие биоресурсы; новые безопасные транспортные

---

<sup>1</sup> Дмитрий Александрович Соловьев – старший научный сотрудник Института океанологии им. П.П. Ширшова (ИО) РАН, к.ф.-м.н., *e-mail:* solovev@ocean.ru;

Мария Олеговна Моргунова – младший научный сотрудник Объединенного института высоких температур (ОИВТ) РАН, к.э.н., *e-mail:* maymorgunova@mail.ru.

<sup>2</sup> Dmitry A. Solovyov – Senior Researcher at the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, PhD in Physical and Mathematical Sciences, *e-mail:* solovev@ocean.ru;

Marya O. Morgunova – Junior Researcher at the Joint Institute for High Temperatures (JIHT) of the Russian Academy of Sciences, PhD in Economics, *e-mail:* maymorgunova@mail.ru.

---

и логистические маршруты, включая Северный морской путь (СМП) [1].

Однако комплексное социально-экономическое развитие региона непосредственно связано не только с освоением его природных богатств, но и с параллельным развитием транспортной и энергетической инфраструктуры. Учитывая быстрые темпы развития и трансформации мировой энергетики и нефтегазовой промышленности [3], необходимо рассматривать освоение арктических ресурсов и территорий не только в рамках хозяйственного освоения и задач добывающей промышленности, но и с точки зрения глобального миросистемного контекста, включающего в себя современные экологические и климатические вызовы, новые технологии в энергетике, в частности, влияющие на эффективность и режимы потребления топлива и энергии [4], а также развитие других направлений реализации арктического потенциала – таких как разработка новых технологий и развитие транспортно-логистической инфраструктуры.

Отталкиваясь от темы освоения ресурсов Арктики, в данной статье мы бы хотели объединить все наиболее значимые, с нашей точки зрения, элементы освоения Арктики – в первую очередь такие как природные ресурсы, экология и климат, энергетическая и транспортная инфраструктура, что даст возможность по-новому оценить возможности будущего развития российской Арктики.

### Климатические изменения в Арктике

По данным доклада Росгидромета [5] об изменении климата в России, потепление климата в нашей стране происходит в 2,5 раза быстрее общемировых показателей. Арктика и арктические моря отнесены к областям, где зафиксированы наиболее существенные климатические изменения [6]. Тенденция потепления и сокращения площади льда в летний период, наблюдаемая в последние годы в Арктике, сохранится в ближайшей перспективе.

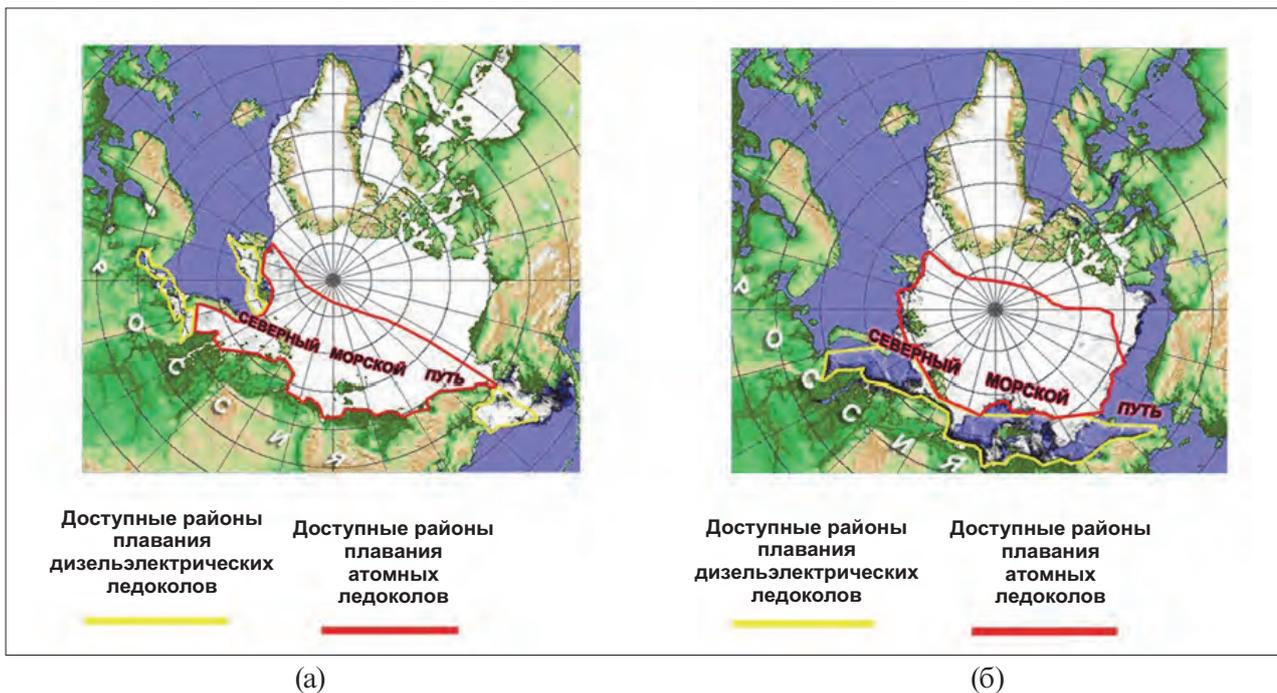
Согласно данным, опубликованным в работах [5, 7, 8], повышение среднегодовых температур в регионе СМП в течение XX в. составило от 2 до 4 °С. В целом для Северной полярной

области (60° -85° С.Ш.) линейный рост среднегодовой температуры за последние 30 лет наблюдений составил около 0,66 °С на каждые 10 лет. В районах арктических морей практически за весь доступный период наблюдений знак тренда изменения температуры воздуха оставался положительным [5]. Причем наиболее высокие темпы повышения температуры были отмечены в районе Карского моря и на севере Канадского Арктического архипелага. Здесь линейное повышение среднегодовой температуры воздуха составляло величину близкую к 4 и соответственно 3 °С за последние 30 лет.

Сезонные изменения границ распространения льдов, по данным метеонаблюдений, зафиксированы за последние 35 лет (рис. 1). Если в 1978 г. площадь ледяного покрова водной поверхности составляла 16,7 млн км<sup>2</sup> в феврале и 6,9 млн км<sup>2</sup> в сентябре, то в 2010 г. эти величины уменьшились до 14,3 и 4,8 млн км<sup>2</sup> соответственно.

В сибирских арктических морях площадь льда в сентябре после 1998 и до 2005 г. сокращалась еще более быстрыми темпами, уменьшившись к 2005 г. до 200 тыс. км<sup>2</sup> [10]. С 2005 г. площадь льда колебалась в пределах от 360 до 130 тыс. км<sup>2</sup>. В сентябре 2014 г. ее значение составило 279 тыс. км<sup>2</sup> и продолжает находиться в рамках этого значения, что в 7 раз меньше, чем в 1996-1998 гг. (рис. 2). В середине марта 2018 г., по данным спутникового мониторинга НАСА [11], площадь всех арктических льдов составила всего 14,48 млн км<sup>2</sup>. Таким образом, продолжается тренд по сокращению площади льда во время зимних месяцев, который потенциально связан с аномально высокими температурами в Арктике и по всему северному полушарию в целом.

Данные климатические изменения существенны и могут привести к необратимым экологическим последствиям в Арктике – растеплению вечной мерзлоты, эрозии почв, а также могут повлиять на арктическую флору и фауну [12]. В рамках комплексного освоения арктического региона вопросы изменения климата должны являться значимым фактором в принятии решений, причем не только с точки зрения учета климатических (экологических) рисков развития промышленности и инфраструктуры [2], но и с точки зрения социально-технологического



Источник: [9].

Рис. 1. Распределение льдов (усредненное за год) в (а) – холодное (октябрь-ноябрь) и (б) – теплое (июль-сентябрь) время года

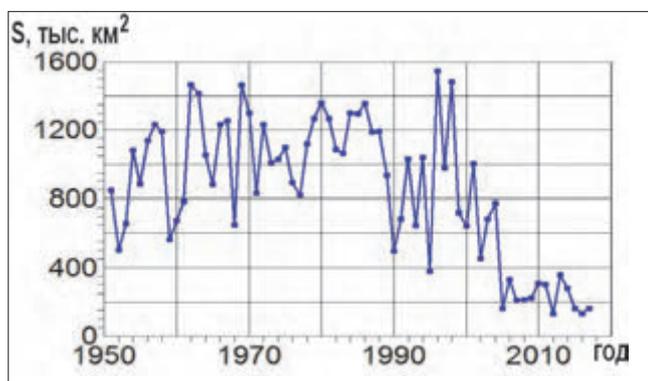
развития. С одной стороны, изменение климата в Арктике является негативным последствием человеческой деятельности, а с другой – стимулирует развитие новых экологичных технологических решений. Таким образом, при условии правильной расстановки приоритетов, именно освоение арктического региона может стать плацдармом для разработки, реализации и внедрения технологий нового поколения. Одним из ярчайших примеров может стать развитие инфраструктуры СМП, поскольку в ре-

зультате климатических изменений Арктический регион становится еще более доступным для судоходства и приобретает стратегическое значение. Это позволяет по-новому взглянуть на СМП и оценить перспективные возможности его развития.

#### Старые-новые арктические транспортные коридоры: СМП и ПШП

*Северный морской путь (СМП).* Сегодня СМП является не только крупнейшей судоходной магистралью, но и важнейшей частью инфраструктуры экономического комплекса Крайнего Севера и кратчайшим морским путем между российским Дальним Востоком и европейской частью страны. Кроме того, СМП соединяет европейские и дальневосточные порты, а также устья судоходных сибирских рек в единую транспортную систему, обеспечивая как ввоз топлива, оборудования, продовольствия, так и вывоз леса и природных ископаемых. Общая длина маршрута составляет 7300 морских миль.

Если ранее, в годы существования СССР, продолжительность навигации по СМП составляла июль – сентябрь, то сейчас июнь – ноябрь



Источник: [10].

Рис. 2. Площадь, занятая морским льдом в сентябре, в сибирских арктических морях (Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское)

(при этом в сентябре и октябре льда практически нет). Таким образом, современные наблюдаемые климатические изменения позволяют России открывать новые перспективы использования СМП как национальной транспортной коммуникации, которая имеет исключительно важное значение для обеспечения дальнейшего развития экономики северных регионов и государства в целом.

Вместе с тем климатические изменения, положительно влияющие на развитие СМП, имеют негативные экологические последствия, такие как разрушение имеющейся портовой инфраструктуры, расположенной в настоящее время на многолетней мерзлоте, и других прилегающих объектов – аэропортов, дорог, трубопроводов. К примеру, в случае потепления могут быть затоплены прибрежные участки за счет подъема уровня воды, или могут «просесть» существующие постройки из-за разморозки грунта [13]. Поэтому в планах дальнейшего инфраструктурного развития СМП необходимо обязательно учитывать климатические особенности. При этом важно учитывать не только наблюдаемое сейчас потепление климата, но и возможный перелом в ближайшие десятилетия наблюдаемого в настоящее время циклического тренда на противоположный с возможным переходом к этапу глобального похолодания.

В дальнейшем СМП может стать главным соперником, обладающим существенной транзитной эффективностью по сравнению с конкурентами, уже используемыми межконтинентальными транспортными путями (Суэцкий и Панамский каналы). К примеру, используя СМП, доставку грузов можно ускорить на 15 суток с экономическим эффектом в каждом рейсе до 500 тыс. долл., прежде всего за счет экономии топлива, а значит и меньшего количества выбросов вредных веществ в атмосферу. Несмотря на это, необходимо подчеркнуть необходимость предотвратить дальнейшую эскалацию ухудшения экологической ситуации, а значит – применять лучшие технологии и практики освоения арктического региона.

В настоящее время транзитный потенциал России используется только на 5-7% и оценивается менее чем в 1% товарооборота между странами Европы и Азии. В то же время потенци-

альный объем транзитных перевозок по СМП с запада на восток оцениваются в 5-6 млн т в год, а с востока на запад может составлять до 2-3 млн т в год [14]. Экспертами ООН транзитный грузопоток через СМП оценивается еще оптимистичнее – до 8 млн т в год. Однако для реализации этого потенциала необходимо инновационное развитие инфраструктуры СМП, включая ледокольный флот, для обеспечения летней навигации. Для превращения СМП в круглогодично действующую морскую транспортную магистраль необходимо модернизировать имеющиеся и создать еще более мощные ледоколы, способные обеспечить проводку судов усиленного ледового класса дедвейтом до 100 тыс. т, способные проводить караваны судов по высокоширотным трассам.

СМП нельзя рассматривать исключительно с коммерческой точки зрения, поскольку для России он является инфраструктурным объектом стратегической важности. Развитие СМП способно обеспечить промышленную диверсификацию и социально-экономическое развитие в арктическом регионе, а также стимулировать освоение углеводородных ресурсов Арктики и арктического шельфа за счет снижения транспортно-логистических издержек. Транспортный коридор СМП целесообразно рассматривать и развивать как масштабный инфраструктурный проект в рамках комплексного развития арктической транспортной системы с использованием современных энергетических технологий. В противном случае Россия не сможет реализовать транспортно-логистический потенциал СМП, и, скорее всего, будет продолжать нести значительные потери от низкой конкурентоспособности транспортной системы.

*Полярный «Шелковый путь» (ПШП).* В последние годы вопрос освоения Арктики вышел за национальные рамки и является глобальным. Именно поэтому одним из вариантов реализации социально-экономического потенциала арктического региона России, включая СМП, является международное сотрудничество. Помимо этого, Арктика становится элементом глобального мира, а ее транспортные маршруты, будь то реализованные или только находящиеся в процессе реализации, становятся частью глобальной транспортно-логистической системы.

В начале 2018 г. Государственный совет КНР опубликовал «Белую книгу» об арктической политике страны [15], которая посвящена вопросам глобальной трансформации Арктики, и, соответственно, принципам, целям и задачам политики КНР в Арктике. Основными тезисами публикации являются тесная связь Арктики с глобальным развитием человечества, ее международным влиянием, а также непосредственная роль Китая в развитии арктического региона. Отмечается, что природные условия Арктики и их изменения оказывают непосредственное влияние на климатическую систему и экологическую среду Китая, и тем самым затрагивают экономические интересы страны.

Однако применительно к теме данной статьи и развитию транспортных коридоров Арктики прежде всего вызывает интерес инициатива Китая, нацеленная на создание совместно с другими странами морских торговых и экономических коридоров на основе СМП с координацией арктических стратегий и гармонизацией законодательств. Эта инициатива получила название Полярный «Шёлковый путь» (ПШП). Это подтверждает прямой интерес Китая в развитии СМП, где один из компонентов – транспортировка сжиженного природного газа (СПГ) проекта «Ямал СПГ» (до 4 млн т в год) и где доля китайских компаний составляет 29,9%. Помимо транзита грузов, ПШП может способствовать сотрудничеству китайских компаний с компанией «Роснефть» по разработке шельфовых проектов и налаживанию технологического обмена. Иными словами, в проекте ПШП Россия и Китай имеют очевидные взаимодополняющие интересы, которые создают для России большое количество возможностей для социально-экономического развития и технологической модернизации [16]. Нацеленность на формирование единого экономического пространства в рамках СМП и ПШП на основе как «жесткой» (автотранспортные, железнодорожные, морские транспортные коридоры), так и «мягкой» (единые техрегламенты, таможенные правила, санитарные нормы) их составляющих

[17], показывает необходимость использования принципа комплексности в подходах развития арктического региона.

### Энергетика в Арктике

Освоение арктического региона требует качественно иной стратегии развития и применения нестандартных, а в ряде случаев и инновационных, технологических решений. Технологический прогресс является основным фактором мирового социально-экономического развития и ключевой движущей силой развития энергетического сектора [2]. И здесь мы бы хотели подчеркнуть необходимое условие комплексности развития арктического региона России через призму современных технологических тенденций развития энергетики – экологизации<sup>3</sup>, электрификации, децентрализации и дигитализации<sup>4</sup>.

Климатические и экологические вызовы, а также ресурсное и инфраструктурное освоение арктического региона России требует параллельного развития энергетической инфраструктуры. В настоящее время закупка, доставка и хранение энергетических ресурсов составляет значительную часть экономических затрат на содержание объектов жилой, транспортной, промышленной и энергетической инфраструктуры в Арктике. Сложности транспортировки топлива влекут за собой высокие транспортные издержки, которые в итоге составляют значительную долю в себестоимости вырабатываемой энергии. Для снижения таких издержек и экологического воздействия, а также реализации параллельного развития энергетики и инфраструктуры требуется радикально изменить подход к энергоснабжению региона. В условиях современных экологических и климатических вызовов использование ресурсов ВИЭ может стать эффективным решением многих локальных энергетических задач (например, оптимизация северного завоза) [18, 19], а распределенная и децентрализованная энергетика позволит развить постоянно функционирующую инфраструктуру

---

<sup>3</sup> Экологизация – использование альтернативных и возобновляемых энергоресурсов, уменьшение вредных выбросов, создание безотходных и малоотходных производств.

<sup>4</sup> Дигитализация – использование цифровых технологий при производстве, передаче и потреблении энергии, управление процессами на основе информационных баз данных.



Источник: [22, 23].

**Рис. 3. Установки ВИЭ в Арктике: (а) солнечная часть энергоустановки в п. Тетрино Мурманской области; солнечная (б) и ветровая установки (в) в национальном парке «Русская Арктика»**

[20]. Наиболее перспективным, с точки зрения снижения затрат на транспортировку топлива в арктические районы России, представляется использование локальных, местных энергетических источников возобновляемой энергии [21].

Все чаще появляются успешные примеры внедрения ВИЭ в арктической энергетике [19]: комбинированная солнечно-ветро-дизельная установка, фотоэлектрические преобразователи и три малые солнечно-ветровые установки в различных поселках Мурманской области [22]. В некоторых поселках за счет ВИЭ обеспечивается более 30% требуемой мощности. Это позволяет экономить дизельное топливо до 1 т в месяц. Более крупные энергетические установки на базе ВИЭ функционируют на Новой Земле в национальном парке «Русская Арктика» и в поселке Тикси [23].

Не менее важным среди примеров и потенциальных мест перспективного внедрения ВИЭ в энергетику Арктики является развитие и энергообеспечение инфраструктуры СМП. Поскольку существует серьезная перспектива укрепления позиций СМП как одного из важнейших маршрутов транспортировки грузов в российском и мировом масштабе, приоритетной задачей становится развитие инфраструктуры СМП и ее энергообеспечение.

Основу наземной инфраструктуры СМП составляют порядка 50-ти портов, порт-пунктов и терминалов (наиболее крупные – Архангельск, Игарка, Дудинка, Диксон, Тикси, Певек, Провидения, Хатанга, Сабетта), а также системы навигации и связи круглогодичного и сезонного использования. В некоторых районах российской Арктики морской транспорт является единственным способом доставки топлива и других грузов для жизнеобеспечения населения

(прибрежные населенные пункты Чукотского и Таймырского автономных округов, острова арктических морей), однако жесткие ограничения на эксплуатацию СМП оказывают неблагоприятное воздействие на системы энергообеспечения [24]. В настоящее время навигацию по СМП обеспечивают расположенные по побережью морей Северного ледовитого океана 37 метеостанций. Требования по работе определенного вида оборудования также предписывают наличие источников бесперебойного питания.

Поскольку большинство портов СМП имеют автономное энергоснабжение (находятся в зоне децентрализации) открываются широкие перспективы локального использования наиболее доступных местных ресурсов возобновляемой энергии для повышения надежности энергоснабжения портовой инфраструктуры, включая весь комплекс навигационного оборудования. Анализ доступных ресурсов ВИЭ на территории АЗРФ [4, 25, 26] показывает, что ресурсов солнечной энергии достаточно для удовлетворения небольших потребностей в электро- и тепловой энергии объектов, в то время как ресурсы ветровой энергии достаточно велики, что является преимуществом рассматриваемого региона.

Таким образом, стратегическая необходимость освоения арктических ресурсов и развития СМП, а также электрификации объектов инфраструктуры может способствовать внедрению передовых технологических и экологических решений, таких как децентрализованные установки электрогенерации на базе ВИЭ. Именно Арктика обладает тем необходимым набором элементов, способных простимулировать развитие и применение высокотехнологичных решений в энергетике.

### Заключение

В данной статье мы постарались показать взаимосвязь ключевых элементов развития Арктики – освоения природных ресурсов, вопросов экологии и изменяющегося климата, реализации и применения новых технологий в энергетике, развития транспортно-логистической инфраструктуры.

Следует подчеркнуть, что ключевым словом во всех подходах к освоению богатств арктического региона и его развития должна быть «комплексность». Только при соответствующем продуманном комплексном подходе, при условии правильной расстановки приоритетов, освоение Арктики может сгенерировать существенный социально-экономический эффект для

всей экономики России, а также способствовать технологической модернизации энергетического сектора страны.

В заключение следует отметить, что для России освоение арктического региона, его природных ресурсов и развитие транспортно-логистической инфраструктуры является не только стратегическим приоритетом, но и необходимостью. Стратегическая необходимость освоения арктических ресурсов и развития СМП, а также высокотехнологичной электрификации объектов инфраструктуры – будет не только способствовать внедрению передовых технологических и экологических решений, но и даст возможность успешно справиться с современными климатическими вызовами.

Результаты исследования, представленные в разделе 1 и 2, получены за счет средств РФФИ (проект № 18-05-60252), в разделе 3 – в рамках Госзадания ОИВТ РАН (регистрационный номер НИОКТР АААА-А16-116051810068-1).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Моргунова М.О., Цуневский А.Я. Ресурсы Арктики, Т. 2: Арктический регион: Проблемы международного сотрудничества, хрестоматия в 3 т. / под ред. И.С. Иванова. Москва: Аспект Пресс, 2013. 384 С.
2. Моргунова М.О. Перспективы освоения углеводородных ресурсов арктического шельфа России в условиях трансформации мировой энергетики: дисс. к.э.н.: 08.00.14 – Мировая экономика. М.: РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, 2017. 137 С.
3. Morgunova M.O., Kutcherov V.G. Structural Change in Petroleum Industry // *A Dynamic Mind: Perspectives on Industrial Dynamics in Honour of Staffan Laestadius* / by ed. Blomquist, Johansson. Stockholm: Division of Sustainability and Industrial Dynamics, INDEK, KTH., 2016. p. 249-275.
4. Попель О.С., Киселева С.В., Моргунова М.О. и др. Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения потребителей в Арктической зоне Российской Федерации // *Арктика: экология и экономика*. 2015. № 1(17). С. 65-69.
5. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2016 год // *Новости и события*. Пресс-центр. Росгидромет. Москва: Росгидромет, 2017. 70 С.
6. Богоявленский В.И., Гарагаиш И.А. Обоснование процесса образования кратеров газового выброса в Арктике математическим моделированием // *Арктика экология и экономика*. 2015. № 3. С. 12-17.
7. UNEP. *Global Environment Outlook 5* // *Popul. Dev. Rev.* 2012, 24. (2). p. 407.
8. Гулёв С.К., Катцов В.М., Соломина О.Н. Глобальное потепление продолжается // *Вестник РАН*. 2008. Т. 78. № 1. С. 20-27.
9. Атомный ледокольный флот – ключевое звено обеспечения геополитических интересов России в Арктике. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rosatomflot.ru/index.php?menuid=25> (дата обращения: 23.05.2018).
10. Росгидромет. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2017 год. Москва: 2018. 69 С.
11. Viñas M.J. Arctic Wintertime Sea Ice Extent Is Among Lowest On Record, NASA's Earth Science News Team, 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2018/arctic-wintertime-sea-ice-extent-is-among-lowest-on-record> (дата обращения: 06.06.2018).

12. Valsson T., Ulfarsson G.F. *Future changes in activity structures of the globe under a receding Arctic ice scenario* // *Futures*. 2011, 43. p. 450-459.
13. Larsen P., Goldsmith S., Smit O., et al. *Estimating future costs for Alaska public infrastructure at risk from climate change* // *Gl. Environ. Chang.* 2008, 18. p. 442-457.
14. Пересыпкин В.И., Яковлев А.Н. *Северный морской путь в проблеме международных транспортных коридоров* // *Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике*. 2006. № 3 (3). С. 16-19.
15. *China's Arctic Policy* [Электронный ресурс]. URL: [http://english.gov.cn/archive/white\\_paper/2018/01/26/content\\_281476026660336.htm](http://english.gov.cn/archive/white_paper/2018/01/26/content_281476026660336.htm) (дата обращения: 23.05.2018).
16. *Что даст России китайский «Полярный шелковый путь»?* [Электронный ресурс]. URL: <http://провэд.рф/article/46064-что-даст-rossii-kitayskiy--polyarnyy-shelkovyy-put-->.html (дата обращения: 06.05.2018).
17. *Инфографика: Сопряжение Евразийского экономического союза и Экономического пояса Шёлкового пути* [Электронный ресурс]. URL: <http://eurasia.expert/infografika-sopryazhenie-eaes-i-ersp/> (дата обращения: 23.05.2018).
18. Morgunova M.O., Solovjov D.A. *Decentralized power supply based on local and renewable energy sources: a case of Russian Arctic*. Moscow: International Geographical Union Regional Conference: Geography, Culture and Society for our future Earth, 17-21 August 2015, Moscow, Russia, IGU 2015 Book of Abstract: IGU 2015 – 3029, 2015. p.103.
19. Бушуев В.В., Зайченко В.М., Моргунова М.О. и др. *Потенциал ВИЭ в Арктике: новые задачи* // *Материалы V Международной конференции «Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы» и X школы молодых ученых «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» им. Э.Э. Шпильрайна. Т.)* / под ред. А.Б. Алхасова. Махачкала: Институт проблем геотермии ДНЦ РАН, 2017. С. 94-99.
20. Morgunova M.O., Solovyev D.A. *Challenges to overcome: energy supply for remote consumers in the Russian Arctic* // *J. Phys. Conf. Ser.* 2017, 891 (1). p.1-6.
21. Зайченко В.М., Чернявский А.А. *Сравнение характеристик распределенных и централизованных схем энергоснабжения* // *Промышленная энергетика*. 2016. № 1. С. 2-8.
22. Киреева А. *Три удаленных поселка Мурманской области запрашивают от «зеленой» энергии* // *Bellona.ru* [Электронный ресурс]. URL: <http://bellona.ru/2014/10/08/tri-udalennyh-poselka-turmanskoj-obl/> (дата обращения: 02.08.2017).
23. *На Новой Земле ведутся исследования по использованию ВИЭ в условиях Арктики* [Электронный ресурс]. URL: <http://elektroas.ru/na-novoj-zemle-vedutsya-issledovaniya-po-ispolzovaniyu-vie-v-usloviyah-arktiki> (дата обращения: 02.08.2017).
24. Воронина Е.П. *Страховая защита и обеспечение безопасности морских перевозок по Северному морскому пути* // *Аналитический вестник*. 2015. Т. 6. № 559. С. 18-24.
25. Габдерахманова Т.С., Киселева С.В., Попель О.С. и др. *Некоторые аспекты развития возобновляемой энергетики в арктической зоне РФ* // *Альтернативная энергетика и экология*. 2016. № 19-20. С. 41-53.
26. Андреев Т.И., Габдерахманова Т.С., Данилова О.В. *Атлас ресурсов возобновляемой энергии на территории России*. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2015. 160 С.

### REFERENCES

1. Morgunova M.O., Tsunevskiy A.Ja. *Resursy Arktiki, Tom 2: Arkticheskij region: Problemy mezhdunarodnogo sotrudnichestva, hrestomatija v 3 tomah / pod red. I.S. Ivanova*. Moskva: Aspekt Press, 2013. 384 S.
2. Morgunova M.O. *Perspektivy osvoenija uglevodorodnyh resursov arkticheskogo shel'fa Rossii v uslovijah transformacii mirovoj jenergetiki: dis. kand. jekon. nauk: 08.00.14 – Mirovaja jekonomika*. Moskva: RGU nefti i gaza (NIU) im. I.M. Gubkina, 2017. 137 S.
3. Morgunova M.O., Kutcherov V.G. *Structural Change in Petroleum Industry // A Dynamic Mind: Perspectives on Industrial Dynamics in Honour of Staffan Laestadius / pod red. Blomquist, Johansson*. Stockholm: Division of Sustainability and Industrial Dynamics, INDEK, KTH., 2016. p. 249-275.

4. Popel' O.S., Kiseleva S.V., Morgunova M.O. i dr. *Ispol'zovanie vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии dlja jenergosnabzhenija potrebitelej v Arkticheskoj zone Rossijskoj Federacii // Arktika: jekologija i jekonomika*. 2015. №1(17). S. 65-69.
5. *Doklad ob osobennostjah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2016 god. Novosti i sobytija*. Press-centr. Rosgidromet. Moskva: Rosgidromet, 2017. 70 S.
6. Bogojavlenskij V.I., Garagash I.A. *Obosnovanie processa obrazovanija kraterov gazovogo vybrosa v Arktike matematicheskim modelirovaniem // Arktika jekologija i jekonomika*. 2015. № 3. S. 12–17.
7. UNEP. *Global Environment Outlook 5 // Popul. Dev. Rev.* 2012, 24. (2). p. 407.
8. Guljov S.K., Katcov V.M., Solomina O.N. *Global'noe poteplenie prodolzhaetsja // Vestnik RAN*. 2008. T. 78. № 1. S. 20–27.
9. *Atomnyj ledokol'nyj flot – kljuchevoe zveno obespechenija geopoliticheskikh interesov Rossii v Arktike*. [Link]. URL: <http://www.rosatomflot.ru/index.php?menuid=25> (Accessed: 23.05.2018).
10. Rosgidromet. *Doklad ob osobennostjah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2017 god. M.: 2018*. 69 S.
11. Viñas M.J. *Arctic Wintertime Sea Ice Extent Is Among Lowest On Record, NASA's Earth Science News Team*, 2018. [Link]. URL: <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2018/arctic-wintertime-sea-ice-extent-is-among-lowest-on-record> (Accessed: 06.06.2018).
12. Valsson T., Ulfarsson G.F. *Future changes in activity structures of the globe under a receding Arctic ice scenario // Futures*. 2011, 43. p. 450-459.
13. Larsen P., Goldsmith S., Smit O., et al. *Estimating future costs for Alaska public infrastructure at risk from climate change // Gl. Environ. Chang.* 2008, 18. p. 442-457.
14. Peresypkin V.I., Jakovlev A.N. *Severnyj morskoy put' v probleme mezhdunarodnyh transportnyh koridorov // Transport Rossijskoj Federacii. Zhurnal o nauke, praktike, jekonomike*. 2006. № 3 (3). S. 16-19.
15. *China's Arctic Policy* [Link]. URL: [http://english.gov.cn/archive/white\\_paper/2018/01/26/content\\_281476026660336.htm](http://english.gov.cn/archive/white_paper/2018/01/26/content_281476026660336.htm) (Accessed: 23.05.2018).
16. *Chto dast Rossii kitajskij «Poljarnyj shelkovyy put'»?* [Link]. URL: <http://provjed.rf/article/46064-chno-dast-rossii-kitajskiy-polyarnyy-shelkovyy-put.html> (Accessed: 06.05.2018).
17. *Infografika: Sopryazhenie Evrazijskogo jekonomicheskogo sojuza i Jekonomicheskogo pojasa Shelkovogo puti* [Link]. URL: <http://eurasia.expert/infografika-sopryazhenie-eaes-i-epsp/> (Accessed: 23.05.2018).
18. Morgunova M.O., Solovjov D.A. *Decentralized power supply based on local and renewable energy sources: a case of Russian Arctic*. Moscow: International Geographical Union Regional Conference: Geography, Culture and Society for our future Earth, 17-21 August 2015, Moscow, Russia, IGU 2015 Book of Abstract: IGU 2015 – 3029, 2015. p.103.
19. Bushuev V.V., Zajchenko V.M., Morgunova M.O. i dr. *Potencial VIJe v Arktike: novye zadachi // Materialy V Mezhdunarodnoj konferencii «Vozobnovljaemaja jenergetika: problemy i perspektivy» i X shkoly molodyh uchenyh «Aktual'nye problemy osvoenija vozobnovljaemyh jenergoresursov» im. chl.-korr. RAN Je. Je. Shpil'rajna (T. 1) / pod red. A.B. Alhasov. Mahachkala: Institut problem geotermii DNC RAN*, 2017. S. 94-99.
20. Morgunova M.O., Solovyev D.A. *Challenges to overcome: energy supply for remote consumers in the Russian Arctic // J. Phys. Conf. Ser.* 2017, 891 (1). p.1-6.
21. Zajchenko V.M., Chernjavskij A.A. *Sravnenie harakteristik raspredelennyh i centralizovannyh shem jenergosnabzhenija // Promyshlennaja jenergetika*. 2016. № 1. S. 2-8.
22. Kireeva A. *Tri udalennyh poselka Murmanskoy oblasti zapitajut ot «zelenoj» jenerгии – Bellona.ru* [Link]. URL: <http://bellona.ru/2014/10/08/tri-udalennyh-poselka-murmanskoy-obl/> (Accessed: 02.08.2017).
23. *Na Novoj Zemle vedutsja issledovaniya po ispol'zovaniju VIJe v uslovijah Arktiki* [Link]. URL: <http://elektroas.ru/na-novoj-zemle-vedutsya-issledovaniya-po-ispolzovaniju-vie-v-usloviyax-arktiki> (Accessed: 02.08.2017).
24. Voronina E.P. *Strahovaja zashhita i obespechenie bezopasnosti morskikh perevozok po Severnomu morskomu puti // Analiticheskij vestnik*. 2015. T. 6. № 559. S. 18-24.
25. Gabderahmanova T.S., Kiseleva S.V., Popel' O.S. i dr. *Nekotorye aspekty razvitija vozobnovljaemoj jenergetiki v arkticheskoj zone RF // Al'ternativnaja jenergetika i jekologija*. 2016. № 19-20. S. 41-53.

26. *Andreenko T.I., Gabderahmanova T.S., na territorii Rossii. M.: RHTU im. D.I. Mendeleeva, Danilova O.V. Atlas resursov vozobnovljaemoj jenerгии 2015. 160 S.*

Поступила в редакцию  
07.06.2018 г.

УДК 658.5: 621.311.2 (985)

Л.В. Нефедова, А.А. Соловьев<sup>1</sup>

### 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. Solovyev<sup>2</sup>

### 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-

---

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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 энергopotенциала 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 рисков<sup>3</sup>. 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].

<sup>3</sup>  $K_{\text{нум}}$  – 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. Воронников 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/](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/](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](http://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., 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. 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](http://www.irena.org), 2016. 148 S.

Поступила в редакцию  
02.06.2018 г.

УДК 620.9

**В.Р. Киушкина<sup>1</sup>**

### **ЭФФЕКТЫ ВОВЛЕЧЕНИЯ ВИЭ В МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ЗОН РФ**

*Аннотация.* Сегодня в общественных формациях и разноуровневых сообществах широко обсуждаются освоение и развитие, проблемы и предпосылки к их решению территорий Севера и арктических зон. Одним из подходов является вовлечение возобновляемых источников энергии как индикатора оценки уровня энергетической безопасности. В работе прослеживается обозначение ВИЭ в укреплении отдельных позиций энергетической безопасности и, в частности, при оценке ее различных направлений. Это позволяет включить показатели, раскрывающие возможности возобновляемой энергетики в мониторинг состояния территорий. В соответствии с этим формирование грамотной структуры автономных систем электроснабжения с участием ВИЭ повысит функцию экологического эффекта, снизит риски экономического и социального характера, уже сегодня существующих на этих территориях.

*Ключевые слова:* децентрализованные энергозоны, возобновляемые источники энергии, экологическая уязвимость, социально-экономический аспект, энергетическая безопасность.

**V.R. Kiushkina<sup>2</sup>**

### **EFFECTS OF RES INVOLVEMENT IN THE ENERGY SECURITY MONITORING OF RUSSIAN NORTHERN AND ARCTIC ZONES**

*Abstract.* Today social structures and multilevel communities widely discuss exploration and development, problems and prerequisites to their solution regarding the lands of Northern and Arctic zones. One of the approaches is to involve renewable energy sources as an indicator for energy security level assessment.

The paper deduces the RES coming into focus when strengthening individual energy security items and, in particular, when assessing its various areas. This makes it possible to include indicators identifying the possibilities of renewable energy generation in the land condition monitoring. Accordingly, a reasonable structure of stand-alone power supply systems formed using the RES will enhance the environmental effect function, and reduce economic and social risks already existing in these territories.

*Keywords:* decentralized energy supply zones, renewable energy sources, ecological fragility, socioeconomic aspects, energy security.

#### **Введение**

Развитие мировой энергетики на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) реализуется преимущественно для решения двух основных задач: снижения роли углеводородов в энергетическом балансе (борьба с загрязнением окружающей среды и изменением климата) и повышение энергетической самообеспеченности. Нарастание интереса и признание необходимо-

сти использования ВИЭ на территориях Севера и Арктических зон в направлении устойчивой эффективной энергетики обосновывает формирование укрепляющей позиции энергетической безопасности (ЭнБ) в различных ее составляющих. В результате выполнения данных аналитических исследований производится оценка роли ВИЭ в повышении ЭнБ изолированных, труднодоступных, малонаселенных территорий с суровыми климатическими условиями.

---

<sup>1</sup> Виолетта Рафиковна Киушкина – заведующая кафедрой электропривода и автоматизации производственных процессов, Технический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, к.т.н., e-mail: viola75@mail.ru;

<sup>2</sup> Violetta R. Kiushkina – Head of the Electric Drive and Process Automation Department, Technical Institute (Branch) of the Ammosov North-Eastern Federal University, PhD in Engineering, e-mail: viola75@mail.ru.

## Постановка задачи

Поставлена задача определить возможность использования ВИЭ в децентрализованных энергозонах с точки зрения оценки эффекта для энергетической безопасности изолированных территорий в суровых условиях Севера и Арктических зон.

## Основная часть – обсуждение проблемы

Вопрос обеспеченности энергоресурсами по низким ценам не присущ децентрализованной энергетике с труднодоступными, инфраструктурно изолированными территориями и условиями ее существования. Здесь эффекты совершенно иные. Определение и прогнозирование этих эффектов должно потянуть за собой и другие ориентиры в повышении энергетической безопасности [1, с. 72-76]. Именно для таких территорий ВИЭ, занявшие неплохие позиции в тренде развития (рис. 1) мировой энергетики, могут стать одним из выходов в поиске путей решения существующих проблем.

Обозначение места ВИЭ в повышении ЭНБ целесообразно рассматривать на рисках, существующих в сложившихся современных ситуациях для состояния безопасности, с оценкой позиции функциональности возобновляемой энергетики в снижении вероятности проявления рисков. Риски, возникшие со стороны экологии, экономики, природных и иных воздействий, рассматриваются как угрозы для ЭНБ и оправдывают переход к ВИЭ при грамотной увязке с социально-экономическими, экологическими, политическими, инфраструктурными, техническими и другими эффектами.

В децентрализованных энергозонах территорий Севера и арктических зон всегда будут реализовываться риски в силу присущих им факторов, условий существования и функционирования. В таком случае можно говорить, что степень рисков даже в системе благоприятных значений индикаторов ЭНБ хоть и незначительна, но будет иметь место, так как исследуемые энергозоны с указанными специфическими особенностями существования не имеют долж-



Рис. 1. Тренды развития ключевых современных факторов в энергетической структуре

ной способности сопротивляться воздействиям угроз, например, природного или территориального характера, которые априори будут иметь воздействие.

Рассмотрим последовательно разные аспекты, которые различным образом оценивают место ВИЭ в улучшении сложившейся ситуации в мировом пространстве и хорошо подходящие для реализации в децентрализованных территориях Севера и арктических энергозон.

Ключевые причины столь активного развития ВИЭ в мире – это принятие мер по сокращению выбросов парниковых газов. Как показывает анализ обоснований мировых трендов и показателей, достижение эффектов в различных странах мира – это основной фактор, стимулирующий развитие ВИЭ. Из всех угроз, стоящих перед человечеством, экологическая является наиболее опасной.

Сегодня энергетика Заполярья России преимущественно построена на использовании горючего топлива, потребляемого дизель-генераторами электроэнергии, одновременно используется уголь, мазут, древесина. Все это отрицательно сказывается на экологии таких территорий, имеющих низкий экологический иммунитет. В российском секторе северных территорий и Арктики накопилось немало проблем, к которым можно отнести устарелость и изношенность оборудования хозяйственной деятельности и энергетики. Это, безусловно, порождает в таких регионах те же экологические проблемы, как и в остальных частях России. В силу повышенной уязвимости северных и полярных экологических систем природоресурсные и природоохранные проблемы возрастают с каждым днем. Экологический ущерб окружающей среде таким территориям накапливался десятилетиями. К проблемам можно отнести и многолетние скопления громадного количества отходов близ полярных городов, складирование бочек от дизельного топлива. Промышленное освоение территорий наносит непоправимый ущерб природе. Вектор добычи природных запасов стал смещаться в труднодоступные, отдаленные территории, арктические шельфы с экстремальными условиями, что объясняется истощением и непригодностью ряда месторождений к промышленному освоению. Данный

вектор также имеет глобальное политическое и экономическое значение, в силу того, что геологоразведка подтвердила колоссальные запасы полезных ископаемых на шельфах и необратимые процессы таяния льдов, природные ископаемые стали более доступными. Стратегическое значение таких территорий очевидно и определяет позиции России в освоении неосвоенных недр в отношениях с зарубежными партнерами (сегодня Арктика обеспечивает около 11% национального дохода России и 22% общероссийского экспорта).

Причинами нанесения экологического ущерба являются радиоактивные захоронения, нефтяные разливы, промышленное освоение, нарушающее баланс направлений вмешательства в естественно-природные процессы и загрязнений окружающей среды. Это и атмосферный, и водный перенос загрязняющих веществ в арктическую зону из промышленно развитых территорий. Поэтому здесь особое значение приобретает автономное электроснабжение объектов с применением энергии от возобновляемых источников энергии.

Загрязнение окружающей среды и изменения экологических параметров имеют медленный, аккумулятивный эффект неблагоприятных последствий для здоровья человека, проявляющихся через много десятилетий. Главная задача в современных условиях – свести к минимуму нежелательные последствия, рационально используя природные условия. Здесь достаточно очевидно, как одно из решений – использование «чистых» ресурсов. В условиях глобального изменения климата и экономической активности на территориях, особенно Севера и Арктики, достижению экологической цели в приоритетах развития энергетики, например, снижения потребления топливных ресурсов, находит место вовлечение ВИЭ. Здесь привлекательность ВИЭ прозрачна и занимает очень прочные позиции по повышению эффекта от эколого-технологической допустимости как составляющей в обеспечении ЭНБ.

В целом районирование по экологической составляющей ЭНБ достаточно представить в виде карт-схем (рис. 2) с тематическими слоями (наложением всех влияющих факторов) и выделе-



**Рис. 2.** Примерный макет карты тематических слоев степени экологической уязвимости и нарушений экологической безопасности локальных энергозон (фрагмент информационно-интегрированной системы мониторинга ЭНБ)

нием зоны по наиболее остро проявляющимся ситуациям, угрожающим и нарушающим экологический «иммунитет» территории.

Тематические слои включают в себя подразделы, совокупность которых позволяет явно визуализировать наиболее сильные экологические проявления.

*Модуль 1. Природный кластер.*

Слой 1. Типы экосистем.

Слой 2. Заповедные территории.

Слой 3. Рельеф.

Слой 4. Температурные режимы / климатическая особенность.

Слой 5. Гидрологические системы.

Слой 6. ВИЭ.

Слой 7. Месторождения.

*Модуль 2. Кластер индивидуальных потребителей.*

Слой 8. Промысловые зоны (оленьеводства/рыбоводства/пушного хозяйства).

Слой 9. Сельскохозяйственные зоны (летники, конебазы).

*Модуль 3. Технический кластер.*

Слой 10. Типы децентрализованных зон / освоенность территории.

Слой 11. Расположение энергоисточников / уровень выбросов, бочек для ДТ.

Слой 12. Изношенность оборудования электрохозяйственной деятельности.

*Модуль итоговый. Кластер угрозы экологическому иммунитету:*

– сочетание слоев 1-2-11-12 – опасность;

– сочетание слоев 4-11-12 – острота ситуации для рекреационной возможности;

– сочетание слоев 1-2-6-8 – возможность для сохранения самобытного уклада.

Данный макет реализован на примере арктических территорий Республики Саха (Якутия), где явно выражены особенности функционирования автономной энергетики и уязвимость территорий.

Ресурсная обеспеченность занимает одну из ключевых позиций в обеспечении ЭНБ, особенно для районов Крайнего Севера и Арктики, куда ежегодно завозится до 6-8 млн т горючесмазочных материалов и до 20-25 млн т угля. Слабая транспортная инфраструктура, повы-

шенные издержки и расходы стоимости топлива в таких районах увеличиваются многократно. Несомненно, в таких условиях одним из способов снижения затрат на доставку топлива в удаленные районы и повышения энергетической безопасности является использование местных энергоресурсов, прежде всего возобновляемых. В 2017 г. резко выросли цены на дизельное топливо, преимущественно на территориях Дальнего Востока и Сибири, где за месяц зафиксирован рост на 1,5-2,5 руб/л. Мировые цены за год выросли на 30,8%.

Здесь явно прослеживается еще один аспект в развитии ВИЭ – это экономическая доступность и эффективность. Для изолированных, труднодоступных, малонаселенных территорий этот показатель очень актуален. Сравнительный анализ показателя себестоимости электроэнергии для таких территорий от традиционной энергетики и возобновляемой, не в пользу последней. При этом если к традиционным установкам добавить экологическую составляющую затрат, то себестоимость электроэнергии станет соизмерима, а то и выше себестоимости от ВИЭ. Но пока данные изыскания не фиксируются. Опять же, как отмечалось выше, добыча нефти, газа, угля уходит все дальше в море, тайгу, на север. Это ведет к удорожанию традиционных ресурсов. При этом киловатт установленной мощности ВИЭ за последние 30 лет подешевел на порядок. И в отдельных случаях цена электроэнергии, произведенной с использованием ВИЭ, как показал анализ тенденций их развития в некоторых странах, уже дешевле. Самый бесспорный экономический эффект от участия ВИЭ в повышении ЭНБ может достигаться в автономных энергосистемах в районах децентрализованного энергоснабжения. А это 70% территории России, где 10-12 млн жителей страны не имеют доступа к электрическим сетям и обслуживаются автономными системами на дизельном топливе или бензине. Такие небольшие проекты начали реализовываться на северных территориях Дальнего Востока. Энергоснабжение децентрализованных территорий в России характеризуется недостаточно высоким уровнем надежности и значительными субсидиями из бюджета (до 60-65 млрд руб. в год) [2]. В отдельных регионах применяют одну из мер – модернизацию генерации на привозном топливе с

реализацией проектов на основе ВИЭ. Как отмечается в отчете Аналитического центра Правительства РФ, меры поддержки территорий носят региональный характер и не являются системными. В развитых странах проблемы энергоснабжения изолированных территорий сходны с российскими, но характеризуются системным подходом к решению. Можно утверждать, что достижение приемлемой экономической допустимости в составе ЭНБ с использованием ВИЭ сегодня более чем реально и имеет назревшую необходимость.

Далее уместно затронуть состояние основных производственных фондов энергетики. Это одно из самых слабых мест в обеспеченности ЭНБ, особенно остро проявляющееся в децентрализованных автономных системах РФ, подвергающихся угрозам, сложившимся в силу специфики существования территории. Россия не имеет острой потребности искусственно наращивать долю ВИЭ. Они не могут рассматриваться в качестве прямого конкурента для традиционных энергоресурсов. Даже в наиболее развитых, с точки зрения развития ВИЭ, странах базовая выработка электроэнергии основывается на топливной генерации. Но цели полного перехода на ВИЭ нет, так как пока нет совершенных технологий накопления энергии и т.д. Возобновляемая энергетика удачно дополняет традиционную, позволяя достаточно гибко реагировать на изменения спроса. Энергетике на ВИЭ требуется резервация традиционных мощностей, что подчеркивает идею дополнения друг друга разными по природе источниками энергии, обеспечивая надежность поставки энергии, ее экономичность и экологическую безопасность. В децентрализованных энергозонах макрогенерация на ВИЭ может привести к увеличению надежности энергоснабжения. Мировой опыт свидетельствует о том, что развитие микрогенерации на ВИЭ зависит от уровня цен на электроэнергию и системы регулирования отрасли. Широкого распространения микрогенерации на основе ВИЭ в России нет, оно не оправдано, если нет стимулов для перехода на автономное электроснабжение. Но оно значимо уже для факта их существования в децентрализованных энергозонах:

– потребитель не подключен к электросети;

– подключение потребителя дороже установки объекта микрогенерации на ВИЭ и его эксплуатации;

– потребитель подключен к электросети, но нуждается в увеличении надежности энергоснабжения.

Приведенные условия широко распространены в России в основном на территориях Севера и арктических зон. Все эти доводы присущи рассматриваемым территориям и имеют явно выраженное проявление.

Это повышает функциональное свойство автономной энергетики и уверенность в обеспечении защищенности энергетических интересов. В совокупности два этих фактора рассматриваются [3, с. 5-20] как энергетическая безопасность территорий различных уровней. Диверсификация структуры автономных систем электроснабжения альтернативной энергетикой позволит достичь эффективной и надежной работы при их комбинированной структуре. Замена морально и физически устаревшего оборудования дает возможность возобновляемой энергетике, если присутствуют природные условия по потенциалу, подойти к получению отдельных эффектов, перечисленных выше, для ЭНБ. Устаревшее оборудование изолированной энергетики, которая является самой перспективной областью применения ВИЭ, а это установки малоэффективных ДЭС, имеет высокую вероятность выхода из строя в чрезвычайно опасный момент, неэффективное использование топливно-энергетических ресурсов, высокий удельный расход топлива (до 891 г у.т./кВтч, п. В. Амга, Якутия), большие объемы выбросов. Здесь технические риски по причине деградации оборудования имеют достаточно низкую вероятность, так как технический прогресс в отрасли возобновляемой энергетики идет с заметным опережением. Эффективность оборудования увеличилась в несколько раз при постоянном снижении его стоимости. Специфической особенностью, которую необходимо учесть для исследуемых территорий Севера, является исполнение оборудования под условия сурового климата и экстремальных проявлений погодных условий с целью исключения интенсивного воздействия такой угрозы ЭНБ, как природно-климатическая.

Грамотный переход к ВИЭ имеет и позитивные социально-экономические эффекты в моде-

лировании позиций ЭНБ рассматриваемых территорий. В сфере ВИЭ, по данным ежегодного обзора IRENA «Возобновляемая энергетика и рабочие места» за 2015 г., в 2014 г. были непосредственно или косвенно заняты 7,7 млн человек (не считая крупной энергетики), что на 18% больше, чем в предыдущем. По прогнозам EWG, благодаря возобновляемой энергетике, к 2050 г. появиться 30 млн рабочих мест, что на 17 млн больше, чем имеется сейчас. Рабочие места – ключевой фактор развития экономики и общества. Они обеспечивают благосостояние людей, являются решением социальных задач – сокращения бедности, повышения квалификации, стабильности в конфликтных сообществах. И здесь неоспорим тот факт, что это приоритетный компонент. По сценарию, разработанному учеными Стэнфордского университета для 139 стран [4], переход на ВИЭ компенсирует потерю рабочих мест в связи с глобальной трансформацией энергетического сектора. В России, по предложенному сценарию, – создание 778 тыс. долгосрочных рабочих мест в разных секторах (от строительства до обслуживания). По данным Федеральной службы государственной статистики, в России в 2014 г. из 85,7 млн человек трудоспособного населения численность занятой рабочей силы составляла 71,5 млн человек.

Ситуация сложившаяся в социальном аспекте на изолированных территориях Севера по хозяйственной деятельности населения вполне оправдывает возможность присутствия возобновляемой энергетикой. Реализация модели развития микрогенерации на ВИЭ создаст условия для малого бизнеса, занятости в обслуживании объектов микрогенерации на ВИЭ. Сопровождение данных проектов созданием производственных, логистических и сервисных центров, дополнительных рабочих мест даст ориентир на подготовку и привлечение местных кадров, что, в первую очередь, снизит социальный риск и повысит социально-экономический, инновационный и трудовой потенциал для повышения ЭНБ. К тому же, потребители северных территорий изолированных зон характеризуются низкой платежеспособностью, что усугубляет ситуацию с распределением бюджетных средств на перекрестное субсидирование.

Тренд роста мощностей распределенной генерации с участием ВИЭ логично решает проблему энергосбережения и энергоэффективности, которые являются благоприятными составляющими для обеспечения одной из позиций ЭНБ. Так как большая часть энергии потребляется в месте ее производства, исключаются потери электроэнергии при транспорте.

Инфраструктурные риски, как следствие нестабильного мирового состояния, могут повлечь за собой вероятность возникновения сложностей и сбоев в поставках энергоносителей, районы добычи которых удалены от потребителей. Этот вопрос один из насущных для децентрализованной энергетики Севера, и для своего решения непрерывно требует большие затраты на логистические операции и хранение энергоносителей. Здесь, бесспорно, ВИЭ лишены риска данной природы возникновения [5-6]. Уместно отметить, что высокая топливная составляющая в себестоимости электроэнергии для изолированных районов, высокие неэффективные расходы дорогостоящего топлива, присутствие перекрестного субсидирования позволяют обозначить приоритет ВИЭ в решении данных проблем ЭНБ. Внедрение ВИЭ в энергодоланс изолированных районов позволит сделать их в какой-то степени энергетически независимыми от поставок топлива и самодостаточными.

Привлекательность развития ВИЭ в исследуемых энергозонах территорий Севера и арктических энергозон – общая характеристика совокупности признаков, факторов и средств, которые выделяют их ресурсы на фоне традиционных энергоресурсов и иных решений в диверсификации ТЭК и делают их интересными для повышения надежности автономных систем энергоснабжения в укреплении позиций ЭНБ.

Определение действенного значения коэффициента привлекательности является весомым основанием по анализу факторов для перехода к укреплению позиций ЭНБ в ресурсной обеспеченности, надежности топливо- и электроснабжения, экологической допустимости и социально-экономическом эффекте.

Коэффициент привлекательности территории для вовлечения ВИЭ в изолированные системы электроснабжения может быть рассмотрен в

виде расчетно-аналитических зависимостей с использованием различных факторов: потенциальный ресурс ВИЭ, степень децентрализации, масштабы государственной поддержки, возможность подключения к централизованному электроснабжению, стоимость производимой электроэнергии, социальный статус населения и его платежеспособность.

Инструментарий анализа в измерении показателя – определение поведения функциональной зависимости коэффициента привлекательности территории от составляющих факторов:

$$k_{\text{привлек ВИЭ}} = \sum_{i=1}^n \gamma_i F_i, \quad (1)$$

– фактор присутствия привлекательности для социально-экономического эффекта,

$$k_{\text{от_привлек ВИЭ}} = \sum_{j=1}^n \gamma_j F_j, \quad (2)$$

– фактор отсутствия привлекательности,

где  $\gamma_{ij}$  – весовой коэффициент, отражающий относительную значимость  $i/j$ -го показателя в оценке подтверждения/отрицания коэффициента привлекательности развития ВИЭ территории, определяющийся методом анализа иерархий на основе субъективных суждений экспертов, при этом  $\sum \gamma(i/j) = 100\%$ ;

$F_i$  – показатели факторов, усиливающие привлекательность развития ВИЭ на территории, где  $i$  -й индекс отражает ряд характерных показателей:

$F_{\text{завоз_топ}}$  – показатель завоза топлива: многозвенный завоз с доступностью к топливным терминалам – принимаем за значение «0», многозвенный сезонно ограниченный завоз с высокой изолированностью – принимаем за значение «1»;

$F_{\text{деград ОПФ}} = \alpha_{\text{изн АСЭС}}$  – доля износа (деградационного состояния) ОПФ АСЭС;

$F_{\text{топ_ээ}}$  – доля топливной составляющей в стоимости электроэнергии;

$F_{\text{госп}}$  – наличие административной и государственной поддержки;

$F_j$  – показатели факторов, отражающие не-привлекательность развития ВИЭ на территории, где  $j$  -й индекс отражает ряд характерных показателей:

$F_{\text{соц}_d\text{-тариф}} = \frac{\alpha'_{\text{оээ}_c/x} \cdot \tau_{\text{ээ}}}{D_{\text{нас}}}$  – платежеспособность населения: значение показателя основывается на рассмотрении социального статуса потребителя и его доступности к тарифу – оценка доли дохода на территории децентрализованной зоны относительно возможности оплаты электроэнергии по экономически обоснованному тарифу на производство электроэнергии (здесь найдет место и сравнительная оценка с нормативами по доле обеспечения коммунально-бытовых условий в прожиточном минимуме по энергозоне), косвенно отражает уровень жизни населения;

$F_{\text{себ}_\text{ээ}}$  – себестоимость производимого 1 кВт·ч электроэнергии (экономически обоснованный тариф на производстве электроэнергии) – доля от регионального значения;

$F_{\text{цэс}}$  – возможность подключения к централизованному электроснабжению: значение показателя при возможности подключения «1», при нецелесообразности «0».

$F_{\text{топ ресурс}} = \alpha_{\text{топсоб}}$  – доля собственных источников в балансе топливных ресурсов с обозначением назначения.

### Заключение

Таким образом, территории, на которые делается акцент в данном исследовании, а это изолированные территории Севера и арктических зон, обладают существенной и насущной потребностью в применении ВИЭ для укрепления

энергетической безопасности и просто улучшения качества жизни людей. А для большей части населения таких территорий это сохранение самобытной культуры и сложившегося уклада жизни. Как отмечается в аналитическом отчете Аналитического центра Правительства РФ, меры поддержки территорий носят региональный характер и не являются системными. В развитых странах проблемы энергоснабжения изолированных территорий сходны с российскими, но характеризуются системным подходом к их решению. В зарубежных странах основным направлением государственной политики в этой сфере является активное стимулирование использования ВИЭ за счет их поддержки и снижения субсидирования цен на энергоресурсы. И в России наиболее перспективно, экологически оправдано и экономически целесообразно развивать ВИЭ именно в этих районах, где не действуют правила оптового рынка электрической энергии и где энергия ветра может конкурировать с достаточно дорогими традиционными объектами электро- и теплоснабжения. Это никем не оспаривается и признается всеми как понятная логика развития. Специфика децентрализованных территорий Севера становится плюсом для реализации проектов с ВИЭ в таких условиях. Рассмотренные социально-экономические и эколого-технологические аспекты развития ВИЭ отражают их явную возможность для рассмотрения в укреплении ЭНБ.

Как показал анализ, можно считать ВИЭ способными к разрешению проблем энергетической безопасности и снижению экологической нагрузки. Развитие ВИЭ в России на исследуемых территориях могут стимулировать экологические и экономические факторы, которые явно выделяются и к которым сводятся и другие факторы и сочетания аспектов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Энергетическая безопасность России / В.В. Бушуев, Н.И. Воронай, А.М. Масепенанов, Ю.К. Шафраник и др. – Новосибирск: Наука. Сибир. издат. фирма РАН, 1998. – 302 с.*
2. *Энергоснабжение изолированных территорий в России и мире. Аналитический бюллетень. Вып. 51. 2017. URL: <http://ac.gov.ru/publications/bulletin>.*
3. *Отраслевые и региональные проблемы формирования энергетической безопасности / под ред. А.А. Куклина, А.Л. Мызина. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2008. – 384 с.*

4. *The solutions Project*. URL: <http://thesolutionsproject.org>.

5. Виссарионов В.И., Золотов Л.И. *Экологические аспекты возобновляемых источников энергии*. – М.: Изд-во МЭИ, 1996. – 155 с.

6. Интернет-портал Альтернативная энергетика. *Альтернативы альтернативе нет*. URL: <http://aenergy.ru/2941>.

### REFERENCES

1. *Energeticheskaya bezopasnost' Rossii* / V.V. Bushuev, N.I. Voropaj, A.M. Mastepanov, Yu.K. Shafranik i dr. – Novosibirsk: Nauka. Sibir. izdat. firma RAN, 1998. – 302 s.

2. *Energosnabzhenie izolirovannyh territorij v Rossii i mire. Analiticheskij byulleten'*. Вып. 51. 2017. URL: <http://ac.gov.ru/publications/bulletin>.

3. *Otraslevye i regional'nye problemy formirovaniya energeticheskoy bezopasnosti / pod red. A.A. Kuklina, A.L. Myzina*. – Ekaterinburg: Institut ekonomiki UrO RAN, 2008. – 384 s.

4. *The solutions Project*. URL: <http://thesolutionsproject.org>.

5. *Vissarionov V.I., Zolotov L.I. Ekologicheskie aspekty vozobnovlyaemyh istochnikov energii*. – М.: Изд-во МЭИ, 1996. – 155 с.

6. *Internet-portal Al'ternativnaya energetika. Al'ternativy al'ternative net*. URL: <http://aenergy.ru/2941>.

Поступила в редакцию  
03.06.2018 г.

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. На первой странице статьи необходимо указать: индекс УДК (над заголовком статьи слева), имя, отчество, фамилию автора, название статьи. В статье должна быть аннотация — не более 400–600 печатных знаков с пробелами и перечень ключевых слов (5–6).

2. Статьи должны быть структурированы. Рекомендуется стандартная рубрикация разделов: введение, постановка проблемы (задачи исследования); основная часть — обсуждение проблемы; заключение (выводы).

Текст предоставляется в распечатанном виде и на электронном носителе. Текст должен быть распечатан шрифтом Times New Roman, 12 кегля, через 1,5 интервала, с полями по 2 см сверху, снизу, слева и справа. Страницы должны быть пронумерованы снизу справа. Объем статьи — 10–15 стандартных страниц (не более 30 тыс. знаков с пробелами) и 2–3 рисунка (сюда же входят таблицы и список литературы).

3. Таблицы предоставляются в тексте статьи, через 1,5 интервала, кегль 11.

4. Нумерация формул (сплошная по всей статье) указывается в скобках (в порядке возрастания) цифрами (1, 2 и т.д.) с правой стороны (в правый край набора).

5. Иллюстрации предоставляются в тексте статьи в электронном виде. На рисунках нужно избегать лишних деталей и надписей (надписи необходимо заменять цифрами или буквами, разъяснение которых дается в подрисуночных подписях или в тексте). Линии на рисунках должны быть четкими (5–6 рix), ширина рисунков не должна превышать 140 мм, высота — 200 мм. Шрифт буквенных и цифровых обозначений на рисунке — Times New Roman (9–10 кегль). Рисунки должны быть черно-белыми, с разными типами штриховки (с размером шага, позволяющим дальнейшее уменьшение).

6. Подрисуночные подписи предоставляются в тексте статьи, через 1,5 интервала, кегль 12.

7. Минимально необходимый список литературы приводится в конце статьи, имеет сплошную нумерацию арабскими цифрами. По тексту статьи даются ссылки на номер в квадратных скобках: [1]. Библиографическое описание дается в следующем порядке: фамилия, инициалы автора (авторов), полное название монографии, место издания, издательство, год издания; для периодических изданий — фамилии, инициалы авторов, название статьи, название журнала, год выпуска, том, номер, страницы. Библиографические записи на русском языке должны быть также указаны в латинской транслитерации.

8. После списка литературы необходимо указать сведения об авторе (авторах): должность, ученую степень, звание, e-mail (если нет — контактный телефон).

9. Рукописи авторам не возвращаются.

10. Плата за публикации не взимается.

**Благодарим за соблюдение наших правил и рекомендаций!**

