

RUSSIAN ARCTIC

russian-arctic.info

#1(16)/2022



**PROSPECTS OF AN INDIA-RUSSIA
COOPERATION IN THE ARCTIC**

THE NORTHERN SEA ROUTE

**ESTIMATING THE TIMING OF THE COMPLETE
CLEARANCE FROM ICE OF THE RUSSIAN
ARCTIC SEAS IN SUMMER PERIOD**

RUSSIAN ARCTIC № 1 (16) 2022 SCIENTIFIC PEER-REVIEWED JOURNAL

CHIEF EDITOR

KIRA ZMIEVA

EDITORIAL BOARD

Hajime YAMAGUCHI, professor (Tokyo, Japan)
Hajime YAMAGUCHI, professor (Tokyo, Japan)
YOUNKYO KIM, professor (Seoul, Korea))
Takuji Waseda (Tokyo, Japan)
Kokin Sergey, PhD (Harbin, China)
Mr. Rhee Han Woo, candidate of Doctor of IR (Seoul, Korea)
Thomas Krumpfen, PhD in geoscience (Bremen, Germany)
Belonenko Tatiana, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Belozersky Gennady Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Bityukova Victoria Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Bryantsev Alexander, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Chashchin Valery, Doctor of Sciences, Prof (St. Petersburg, Russia)
Chubarova Natalia, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Degteva Galina, Doctor of Sciences (Arkhangelsk, Russia)
Dmitriev Vasily, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Eseev Marat, Doctor of Sciences (Arkhangelsk, Russia)
Filippov Boris, Doctor of Sciences (Arkhangelsk, Russia)
Fridman Krill Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Gavrilov Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Gecha Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Gorbanev Sergey, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Hrennikov Aleksander., Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Ivanov Vladimir, Doctor of sciences (Moscow, Russia)
Kapitanov Aleksey, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Korobov Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia),
Kovchin Igor, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Kydrushova Elena, Doctor of Sciences, Prof (Arkhangelsk, Russia)
Lebedev Sergey, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Levykin Sergey, Doctor of Sciences, Prof (Yekaterinburg, Russia)
Malinin Valery, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Mingazova Elmira, Doctor Sciences, professor (Kazan, Russian)
Mironov Evgeny, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Mitina Elena, Doctor of Sciences (Murmansk, Russia)
Nikuschenko Dmitry, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Opekunova Marina, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Prohorchuk Egor, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Repina Irina, Doctor of Sciences, Professor (Moscow, Russia)
Romanov Andrey, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Rusin Igor, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Semenov Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Serebryannikov S., Doctor of Technical Sciences (Moscow, Russia)
Schwarzburg Leonid, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Stepanova Vera, Doctor of Sciences (Arkhangelsk, Russia)
Talykova Lyudmila, Doctor of Sciences (Kirovsk, Russia)
Tishkov Arkady, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Tokarevich Nikolay, Doctor of Sciences (St. Petersburg)
Turichin Gleb, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Varivodov Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Zvorykina Julia, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Bayeva Julia, PhD (Moscow, Russia)
Chebrov Danila, PhD (Petropavlovsk Kamchatsky, Russia)
Ivanov Boris, PhD (St. Petersburg, Russia)
Karyakin Yuri, PhD (Moscow, Russia)
Khvostova Marina, PhD (Moscow, Russia)
Klimanov Igor, PhD (Moscow, Russia)
Medvedkov Aleksey, PhD (Moscow, Russia)
Nikanov Alexander, PhD (St. Petersburg, Russia)
Pisarev Sergey, PhD (St. Petersburg, Russia)
Saltykova Olga, PhD (Cheboksary, Russia)
Segizova Naylya, Doctor of Sciences
Sharonov Andrey, PhD (St. Petersburg, Russia)
Smolyanitsky Vasily, PhD (St. Petersburg, Russia)
Stepanov Rodion, PhD (Moscow, Russia)
Tretyakov Viktor, PhD (St. Petersburg, Russia)
Tsykalov Anatoly, PhD (Krasnoyarsk, Russia)
Yulin Alexander, PhD (St. Petersburg, Russia))



EDITORIAL STAFF

Science editor

Tatiana Alekseeva(AARI)

CEO

Elena Makova

Executive secretary

Marina Belikova

PR

Olga Chahovskaya

MANUSCRIPT SUBMISSION

info@arctic-centre.com

ADDRESS

101000, Moscow, Armenian lane,
9/1/1 bld., room 203

MASS MEDIA registration

ЭЛ №ФС77-72859 от 22 мая 2018 года

FOUNDER AND PUBLISHER

LLC Center for Information and
Legal Support for the Development of the
Arctic
<http://arctic-centre.com>

CEO

Yu.V. Belikova

THE EDITORIAL THANKS

reviewers and editorial board members
for help in preparing this issue

The journal is licensed
under Creative Commons
Attribution 4.0 International.
www.creativecommons.org
Issue date: 29.12.2021



CONTENTS

04

Editor's letter

05

APPEAL of the northern regions' governors to the scientific community

HYDROMETEOROLOGY

8

ESTIMATING THE TIMING OF THE COMPLETE CLEARANCE FROM ICE OF THE RUSSIAN ARCTIC SEAS IN SUMMER PERIOD

V. N. Malinin, P. A. Vainovsky

ELECTRICAL ENGINEERING

24

MATHEMATICAL MODEL FOR DETERMINATION OF EMF AND CURRENT INDUCED IN THE LOOP OF LIGHTNING PROTECTION CABLE BY MAGNETIC FIELDS OF 220 KV PHASE CURRENTS

E.A. Krotkov, N.V. Besmenova, A.A. Shchobak

ECONOMICAL GEOGRAPHY

35

PROSPECTS OF THE RUSSIA-CANADA COOPERATION IN THE ARCTIC

Y.M. Toporikova

45

PROSPECTS OF AN INDIA-RUSSIA COOPERATION FOR NORTHERN AGRICULTURE

Suhag Vikram

ARCTIC MEDICINE

51

ENTERPRISE RESILIENCE CHALLENGES DURING THE COVID-19 PANDEMIC IN THE ARCTIC

M.V. Chashchin, M.M. Shakirov, O.K. Ledgnev, E.G. Bolshakova, D.M. Chashchina

COVER

57

"50 LET POBEDY" ICEBREAKER

EQUIPMENT FOR THE ARCTIC AND ANTARCTIC

59

Flying over Antarctica: how drones participated in the study of glaciers

63

Where tugs are born

У

ВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!



Президент России Владимир Путин объявил 2022 – 2031 годы десятилетием науки и технологий. Оно пройдет с целью привлечения в науку молодежи, вовлечения исследователей и разработчиков в решение важных для страны задач, повышения доступности информации о достижениях российской науки. Такое решение в указе объясняется желанием усилить роль науки и технологий «в решении важнейших задач развития общества и страны», а также учитывая результаты 2021-го, объявленного в России годом науки.

Редакция научного журнала «Российская Арктика» целиком и полностью поддерживает данное решение, особенно в части поддержки талантливых аспирантов и докторантов и создания прозрачной и объективной системы оценки эффективности отечественных ученых. Стипендии аспирантов и докторантов должны быть выведены на достойный уровень, обеспечив их полное погружение в исследовательский процесс.

Технологическая изоляция, в которой оказалась наша страна в результате наложенных со стороны Запада санкций, поставила российских ученых и промышленников перед необходимостью срочно создавать необходимое оборудование, возрождать семенные и племенные хозяйства, электронику и медицинскую технику.

Научное сообщество сейчас находится под беспрецедентным давлением как со стороны Запада, так и со стороны руководства нашей страны. Практически, за два-три года российские ученые должны создать и внедрить такой объем самого необходимого стране, какой она должна была внедрять последние несколько десятилетий.

Научные исследования в Арктической зоне РФ - тема невероятно важная и очень чувствительная к тому, что происходит во внешней среде хотя бы потому, что предприятия в АЗРФ производят около 15% ВВП и обеспечивают четвертую часть российского экспорта. Санкции начали вводить еще в 2014 году. И они критического влияния в отношении Арктики не оказали, хотя сделали реализацию планов здесь чуть менее удобной. Зато произошла активизация национального рынка поставщиков и пошел процесс настоящего импортозамещения. В любой, даже самой сложной ситуации всегда есть свои плюсы и минусы, и в условиях санкционного давления будем надеяться отечественная наука все-таки гораздо больше приобретет, нежели потеряет.

Искренне надеемся, что решение Президента о проведении десятилетия науки и технологий и реализация соответствующего комплекса мероприятий приведет к реальным результатам и не погрязнет в бюрократическом проволочках, подсчетах различных индексов и экономических показателей.

А перед Вами 16 выпуск научного журнала «Российская Арктика», собравший в себя научные результаты по передовым исследованиям в области гидрометеорологии, электротехники, экономической географии и медицины.

Приятного прочтения!

Кира Змиева,
Главный редактор

ОБРАЩЕНИЕ

губернатора Ямало-Ненецкого автономного округа
Артюхова Дмитрия Андреевича
к научному сообществу



УВАЖАЕМЫЕ ДРУЗЬЯ!

Сейчас российское научное сообщество, к сожалению, находится под беспрецедентным политическим давлением со стороны западных стран. Мы видим, как приостанавливаются исследования, разрываются отношения между институтами. Это абсолютно неверно и неконструктивно. В эти непростые дни мы все должны сплотиться и быстро переориентироваться, чтобы продолжить работу в полном объёме.

Арктика – огромное поле для исследований. Её уникальная флора и фауна, реализуемые здесь проекты требуют особого научного подхода. Мы всегда будем поддерживать работы, которые позволяют нам лучше узнать и сохранить хрупкую экосистему Севера.

Одним из приоритетов для Ямала являются исследования вечной мерзлоты. На ней построены города и крупнейшие промышленные объекты. И наша задача – изучить изменения мерзлых грунтов и найти решения по их сохранению. Для этого в округе открыли первую в России лабораторию криологии Земли и геотехнической безопасности. В этом году мы учреждаем гранты для ученых на исследование мерзлоты на территории округа. Заявки ждем от научных коллективов со всей страны.

Убеждён, что вместе мы справимся со всеми вызовами и сделаем ещё много открытий, которые позволят нам сохранить и развивать наш общий дом – Арктику

С уважением,

губернатор Ямало-Ненецкого
автономного округа
Дмитрий Артюхов

ОБРАЩЕНИЕ

губернатора Хабаровского края
Дегтярёва Михаила Владимировича
к научному сообществу



ПРИВЕТСТВУЮ всех читателей, авторский и редакторский состав журнала «Российская Арктика».

Несмотря на то, что Хабаровский край не относится к сухопутной территории Арктической зоны, экология и освоение этого региона важны для нас так же, как и для всей страны и мира.

Знаю, что сегодня наши учёные в Арктике сталкиваются с препятствиями в своей научной деятельности, в том числе, невозможностью публиковаться в зарубежных журналах с той же периодичностью, как и раньше.

Президент России Владимир Владимирович Путин подчёркивает значимость этого региона и сотрудничества в нём: «С учётом разного рода внешних ограничений и санкционного давления, всем проектам и планам, связанным с Арктикой, нам необходимо уделять особое внимание. Россия открыта для совместной работы со всеми заинтересованными партнёрами в рамках и текущих, и будущих программ и проектов в Арктике. Всем, кто так же, как и Россия, заинтересован в устойчивом развитии этого уникального региона, мы будем предлагать совместную работу. Рассматриваем Арктику не как поле геополитических интриг, а как территорию диалога, стабильности и конструктивного сотрудничества».

Уверен, несмотря на трудности дня сегодняшнего, проблемы останутся в прошлом, и вы, а также новые поколения наших российских специалистов продолжают вносить свой вклад в изучение этой суровой, но прекрасной и интересной территории. Ведь без вклада России, её интеллектуального потенциала освоение Арктики попросту невозможно.

Заместитель Председателя Правительства – полномочный представитель Президента в Дальневосточном федеральном округе Юрий Петрович Трутнев озвучил, что к 2030 году в Арктике будут в стадии реализации как минимум 1300 проектов с господдержкой, объём частных инвестиций составит не менее 730 млрд руб., а объём планируемых инвестиций по соглашениям – почти 5 трлн. Будет создано не менее 110 тыс. рабочих мест, а средняя зарплата достигнет 159 тысяч рублей.

Безусловно, главнейшую роль в освоении Арктики и реализации задач, поставленных руководством страны, играет образование. И мы в Хабаровском крае подходим к этому вопросу со всей серьёзностью. Один из приоритетов на уровне Правительства региона – это подготовка специалистов в области природных ресурсов, рационального природопользования, экологической безопасности, изучения климата. Вне всякого сомнения, сегодняшние студенты со временем займут достойное место среди исследователей этого региона.

Желаю вам успехов в вашем нелёгком, но таком важном труде на благо Родины и всего мира!
Веры, надежды и любви!

Михаил Дегтярёв

ОБРАЩЕНИЕ

губернатора Томской области
Жвачкина Сергея Анатольевича
к научному сообществу



К исследованиям Арктики томские учёные приступили не сегодня и не вчера. Российские императоры в XIX веке основывали в Томске первые за Уралом университеты и институты как центры изучения бескрайних просторов Сибири, Севера и Дальнего Востока, полярных территорий нашей державы. Например, один из первых исследователей Таймыра Николай Урванцев, чье имя носит аэропорт Норильска, – выпускник Томского технологического института императора Николая II.

На трудах таких ученых, как на прочном фундаменте, развивается в Томске наука по арктическим тематикам сегодня. Например, национальный исследовательский Томский государственный университет по программе стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» реализует проект «Глобальные изменения Земли: климат, экология, качество жизни». В фокусе исследований – оценка и прогноз полного углеродного цикла в арктической зоне России и Северной Азии. Результаты этой большой работы позволят прогнозировать состояние арктической системы, создавать комплекс мер для защиты природы, инфраструктуры, экономики от последствий изменения климата.

Мы формируем в Томской области климатический кластер северных территорий РФ. Основная его цель – создание центра компетенций мирового уровня на территории Сибири и Арктики. У нового кластера много задач, главные из которых – аудит и международная сертификация климатических проектов и технологий; разработка и реализация комплексного научно-технического проекта в области экологического развития России и климатических изменений до 2030 года; ответы на глобальные природные вызовы коренным малочисленным народам Севера, Сибири и Дальнего Востока.

Будем рады поделиться результатами научной работы и приглашаем к участию в совместных проектах!

Губернатор Томской области
Сергей Жвачкин

УДК [551.467.3.03+551.588.7](98)
DOI: 10.24412/2658-4255-2022-1-08-23

Для цитирования:

В.Н. Малинин, П.А. Вайновский
К оценке сроков полного
очистения морей Российской
Арктики от льда в летний
период // Российская Арктика.
2022. № 16. С. 08–23

Получена: 03.11.2021

Принята: 19.01.2022

Опубликована: 26.01.2022



Статья распространяется
в полнотекстовом формате на
условиях лицензии Creative
Commons Attribution 4.0

К ОЦЕНКЕ СРОКОВ ПОЛНОГО ОЧИЩЕНИЯ МОРЕЙ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ ОТ ЛЬДА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

В.Н. Малинин¹, П.А. Вайновский²

¹ Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург; malinin@rshu.ru

² ООО «Прогноз», г. Санкт-Петербург; pv974@yandex.ru

Аннотация: В статье рассматривается статистический метод прогноза полного очищения от льда в сентябре морей Российской Арктики, информационной основой которого послужили данные по площади распространения морского льда (ПРМЛ) за период 1979–2021 гг., заимствованные из архивов ААНИИ и NSIDC. Физической основой метода является предположение о стационарности (неизменности) климатических изменений в системе «океан-морской лёд-атмосфера», т. е. сохранение их на весь период прогнозирования. Статистической основой служит расчёт линейных трендов и значимых циклических колебаний. Показано, что вклад линейных трендов в дисперсию годовых значений ПРМЛ значителен для всех морей, причём по мере продвижения с запада на восток он повышается и достигает максимума в Чукотском море. Самое раннее очищение от льда в сентябре по обоим архивам происходит в Чукотском море и связано с его малой площадью и непосредственным влиянием притока тёплых вод из Тихого океана через Берингов пролив. По данным NSIDC выход на безледный режим происходит заметно позже, чем по данным ААНИИ.

Ошибки (неопределенности) прогноза ПРМЛ зависят от степени устойчивости линейных трендов во времени. Поэтому выполнялся расчет 10 трендов за предыдущие годы и для каждого моря выбирались максимальный и минимальный тренды. Разность в годах выхода на безледный режим по этим трендам показывает область неопределенности прогностических оценок. По данным NSIDC даже минимальный разброс (Чукотское море, 11 лет) больше максимального по данным ААНИИ (Восточно-Сибирское море). Малый диапазон неопределенностей для ПРМЛ морей данных ААНИИ связан с особенностями частотной структуры их временных рядов после 2005 года. Однако даже неопределенности по данным NSIDC невелики и существенно меньше неопределенностей, возникающих при прогнозе ПРМЛ на основе климатических моделей.

Ключевые слова: площадь морского льда, моря Российской Арктики, тренды, прогноз

ESTIMATING THE TIMING OF THE COMPLETE CLEARANCE FROM ICE OF THE RUSSIAN ARCTIC SEAS IN SUMMER PERIOD

V. N. Malinin¹, P. A. Vainovsky²

¹ Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg

² LLC “Prognoz”, Saint Petersburg

Abstract: The article discusses a statistical method for forecasting the complete ice clearance in September of the seas of the Russian Arctic, the information basis of which was the data on the area of

sea ice extent (SIE) for the period 1979-2021, borrowed from the archives of the AARI and NSIDC. The physical basis of the method is the assumption of stationarity (invariability) of climatic changes in the "ocean-sea ice-atmosphere" system, that is, their preservation for the entire forecasting period. The statistical basis is the calculation of linear trends and significant cyclical fluctuations. It is shown that the contribution of linear trends to the variance of the annual SIE values is significant for all seas; moreover, as it moves from west to east, it increases and reaches a maximum in the Chukchi Sea. According to both archives, the earliest clearing of ice in September occurs in the Chukchi Sea and is associated with its small area and the direct influence of the influx of warm waters from the Pacific Ocean through the Bering Strait. According to NSIDC data, reaching the ice-free regime occurs much later than according to the AARI data.

Errors (uncertainties) in the SIE forecast depend on the degree of stability of linear trends over time. Therefore, 10 trends were calculated for previous years, and the maximum and minimum trends were selected for each sea. The difference in the years when the ice-free regime was reached according to these trends shows the area of uncertainty in the prognostic estimates. According to NSIDC data, even the minimum spread (Chukchi Sea, 11 years) is greater than the maximum according to the AARI data (East Siberian Sea). A small range of uncertainties for the SIE of the seas AARI data is associated with the peculiarities of the frequency structure of their time series after 2005. However, even the uncertainties according to the NSIDC data are small and significantly less than the uncertainties arising in the forecast of SIE based on climate models.

Keywords: sea ice extent, seas of the Russian Arctic, trends, forecast

Введение

Поскольку Арктика является богатейшей кладовой природных ресурсов, то для их освоения возникает острая необходимость в разработке долговременных (на длительную перспективу) прогнозов климатических характеристик. Для освоения Северного морского пути [1, 2, 3] особенно актуальны оценки сроков полного очищения акватории морей от льда. Раньше всего это будет происходить в сентябре, когда площадь морского льда имеет наименьшие размеры. Впрочем, в последние годы из-за высоких темпов потепления ряд морей и их отдельных районов может очищаться уже в августе, что повышает длительность навигации. Кроме того, сроки выхода на безледный режим принципиально важны с точки зрения изучения изменений климата, поскольку это будет повышать рост температуры воздуха в Арктике, прежде всего, за счет изменения альbedo подстилающей поверхности, повышения теплонакопления поверхностных слоев моря, а также ряда других положительных обратных связей в системе «океан-морской лед-атмосфера» [4]. В результате полярное усиление будет еще более усиливаться.

Наиболее распространенным способом построения прогнозных оценок площади морского льда (ПМЛ) на удаленную перспективу являются модели общей циркуляции атмосферы и океана, которые позволяют рассчитывать параметры климата на очень длительный период времени. Обычно для этого используются климатические сценарии, на осно-

ве которых рассчитываются оценки изменений глобального климата до 2100 года. Наиболее широкое распространение они получили в рамках проектов CMIP3 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 3), CMIP5 и CMIP6, результаты которых использовались соответственно в Четвёртом [5], Пятом [6] и Шестом [7] оценочных докладах Межправительственной группы экспертов по изучению климата (МГЭИК). При этом прогностические оценки, рассчитанные по отдельным моделям, характеризуются значительными расхождениями, а разброс прогностических оценок на год полного очищения Арктики в летний период от льда, составляет более 70 лет [8, 9].

В работе [10] приводятся оценки прогноза площади распространения морского льда (ПМЛ или sea ice extent) в сентябре по комплексу из 13 климатических (IPCC AR4) моделей в рамках проекта CMIP3 на 2100 год, которые свидетельствуют об огромном разбросе как диагностических, так и прогностических оценок ледовитости. В Пятом отчете МГЭИК [6] представлены результаты моделирования сентябрьской ледовитости в рамках CMIP5 с использованием более 40 моделей для четырех климатических сценариев, которые также показывают огромные расхождения в прогностических оценках площади морского льда на 2100 год. Если по наиболее жесткому сценарию RCP8.5 выход на безледный режим может произойти в 2100 г., то по самому мягкому сценарию RCP2.6, близкому к современному климату, после 2040 г. происходит стабилизация ПМЛ на уровне около 4 млн. кв. км.

Подробное сравнение результатов моделирования ПМЛ в рамках проектов CMIP3 и CMIP5 для сентября выполнено в работе [8]. Показано, что модели пятого поколения CMIP5 «агрессивного» сценария RCP8.5 гораздо лучше по сравнению с моделями третьего поколения CMIP3 воспроизводят средние значения и тренд ПМЛ в Арктике. К концу XXI в., согласно CMIP3, ПМЛ может составить 2 млн км², в то время как согласно CMIP5 Арктика выходит уже на безледный режим. Однако неопределенность средней оценки площади морских льдов, характеризуемой среднеквадратической ошибкой $\pm\sigma$, достигает для CMIP3 ± 4 млн км² и для CMIP5 ± 2 млн км². При этом 90 %-й доверительный интервал для среднего значения ПМЛ по ансамблю CMIP5 составляет ± 75 лет. Такой разброс сводит на нет результаты прогноза ПМЛ по климатическим моделям.

Результаты использования 44 моделей в рамках проекта CMIP6 обсуждаются в работах [11 – 13]. Показано, что модели CMIP6 по-прежнему дают большой разброс прогностических оценок ПМЛ, хотя и несколько меньший по сравнению с проектом CMIP5. При этом сроки выхода на безледный режим заметно уменьшаются. В большинстве моделей Северный Ледовитый океан (СЛО) становится практически свободным в сентябре от морского льда (ПМЛ <1 млн. км²) до 2050 г.

Итак, становится очевидным, что необходима разработка альтернативных способов долговременного прогноза ледовитости, в качестве которых могут быть использованы статистические методы. Например, если линейные тренды описывают значительную часть дисперсии исходных рядов, то в предположении стационарности (неизменности) климатических изменений в системе «океан-морской лед-атмосфера», т. е. сохранении их на весь период прогнозирования, нетрудно получить прогнозные оценки климатической характеристики практически на любой заданный год. Линейные тренды учитывают современное полярное (арктическое) усиление, которое представляет собой более высокую скорость измене-

ния приземной температуры воздуха в Арктическом регионе по сравнению с ее глобальной величиной [14]. Кроме того, поскольку во временных рядах могут присутствовать циклические колебания, которые дают определенный вклад в изменчивость ПРМЛ, то требуется дополнительно их рассчитывать и учитывать в прогнозировании. Отметим, что подобным образом в работах [15, 16] получены оценки выхода на безледный режим некоторых морей Арктики и всего СЛО. Трендовый подход к прогнозу полного очищения от льда СЛО использован также в работах [17, 18].

Цель данной работы состоит в оценке сроков полного очищения от льда в сентябре акватории морей Российской Арктики (Баренцева, Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского) на основе комбинированного статистического метода с использованием трендов и циклических составляющих площади распространения морского льда по данным двух архивов: NSIDC и ААНИИ.

Материалы и методы

Наиболее точные данные о характеристиках морского льда можно получать с помощью спутниковых измерений радиометром SSMIS (Special Sensor Microwave Imager/Sounder) в микроволновом диапазоне, который фиксирует данные о морской поверхности при наличии облачности и любой освещенности, в том числе в течение полярной ночи. Микроволновое зондирование позволяет получать спутниковые данные общей сплоченности морского льда в процентах по ячейкам сетки полярной стереографической проекции размерностью 25×25 км с дискретностью 1–2 суток. По значениям сплоченности определяется площадь морского льда (ПМЛ, sea ice area) и площадь распространения (протяженности) морского льда (ПРМЛ, sea ice extent), под которой понимают площадь, занятую льдом всех возрастов с концентрацией более 0,15.

К числу наиболее известных центров, распространяющих спутниковые продукты по сплоченности морского льда, относится американский центр по снегу и льду National Snow and Ice Data Center (NSIDC), данные которого даются в свободном доступе на сайте <http://nsidc.org/>. Подробная документация спутниковой обработки данных представлена в ряде работ, в том числе [19].

Для оценки сплоченности морского льда используется алгоритм NASA Team (NT), достоинства и недостатки которого достаточно хорошо известны [20, 21, 22]. Детальное сравнение NT алгоритма с данными оперативных ледовых карт, выполненное авторами работы [23], показало значительное расхождение (до 44 %) в оценках сплоченности морского льда в летнее время, в то время как зимние погрешности при оценке сплоченности сплошных льдов составили ~ 10%. Тем не менее такая точность считается приемлемой. С учетом общедоступности непрерывно пополняемых спутниковых данных это делает их важнейшим источником фактической информации о современных тенденциях в состоянии ледяного покрова [24–28]. По мнению В.А. Семенова [8], оценки изменчивости и статистических трендов параметров ледяного покрова являются самыми точными и достоверными по сравнению с другими климатическими характеристиками. В данной работе использованы среднемесячные данные sea ice extent, взятые с сайта <http://nsidc.org/> за период 1979–2021 гг. для морей Российской Арктики (Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское).

В России главным центром, распространяющим спутниковые продукты по сплоченности морского льда, является ААНИИ. В настоящее время данные по ледовитости доступны потребителям с сайта <http://wdc.aari.ru/datasets/ssmi/data/north/extent/>. К сожалению, документация спутниковой обработки данных нам неизвестна. Известно только, что «оценки общей сплоченности в оперативном режиме копируются в ААНИИ с сервера NSIDC, причем вся последующая обработка данных выполняется в рамках авторского программного обеспечения ААНИИ» [29].

Основой для прогнозирования ПМЛ служит аддитивная модель межгодовых изменений временного ряда в следующем виде:

$$X(t) = Tr(t) + C(t) + P(t) \quad (1)$$

где $Tr(t)$ – трендовая составляющая;

$C(t)$ – циклическая компонента, характеризующая регулярные (циклические) межгодовые колебания;

$P(t)$ – остаточная часть, характеризующая нерегулярные (случайные) межгодовые колебания.

Сумма трендовой и циклической компонент означает детерминированную часть разложения (1), которая поддается интерпретации и строго описывается статистическими методами. Если сумма компонент $Tr(t) + C(t)$ описывает значительную часть дисперсии исходного ряда, то можно выполнять аппроксимацию этих компонент для прогноза. Методы расчета и оценивания указанных компонент приводятся в работе [30]. Помимо классического коэффициента тренда Tr , величина которого зависит от площади морского льда, выполнялся расчет безразмерного индекса тренда [31], поскольку это очень удобно для сравнения характеристик разной размерности и даже одной размерности, но значительно различающихся по абсолютной величине. Индексы тренда $I_{тр}$ имеют четкую интерпретацию. Между $I_{тр}$ и годом выхода на безледный режим ($N_{бр}$) существует простая гиперболическая зависимость

$$N_{бр} = (3,70 - 3480,1 / I_{тр}) + 2000, \quad (2)$$

Из этой формулы следует, что с уменьшением $I_{тр}$ выход на $N_{бр}$ резко увеличивается, причем если $I_{тр} \rightarrow 0$, то $N_{бр} \rightarrow \infty$. Погрешность года выхода на безледный режим мала и составляет ± 4 года [16].

Результаты и обсуждение

В табл. 1 приводятся статистические характеристики ПМЛ морей Российской Арктики (РА) в сентябре по данным NSIDC и ААНИИ (в скобках). Прежде всего, отметим, что для восточных морей отмечаются значительные расхождения между NSIDC и ААНИИ в средних многолетних оценках ПМЛ (S). Для Чукотского моря расхождение более чем в 2 раза. Очень высокой является межгодовая изменчивость ПМЛ для всех морей, которая близка к их средним значениям, а в Баренцевом море оценка среднеквадратического отклонения (СКО) даже превышает среднюю оценку S . По оценкам СКО заметных расхождений между NSIDC и ААНИИ нет. Также сравнительно близкие оценки отмечаются в угловых коэффициентах тренда. Вклад линейных трендов в дисперсию (R^2) значений ПМЛ, исключая тренд для Баренцева моря, значителен для всех морей.

Максимальный вклад дает Чукотское море (0,67 по NSIDC и 0,58 по ААНИИ). Поскольку индекс тренда не зависит от площади, то его наибольшие оценки наблюдаются в Чукотском море, т.е. здесь уменьшение ПРМЛ идет с максимальной скоростью. При этом морю с самой большой ПРМЛ (Восточно-Сибирское, NSIDC), имеющему наибольший коэффициент тренда, соответствует минимальный индекс тренда.

Таблица 1

Статистические характеристики площади распространения морского льда морей Российской Арктики за период 1979–2021 гг. в сентябре по данным NSIDC и ААНИИ (в скобках)

Море	S , 10^6 км ² /год	СКО, 10^6 км ² /год	Tr , 10^5 км ² /год	R^2	$I_{тр}$
Баренцево	0,03 (0,05)	0,046 (0,058)	-0,001 (-0,002)	0,15 (0,23)	-180,3 (-189,8)
Карское	0,20 (0,15)	0,14 (0,138)	-0,007 (-0,007)	0,41 (0,44)	-154,2 (-210,5)
Лаптевых	0,34 (0,22)	0,20 (0,155)	-0,012 (-0,008)	0,51 (0,46)	-148,0 (-164,4)
Восточно-Сибирское	0,68 (0,36)	0,35 (0,268)	-0,022 (-0,017)	0,44 (0,58)	-137,8 (-198,6)
Чукотское	0,26 (0,11)	0,18 (0,112)	-0,013 (-0,007)	0,67 (0,58)	-211,4 (-272,9)

Аппроксимация трендов, представленных в табл. 1, до нулевых значений ПРМЛ не представляет сложности. Однако при этом следует учитывать неустойчивость трендов во времени. При изменении длины временного ряда тренд может появляться, исчезать, менять свою интенсивность и даже знак [30]. В связи с этим необходимым условием является проверка степени устойчивости линейного тренда во времени. В данной работе она осуществлялась следующим образом. Помимо основного тренда за 1979–2021 гг. рассчитывались последовательно тренды за предшествующий десятилетний период, т.е. начиная с 1979–2011 гг. и заканчивая 1979–2020 гг. В результате для каждого моря за сентябрь был получен набор из 10 трендов, из которого выбирались оценки максимального и минимального трендов. Понятно, устойчивость основного тренда тем выше, чем меньше от него отличаются эти тренды.

В табл. 2 приводятся оценки выхода на безледный режим морей Российской Арктики на основе аппроксимации линейных трендов по данным NSIDC и ААНИИ. Следует отметить исключительно высокую устойчивость трендов ПРМЛ ААНИИ. Максимальное расхождение в оценках выхода на безледный режим по минимальному и максимальному трендам составляет всего 4 года. Самое раннее очищение от льда в сентябре происходит в Чукотском море (2016 г.), самое позднее в море Лаптевых (2026 г.) Явное лидерство Чукотского моря связано с его малой площадью и непосредственным влиянием притока теплых вод из Тихого океана через Берингов пролив [32]. Согласно архиву NSIDC, полное очищение от льда, исключая Баренцево море, по основному тренду, характеризующему средние климатические условия, происходит заметно позже, чем по данным ААНИИ. В Восточно-Сибирском море запаздывание составляет 9 лет. Очевидно, причины этого связаны с корректировкой данных ПРМЛ в ААНИИ. Можно также отметить, что по данным архива NSIDC устойчивость трендов заметно меньше, при этом максимальный размах их наблюдается в Карском море (20 лет).

Таблица 2

Оценки выхода на начальный год безледного режима в сентябре морей Российской Арктики на основе аппроксимации линейного тренда по данным NSIDC и ААНИИ

Море	NSIDC			ААНИИ		
	Max. тренд	Основной тренд	Min. тренд	Max. тренд	Основной тренд	Min. тренд
Баренцево	2019	2024	2031	2022	2023	2026
Карское	2021	2028	2041	2019	2020	2020
Лаптевых	2024	2029	2040	2026	2026	2027
Восточно-Сибирское	2026	2031	2043	2020	2022	2024
Чукотское	2016	2020	2027	2012	2016	2016

Очевидно, высокая устойчивость трендов не является случайной. Так, в работе [4] предложено рассматривать период спутниковых наблюдений с 1979 г. за минимальной (сентябрьской) площадью морского льда в СЛО в виде 2 промежутков времени с существенно различной ледовитостью. Период 1979–2000 гг. характеризуется повышенной ПМЛ, период с 2007 г. по настоящее время – пониженной ледовитостью. Наконец, промежуток 2001–2006 гг. – переходный период. Такое разделение объяснено особенностями климатического режима и циркуляции СЛО в указанные периоды времени.

Анализ межгодовой изменчивости сентябрьской ПРМЛ в морях РА показал, что довольно четкое разделение на периоды повышенной и пониженной ледовитости можно провести в 2005 г. Поэтому были рассчитаны оценки средних значений и стандартных отклонений ПРМЛ морей за периоды 1979–2004 и 2005–2012 гг. по обоим архивам, которые представлены в табл. 3. Нетрудно видеть, что согласно архиву ААНИИ расхождение в оценках как средних значений, так и СКО, огромное. Так, для Чукотского моря ледовитость в 2005–2021 гг. уменьшилась на порядок, в Карском море – в 7,1 раз. Наименьшее уменьшение произошло в море Лаптевых (3,4 раза). Изменчивость временных рядов также сильно уменьшилась. Наибольшее уменьшение отмечается в Чукотском море (4,2 раза), наименьшее – в море Лаптевых (1,6 раза). Расхождения в оценках средних и СКО по данным NSIDC также имеют место, но они значительно меньше.

Таблица 3

Оценки первичных статистических характеристик площади распространения морского льда морей Российской Арктики в сентябре по данным NSIDC и ААНИИ (в скобках) для периодов повышенной и пониженной ледовитости в 106 км²

Море	1979–2004		2005–2021	
	Среднее	СКО	Среднее	СКО
Баренцево	0,049 (0,074)	0,051 (0,062)	0,012 (0,017)	0,024 (0,029)
Карское	0,276 (0,227)	0,127 (0,124)	0,081 (0,032)	0,038 (0,036)
Лаптевых	0,461 (0,306)	0,152 (0,131)	0,156 (0,089)	0,119 (0,080)
Восточно-Сибирское	0,902 (0,521)	0,228 (0,215)	0,347 (0,111)	0,187 (0,104)
Чукотское	0,374 (0,163)	0,132 (0,109)	0,082 (0,017)	0,091 (0,026)

Обратимся к рис. 1, на котором приводится межгодовой ход сентябрьской площади морского льда Чукотского моря по данным обоих архивов. Из рис. 1 видно, что уже в 2004 г. произошло практически полное очищение моря от льда по архиву ААНИИ. В дальнейшем, хотя в 2006 и 2021 г. оценки ПРМЛ несколько отличались от нуля, но они не выходили за пределы СКО рассматриваемого периода времени (см. табл. 1). По сути, полное очищение моря от льда уже свершившийся факт. Однако по данным архива NSIDC выход на безледный режим происходит только в отдельные годы (2007, 2012, 2020 гг.). В остальной промежуток времени (после 2005 г.) отмечается превышение ПРМЛ по сравнению с данными ААНИИ, причем в некоторые годы весьма значительное (2006, 2013, 2021 гг.). Поэтому выход на безледный режим по основному тренду NSIDC должен произойти в 2022 г, а по минимальному – в 2029 г.

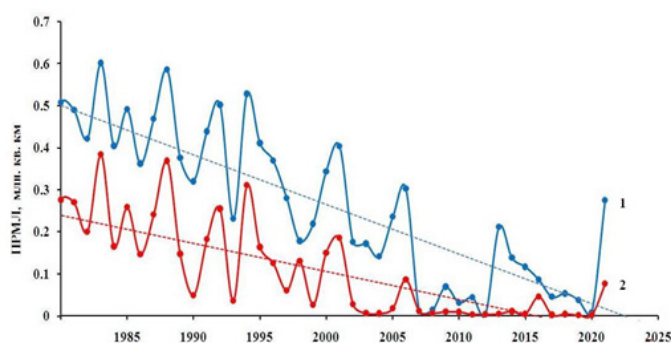


Рисунок 1 – Межгодовой ход площади распространения морского льда в Чукотском море в сентябре по данным NSIDC (1) и ААНИИ (2)

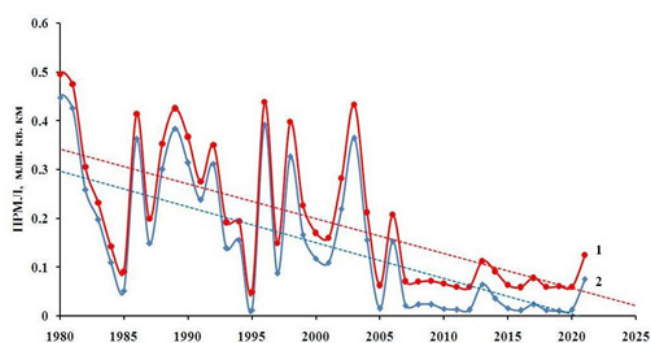


Рисунок 2 – Межгодовой ход площади распространения морского льда в Карском море в сентябре по данным NSIDC (1) и ААНИИ (2)

Наиболее точное соответствие в межгодовой изменчивости ПРМЛ рассматриваемых архивов отмечается для Карского моря (рис. 2). Нетрудно видеть полное совпадение экстремумов. Если оценки ряда ПРМЛ (ААНИИ увеличить на $0,05 \times 10^6$ км²/год, то они почти в точности совпадут со значениями ПРМЛ NSIDC. Корреляция между этими рядами равна $r=0,99$. Для других морей корреляция меньше. Наибольшие расхождения свойственны Чукотскому морю ($r=0,92$).

Согласно формуле (1) в прогнозе ПРМЛ также следует учитывать значимые цикличности временного ряда. Однако как видно из рис. 1 и 2 после 2005 г. цикличности в рядах ПРМЛ ААНИИ практически отсутствуют. Расчет гармоник по данным ААНИИ после исключения трендов показал, что значимые цикличности выявляются для Баренцева и Восточно-Сибирского моря. В первом случае это гармоники с периодами 3,6, 5,7 и 10,8 лет, суммарный вклад которых в дисперсию ПРМЛ достигает 35 %. Для Восточно-Сибирского моря значимыми являются гармоники с периодами 21,5 и 14,3 лет, вклад которых в дисперсию исходного ряда составляет 15 и 6 %.

Результаты аппроксимации ПРМЛ ААНИИ для Баренцева моря до полного очищения от льда с суммарным учетом данных гармоник приводится на рис. 3. Нетрудно видеть, что первое пересечение нулевой отметки суммарной гармонической кривой происходит еще в 2011 г., и затем она несколько раз ее пересекает. Последнее пересечение отмечается в 2032 г. Расхождение с пересечением по минимальному тренду достигает 6 лет. Это означает, что диапазон неопределенности возрастает на 6 лет и будет составлять 10 лет. Для Восточно-Сибирского моря пересечение нулевой отметки суммарной гармонической кривой происходит в 2020 г. и больше она из отрицательной области не выходит, т.е. никакого влияния на оценку неопределенности выхода на безледный режим моря она не оказывает.

В отличие от данных ААНИИ во временных рядах ПРМЛ NSIDC значимые цикличности выражены более отчетливо. Поэтому был выполнен гармонический анализ рядов ПРМЛ всех морей и отобраны значимые цикличности, оценки вкладов которых в дисперсию исходных рядов представлены на рис. 4. Нетрудно видеть отчетливую тенденцию увеличения роли трендов в описании дисперсии временных рядов по направлению с запада на восток и обратную тенденцию для суммарного вклада гармоник. При этом суммарный вклад гармоник в дисперсию ПРМЛ существенно меньше вклада трендов для всех морей, исключая Баренцево, где он достигает 59 %, в то время как на долю тренда приходится 17 %. На противоположной стороне Арктики, в Чукотском море, наоборот, отмечается максимальный тренд (67 %) и минимальный вклад гармоник (8 %). Что касается случайных колебаний, то их вклад в дисперсию максимален море Лаптевых (31 %) и минимален в Восточно-Сибирском море (16 %).

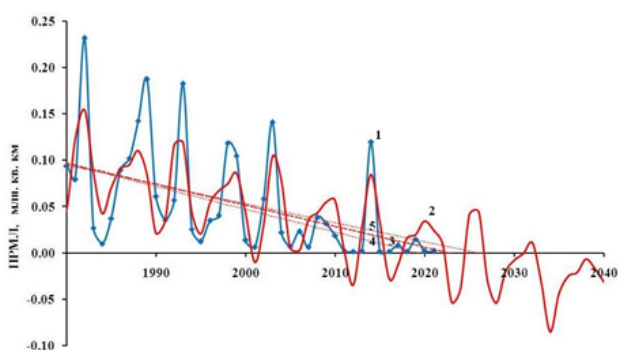


Рисунок 3 – Результаты экстраполяции сентябрьской площади морского льда Баренцева моря по данным ААНИИ.

- 1 – фактические значения ПРМЛ,
- 2 – расчетные значения ПРМЛ (тренд плюс гармоники),
- 3 – линия основного тренда,
- 4 и 5 – линии максимального и минимального трендов.

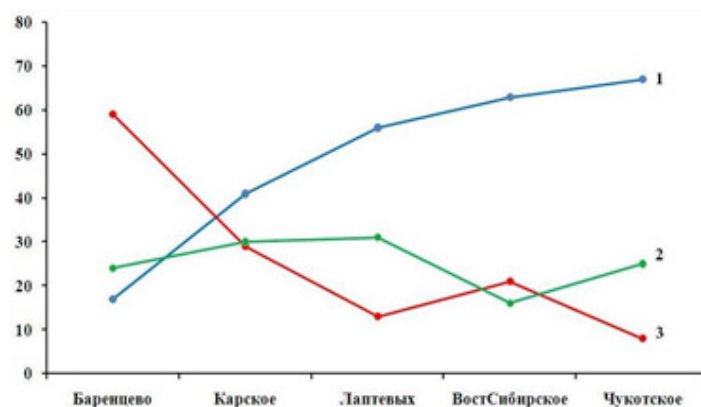


Рисунок 4 – Оценки вклада компонент уравнения (1) в дисперсию сентябрьских значений ПРМЛ NSIDC морей Российской Арктики, %.

- 1 – трендовая компонента,
- 2 – случайная компонента,
- 3 – циклическая компонента.

Оценки полного очищения от морского льда по суммарной гармонической кривой ПРМЛ NSIDC показали, что для всех морей, исключая Баренцево море, они не выходят за диапазон неопределенностей, обусловленных размахом выхода на безледный режим за счет максимального и минимального трендов. В Баренцевом море первый переход через нулевую отметку произошел в 2020 г., а последний ожидается в 2038 г. Таким образом, диапазон неопределенностей возрастает на 7 лет. В формировании такой сложной гармонической кривой приняли участие гармоники с периодами 3,6, 5,7 и 10,8 лет, причем вклад гармоник с периодом 5,7 лет составил 29 %.

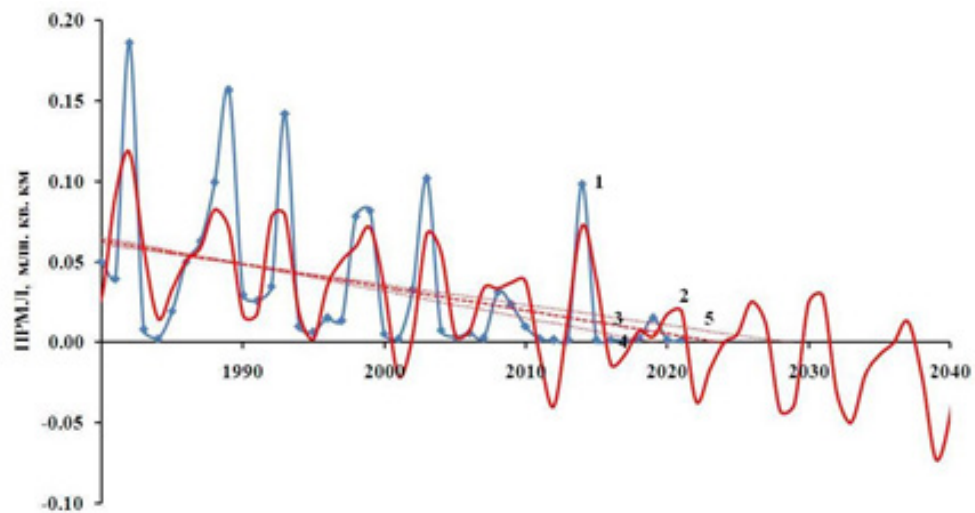


Рисунок 5 – Результаты экстраполяции сентябрьской площади морского льда Баренцева моря по данным NSIDC. 1 – фактические значения ПРМЛ, 2 – расчетные значения ПРМЛ (тренд плюс гармоники), 3 – линия основного тренда, 4 и 5 – линии максимального и минимального трендов.

Полученные результаты позволяют построить диаграмму полного очищения от льда в сентябре морей РА по данным ААНИИ и NSIDC (рис. 6). Из рис. 6 отчетливо видно, что полное очищение от льда по данным NSIDC происходит существенно позже, чем по данным ААНИИ, при этом значительно возрастает диапазон неопределенностей. Максимальное расхождение отмечается для Восточно-Сибирского моря. Впрочем, малый диапазон неопределенностей для ПРМЛ морей ААНИИ не означает более высокую точность прогностических оценок. Это связано с заметным искажением частотной структуры временных рядов после 2005 года. Однако уверенно можно утверждать, что все неопределенности оценок выхода на безледный режим невелики и существенно меньше неопределенностей, возникающих при прогнозе ПРМЛ с помощью климатических моделей.

Заключение

Предложен альтернативный климатическим моделям комбинированный статистический метод прогноза полного очищения от льда в сентябре морей РА. Его физической основой является предположение о стационарности (неизменности) климатических изменений в системе «океан-морской лед-атмосфера», т. е. сохранение их в будущем. Другими словами, все тенденции изменений климатических характеристик, про-

являющиеся в течение 1979–2021 гг., сохраняются на период прогнозирования, максимальная длина которого составляет менее двух десятков лет. В этом случае наиболее естественным является использование линейных трендов, особенно если они описывают значительную часть дисперсии временных рядов. Поскольку во временных рядах могут присутствовать циклические колебания, то дополнительно требуется их рассчитывать и учитывать значимые циклическости в прогнозировании. Такой подход был использован в данной работе по оценке сроков полного очищения от льда акватории морей РА в сентябре, когда площадь морского льда в сезонном ходе является минимальной.

Для 5 морей (Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское) по данным архивов NSIDC и ААНИИ рассчитаны основные статистические характеристики сентябрьской площади морского льда за 43-летний период (1979–2021 гг.). Показано, что вклад линейных трендов в дисперсию годовых значений ПРМЛ значителен для всех морей, причем по мере продвижения с запада на восток он повышается и достигает максимума в Чукотском море. Для оценки устойчивости линейных трендов во времени последовательно рассчитывались тренды за предшествующий десятилетний период, т.е. начиная с 1979–2011 гг. и заканчивая 1979–2020 гг. Для каждого моря был получен набор из 10 трендов, из которого выбирались оценки максимального и минимального трендов.

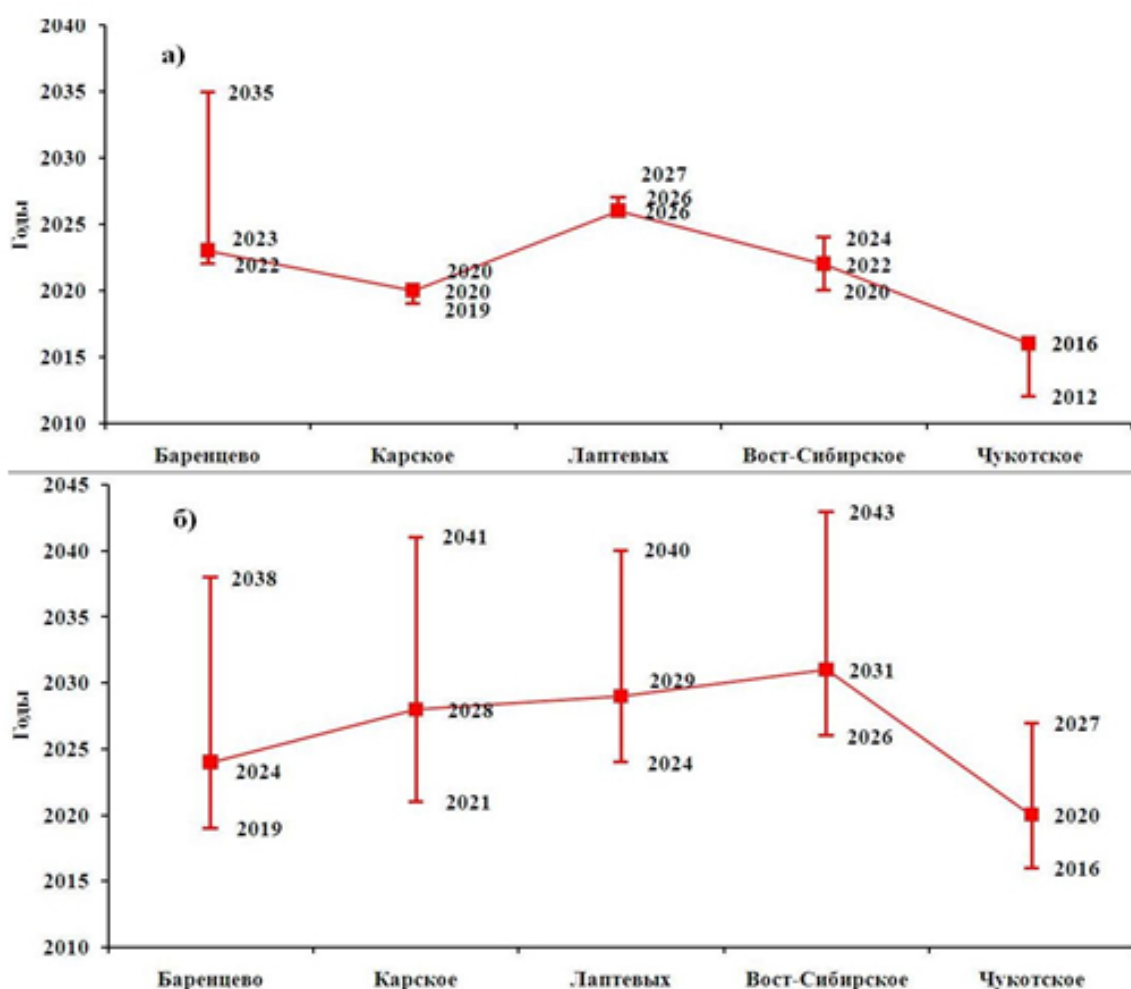


Рисунок 6 – Диаграмма сроков полного очищения от льда в сентябре морей Российской Арктики по данным ААНИИ (а) и NSIDC (б). Горизонтальные черточки – границы неопределенности, квадратики – оценки выхода на безледный режим по основному тренду.

Разность в годах выхода на безледный режим по этим трендам показывает область неопределенности прогностических оценок. По данным ААНИИ наибольшей она оказалась для Восточно- Сибирского моря (9 лет), наименьшей – для моря Лаптевых и Карского. По данным NSIDC даже минимальный разброс (Чукотское море, 11 лет) больше максимального по данным ААНИИ. Малый диапазон неопределенностей для ПРМЛ морей ААНИИ связан с особенностями частотной структуры их временных рядов и не означает более высокую точность прогностических оценок. Это связано с заметным искажением частотной структуры временных рядов после 2005 года. Однако все неопределенности оценок выхода на безледный режим невелики и существенно меньше неопределенностей, возникающих при прогнозе ПРМЛ на основе климатических моделей.

Самое раннее очищение от льда в сентябре по обоим архивам происходит в Чукотском море и связано с его малой площадью и непосредственным влиянием притока теплых вод из Тихого океана через Берингов пролив. С помощью гармонического анализа выявлены значимые цикличности для Баренцева и Восточно-Сибирского моря по данным ААНИИ и для всех 5 морей по данным NSIDC. Выявлено, что за диапазон неопределенностей по обоим архивам выходит суммарная гармоническая кривая для Баренцева моря, расхождение которой с пересечением по минимальному тренду достигает 7 лет.

По данным NSIDC показана отчетливая тенденция увеличения роли трендов в описании дисперсии временных рядов по направлению с запада на восток и обратная тенденция для суммарного вклада гармоник. При этом суммарный вклад гармоник в дисперсию ПРМЛ существенно меньше вклада трендов для всех морей, исключая Баренцево, где он достигает 59 %, в то время как на долю тренда приходится 17 %. Вклад случайных колебаний в дисперсию исходных рядов максимален в море Лаптевых (31 %) и минимален в Восточно-Сибирском море (16 %). Условно прогностические оценки ААНИИ можно назвать оптимистическими. Более реалистическими представляются оценки NSIDC. Однако какие из них оправдаются – покажет время, причем уже в ближайшие годы. Но в любом случае можно уверенно утверждать, что полярное усиление будет прогрессировать и соответственно температура воздуха в Арктике станет повышаться более быстрыми темпами, чем в настоящее время.

Список литературы:

1. Захаров В.Ф., Малинин В.Н. Морские льды и климат. СПб.: Гидрометеоздат, 2000. 91 с.
2. Зворыкина Ю., Тетерятников К. Северный морской путь как инструмент развития Арктики // Российский экономический журнал. 2019. № 4. С. 21–44.
3. Липунов Н.С. Международное измерение Северного морского пути // Российская Арктика, 2021. №12. С.78–84.
4. Иванов В.В. Современные изменения гидрометеорологических условий в Северном Ледовитом океане, связанные с сокращением морского ледяного покрова // Гидрометеорология и экология. 2021. № 64. С. 407–434. doi: 10.33933/2713-3001-2021-64-407-434
5. IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Eds. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press, 2007. 996 p.
6. IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I

- to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Eds. Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2013. 1535 p.
7. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
 8. Семенов В.А., Мартин Т., Беренс Л.К., Латиф М., Астафьева Е.С. Изменения площади арктических морских льдов в ансамблях климатических моделей CMIP3 и CMIP5 // Лед и Снег. 2017. Т. 57, № 1. С. 77—107.
 9. Stroeve J.C., Kattsov V., Barrett A., Serreze M., Pavlova T., Holland M., Meier W.N. Trends in Arctic sea ice extent from CMIP5, CMIP3 and observations // Geophys. Res. Lett. 2012. V. 39. doi:10.1029/2012GL052676.
 10. Stroeve J., Holland M.M., Meier W., Scambos T., Serreze M. Arctic sea ice decline: Faster than forecast // Geophys. Research Letters, 2007. VOL. 34, L09501, doi:10.1029/2007GL029703
 11. Årthun M., Onarheim I. H., Dörr J., Eldevik T. The seasonal and regional transition to an ice — free Arctic // Geophysical Research Letters. 2021. V. 48, e2020GL090825. doi: 10.1029/2020GL090825.
 12. Notz D., SMIP Community. Arctic sea ice in CMIP6 // Geophysical Research Letters. 2020. V. 47, e2019GL086749. doi:10.1029/2019GL086749.
 13. Shu, Q., Wang, Q., Song, Z., Qiao, F., Zhao, J., Chu, M., & Li, X. (2020). Assessment of sea ice extent in CMIP6 with comparison to observations and CMIP5. Geophysical Research Letters, 47, e2020GL087965. <https://doi.org/10.1029/2020GL087965>.
 14. Latonin M.M., Bashmachnikov I.L., Bobylev L.P. The Arctic Amplification Phenomenon and Its Driving Mechanisms. Fundamentalnaya i Prikladnaya Gidrofizika. 2020, 13, 3, 3–19. doi: 10.7868/S2073667320030016.
 15. Алексеев Г.В., Александров Е.И., Глок Н.И., Иванов Н.Е., Смоляницкий В.М., Харланенкова Н.Е., Юлин А.В. Эволюция площади морского покрова Арктики в условиях современных изменений климата // Исследование Земли из космоса. 2015. № 2. С. 5—19.
 16. Малинин В.Н. Вайновский П.А. Когда наступит безледный режим регионов Арктики? // Ученые записки РГГМУ. 2019. №56, С. 98—109.
 17. Diebold, Francis X., Glenn D. Rudebusch. 2020. Probability Assessments of an Ice-Free Arctic: Comparing Statistical and Climate Model Projections, Federal Reserve Bank of San Francisco Working Paper 2020-02. <https://doi.org/10.24148/wp2020-02>
 18. Peng, G., J.L. Matthews, and J.T. Yu (2018), Sensitivity Analysis of Arctic Sea Ice Extent Trends and Statistical Projections Using Satellite Data // Remote Sens. 2018, 10, 230; doi:10.3390/rs10020230.
 19. Fetterer F., Knowles K., Meier W., Savoie M., Windnagel A.K. (2017), Sea Ice Index, Version 3, Dataset ID G02135," Boulder, Colorado, USA. NSIDC: National Snow and Ice Data Center. <https://doi.org/10.7265/N5K072F8>, updated daily, accessed October 2019.
 20. Тихонов В. В., Раев М. Д., Шарков Е. А., Боярский Д. А., Репина И. А., Комарова Н. Ю. Спутниковая микроволновая радиометрия морского льда полярных регионов: Обзор // Исследование Земли из космоса. 2016. № 4. С. 65–84.
 21. Заболотских Е.В. Обзор методов восстановления параметров ледяного покрова по данным спутниковых микроволновых радиометров // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2019. Т. 55. № 1. С. 128–151.
 22. Meier W. N. Comparison of passive microwave ice concentration algorithm retrievals with AVHRR imagery in Arctic peripheral seas // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2005. V. 43. № 6. P. 1324–1337.
 23. Agnew T., Howell S. The use of operational ice charts for evaluating passive microwave ice concentration data // Atmosphere-Ocean. 2003. V. 41. № 4. P. 317–331.
 24. Иванов В.В., Алексеев В.А., Алексеева Т.А., Колдунов Н.В., Репина И.А., Смирнов А.В. Арктический ледяной покров становится сезонным? // Исследования Земли из космоса. 2013. № 4. С. 50—65.
 25. Шалина Е.В., Бобылев Л.П. Изменение ледовых условий в Арктике согласно спутниковым наблюдениям // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14, № 6. С. 28—41.
 26. Юлин А.В., Вязигина Н.А., Егорова Е.С. Межгодовая и сезонная изменчивость площади льдов в Северном Ледовитом океане по данным спутниковых наблюдений // Российская Арктика, 2020, №7, С.28-40.

27. Малинин В.Н., Вайновский П.А. Межгодовая изменчивость площади морского льда регионов Антарктики // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 3. С. 187–201.
28. Малинин В. Н., Вайновский П. А. К сравнению характеристик межгодовой изменчивости площади морского льда Северного и Южного полушарий // Ученые записки РГГМУ. 2019. № 57. С. 77–90.
29. Информационные материалы по мониторингу морского ледяного покрова Арктики и Южного Океана // Бюллетень ААНИИ. № 47(532).СПб, 2021. 42 p.: <http://wdc.aari.ru/datasets/d0042/>
30. Малинин В.Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации // СПб, РГГМУ, 2008, 408 с.
31. Малинин В.Н., Гордеева С.М. Изменчивость влагосодержания атмосферы над океаном по спутниковым данным // Исслед. Земли из космоса. 2015. № 1. С. 3–11.
32. Serreze, M.C., Crawford A.D., Stroeve J.C., Barrett A.P., Woodgate R.A. (2016), Variability, trends, and predictability of seasonal sea ice retreat and advance in the Chukchi Sea, *J. Geophys. Res. Oceans*, 121, doi:10.1002/2016JC011977.

References:

1. Zakharov V.F., Malinin V.N. *Morskiye l'dy i klimat*. [Sea ice and climate]. St. Petersburg.: Gidrometeoizdat, 2000, 91 p. (In Russian).
2. Zvorykina Yu., Teteryatnikov K. Severnyy morskoy put' kak instrument razvitiya Arktiki [The Northern Sea Route as a Tool for the Development of the Arctic] *Rossiyskiy ekonomicheskiy zhurnal*. [Russian Economic Journal]. 2019, No. 4, pp. 21–44. (In Russian).
3. Lipunov N.S. Mezhdunarodnoye izmereniye Severnogo morskogo puti [International dimension of the Northern Sea Route] *Rossiyskaya Arktika*. [Russian Arctic]. 2021, №12, pp. 78–84. (In Russian).
4. Ivanov V.V. Sovremennyye izmeneniya gidrometeorologicheskikh usloviy v Severnom Ledovitom okeane, svyazannyye s sokrashcheniyem morskogo ledyanogo pokrova [Modern changes in hydrometeorological conditions in the Arctic Ocean associated with the reduction of sea ice cover] *Gidrometeorologiya i ekologiya*. [Hydrometeorology and ecology]. 2021, No. 64, pp. 407–434. (In Russian).
5. IPCC. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / Eds. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press, 2007. 996 p.
6. IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / Eds. Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2013. 1535 p.
7. IPCC. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
8. Semenov V.A., Martin T., Berens L.K., Latif M., Astafieva E.S. *Izmeneniya ploshchadi arkticheskikh morskikh l'dov v ansamblyakh klimaticheskikh modeley CMIP3 i CMIP5* [Changes in the area of Arctic sea ice in the ensembles of climate models CMIP3 and CMIP5] *Led i Sneg*. [Ice and Snow]. 2017, T. 57, No. 1, pp. 77–107. (In Russian).
9. Stroeve J.C., Kattsov V., Barrett A., Serreze M., Pavlova T., Holland M., Meier W.N. Trends in Arctic sea ice extent from CMIP5, CMIP3 and observations // *Geophys. Res. Lett.* 2012. V. 39. doi:10.1029/2012GL052676.
10. Stroeve J., Holland M.M., Meier W., Scambos T., Serreze M. Arctic sea ice decline: Faster than forecast // *Geophys. Research Letters*, 2007. VOL. 34, L09501, doi: 10.1029/2007GL029703
11. Årthun M., Onarheim I. H., Dörr J., Eldevik T. The seasonal and regional transition to an ice — free Arctic // *Geophysical Research Letters*. 2021. V. 48, e2020GL090825. doi: 10.1029/2020GL090825.
12. Notz D., SMIP Community. Arctic sea ice in CMIP6 // *Geophysical Research Letters*. 2020. V. 47, e2019GL086749. doi:10.1029/2019GL086749.

13. Shu, Q., Wang, Q., Song, Z., Qiao, F., Zhao, J., Chu, M., & Li, X. (2020). Assessment of sea ice extent in CMIP6 with comparison to observations and CMIP5. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL087965. <https://doi.org/10.1029/2020GL087965>.
14. Latonin M.M., Bashmachnikov I.L., Bobylev L.P. The Arctic Amplification Phenomenon and Its Driving Mechanisms. *Fundamentalnaya i Prikladnaya Gidrofizika*. 2020, 13, 3, 3–19. doi: 10.7868/S2073667320030016.
15. Alekseev G.V., Aleksandrov E.I., Glock N.I., Ivanov N.E., Smolyanitskiy V.M., Harlanenkova N.E., Yulin A.V. Evolyutsiya ploshchadi morskogo pokrova Arktiki v usloviyakh sovremennykh izmeneniy klimata [Evolution of the Arctic sea cover area under the conditions of modern climate changes] *Issledovaniye Zemli iz kosmosa*. [Earth research from space]. 2015, No. 2, pp. 5-19. (In Russian).
16. Malinin V.N., Vainovsky P.A. Kogda nastupit bezlednyy rezhim regionov Arktiki? [When will the ice-free regime of the Arctic regions come?] *Uchenyye zapiski RGGMU*. [Scientific notes of the RSHU]. 2019, No. 56, pp. 98-109. (In Russian).
17. Diebold, Francis X., Glenn D. Rudebusch. 2020. Probability Assessments of an Ice-Free Arctic: Comparing Statistical and Climate Model Projections, Federal Reserve Bank of San Francisco Working Paper 2020-02. <https://doi.org/10.24148/wp2020-02>
18. Peng, G., J.L. Matthews, and J.T. Yu (2018), Sensitivity Analysis of Arctic Sea Ice Extent Trends and Statistical Projections Using Satellite Data // *Remote Sens.* 2018, 10, 230; doi:10.3390/rs10020230.
19. Fetterer F., Knowles K., Meier W., Savoie M., Windnagel A.K. (2017), Sea Ice Index, Version 3, Dataset ID G02135," Boulder, Colorado, USA. NSIDC: National Snow and Ice Data Center. <https://doi.org/10.7265/N5K072F8>, updated daily, accessed October 2019.
20. Tikhonov V.V., Raev M.D., Sharkov E.A., Boyarsky D.A., Repina I.A., Komarova N.Yu. Sputnikovaya mikrovolnovaya radiometriya morskogo l'da polyarnykh regionov: Obzor [Satellite microwave radiometry of sea ice in polar regions: Review] *Issledovaniye Zemli iz kosmosa*. [Earth Research from Space]. 2016, No. 4, pp. 65–84. (In Russian).
21. Zabolotskikh E.V. Obzor metodov vosstanovleniya parametrov ledyanogo pokrova po dannym sputnikovykh mikrovolnovykh radiometrov [Review of methods for reconstructing the parameters of the ice cover from the data of satellite microwave radiometers]. *Izvestiya RAN. Physics of the atmosphere and ocean*, 2019, Vol. 55, No. 1, pp. 128–151. (In Russian).
22. Meier W. N. Comparison of passive microwave ice concentration algorithm retrievals with AVHRR imagery in Arctic peripheral seas // *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 2005. V. 43. № 6. P. 1324–1337.
23. Agnew T., Howell S. The use of operational ice charts for evaluating passive microwave ice concentration data // *Atmosphere-Ocean*. 2003. V. 41. № 4. P. 317–331.
24. Ivanov V.V., Alekseev V.A., Alekseeva T.A., Koldunov N.V., Repina I.A., Smirnov A.V. Arkticheskiy ledyanoy pokrov stanovitsya sezonnyy? [Is Arctic ice cover becoming seasonal?] *Issledovaniya Zemli iz kosmosa*. [Research of the Earth from space]. 2013, No. 4, pp. 50-65. (In Russian).
25. Shalina E.V., Bobylev L.P. Izmeneniye ledovykh usloviy v Arktike soglasno sputnikovym nablyudeniyam [Changes in ice conditions in the Arctic according to satellite observations] *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. [Modern problems of remote sensing of the Earth from space]. 2017, Vol. 14, No. 6, pp. 28-41. (In Russian).
26. Yulin A.V., Vyazigina N.A., Egorova E.S. Mezhdogodovaya i sezonnaya izmenchivost' ploshchadi l'dov v Severnom Ledovitom okeane po dannym sputnikovykh nablyudeniya [Interannual and seasonal variability of the ice area in the Arctic Ocean according to satellite observations] *Rossiyskaya Arktika*. [Russian Arctic]. 2020, No. 7, pp. 28-40. (In Russian).
27. Malinin V.N., Vainovsky P.A. Mezhdogodovaya izmenchivost' ploshchadi morskogo l'da regionov Antarktiki [Interannual variability of sea ice area in Antarctic regions] *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. [Modern problems of remote sensing of the Earth from space]. 2020, Vol. 17, No. 3, pp. 187–201. (In Russian).
28. Malinin V.N., Vainovskiy P.A. K sravneniyu kharakteristik mezhdogodovoy izmenchivosti ploshchadi morskogo l'da Severnogo i Yuzhnogo polushariy [To the comparison of characteristics of interannual variability of the sea ice area of the Northern and Southern hemispheres] *Uchenyye zapiski RGGMU*. [Uchenyye zapiski RGGMU]. 2019, No. 57, pp. 77–90. (In Russian).
29. Informatsionnyye materialy po monitoringu morskogo ledyanogo pokrova Arktiki i Yuzhnogo Okeana [Information materials on monitoring the sea ice cover of the Arctic

- and Southern Ocean]. Bulletin of the AARI. No. 47 (532), St. Petersburg, 2021, 42 p.: <http://wdc.aari.ru/datasets/d0042/> (In Russian).
30. Malinin V.N. Statisticheskiye metody analiza gidrometeorologicheskoy informatsii [Statistical methods for the analysis of hydrometeorological information] St. Petersburg, Russian State Hydrometeorological University, 2008, 408 p. (In Russian).
 31. Malinin V.N., Gordeeva S.M. Izmenchivost' vlagosoderzhaniya atmosfery nad okeanom po sputnikovym dannym [Variability of the moisture content of the atmosphere over the ocean according to satellite data] Issledovaniye Zemli iz kosmosa. [Earth Research from Space]. 2015, No.1, pp. 3–11. (In Russian).
 32. Serreze, M.C., Crawford A.D., Stroeve J.C., Barrett A.P., Woodgate R.A. (2016), Variability, trends, and predictability of seasonal sea ice retreat and advance in the Chukchi Sea, J. Geophys. Res. Oceans, 121, doi:10.1002/2016JC011977.

УДК 621.315.175

DOI: 10.24412/2658-4255-2022-1-24-34

Для цитирования:

Е.А. Кротков, Н.В. Безменова, А.А. Щобак Математическая модель для определения ЭДС и тока, наведенных в контуре грозозащитного троса магнитными полями токов фаз ВЛ 220 кВ // Российская Арктика. 2022. № 16 С.24–34

Получена: 25.01.2022

Принята: 11.02.2022

Опубликована: 17.02.2022



Статья распространяется в полнотекстовом формате на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭДС И ТОКА, НАВЕДЕННЫХ В КОНТУРЕ ГРОЗОЗАЩИТНОГО ТРОСА МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ ТОКОВ ФАЗ ВЛ 220 КВ

Е.А. Кротков¹, Н.В. Безменова¹, А.А. Щобак¹

¹ ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара, Россия

krotkov.e.a@gmail.com; saidova_nadezhda@mail.ru;

ShonSamara@gmail.com

Аннотация: Основу функционирования электрических сетей региональных энергосистем составляют двухцепные ВЛ 220 кВ. В статье приведены сведения о проблеме гололедообразования на грозозащитных тросах ВЛ 220 кВ с кратким обзором статей, посвященных этой теме. Проблема борьбы с гололедообразованием на грозозащитных тросах ВЛ 220 кВ существует на локальных участках ВЛ, расположенных рядом с водоемами. Предложен способ профилактического обогрева грозозащитного троса двухцепной ВЛ 220 кВ с целью предотвращения на нем гололедообразования за счет наведенного тока. В способе реализуется идея увеличения потерь активной мощности в грозозащитном тросе ВЛ 220 кВ за счет создания контура для протекания наведенного тока без вывода линии из работы. Представлена математическая модель и методика расчета ЭДС, наведенных в грозозащитном тросе ВЛ 220 кВ магнитными полями, создаваемыми токами фаз этой линии. Представленные в статье материалы могут быть использованы для практической реализации способа на участках интенсивного гололедообразования на грозотросах двухцепных ВЛ высокого класса напряжения.

Ключевые слова: воздушная линия электропередачи, грозозащитный трос, гололедно-изморозевые отложения, электромагнитное поле, индуктивное сопротивление контура, наведенный ток, профилактический обогрев

MATHEMATICAL MODEL FOR DETERMINATION OF EMF AND CURRENT INDUCED IN THE LOOP OF LIGHTNING PROTECTION CABLE BY MAGNETIC FIELDS OF 220 KV PHASE CURRENTS

Е.А. Krotkov¹, N.V. Besmenova¹, A.A. Shchobak¹

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Technical University", Samara, Russia

Abstract: The electrical grid of regional power systems primarily uses double-circuit 220 kV overhead power lines to function. This paper provides information on the problem of ice formation on overhead ground wires of 220 kV power lines, including a brief overview of papers dedicated to this problem. The problem of ice formation on overhead ground wires exists in local areas located near water bodies. This paper proposes a preventive heating method based on induced current to prevent ice formation on an overhead ground wire. This method uses the idea of increasing active losses in an overhead ground wire of a 220 kV power line due to creating a circuit for flowing induced current without switching the power line off. The paper describes a mathematical model and a methodology for calculating EMF induced in an overhead ground wire of a 220 kV power line by magnetic fields of

the phase currents flowing in this power line. The materials presented in the paper can be used to practically implement the deicing method in areas with intense ice formation on overhead ground wire of high voltage double-circuit overhead lines.

Keywords: overhead power line, lightning protection cable, ice-frost deposits, electromagnetic field, inductive resistance of the circuit, induced current, preventive heating

Введение

Борьба с гололедообразованием на воздушной линии электропередачи (далее ВЛ) высокого класса напряжения является важной задачей с точки зрения устойчивого электроснабжения потребителей. Зачастую по режиму работы энергосистемы не допускается длительное по времени отключение ВЛ. Однако повреждения ВЛ, возникающие в результате гололедообразования, не могут быть устранены в короткие сроки, поэтому вопросу борьбы с гололедообразованием уделяется особое внимание.

Многочисленные аварии, происходящие в осенне-зимний период по причине образования гололеда, обладают особой значимостью последствий, так как потребление значительно выше, и порой сопровождаются массовыми отключениями ВЛ с нарушением электроснабжения. Проблема усугубляется тем, что повреждения ВЛ в результате гололедообразования являются также наиболее тяжелыми исходя из времени ликвидации последствий. Доля аварий по причине гололеда от общего количества аварий в течение последних 5 лет в энергосистеме России находится около 11% [1].

Особенно интенсивным гололедно-ветровым воздействиям III-IV категории в России подвержены территории Кольского полуострова, Северного и Южного Урала, Среднего Поволжья, полуострова Камчатка, острова Сахалин, Алтайского, Ставропольского, Краснодарского и Приморского края, указанные на карте (рис. 1.) [2].

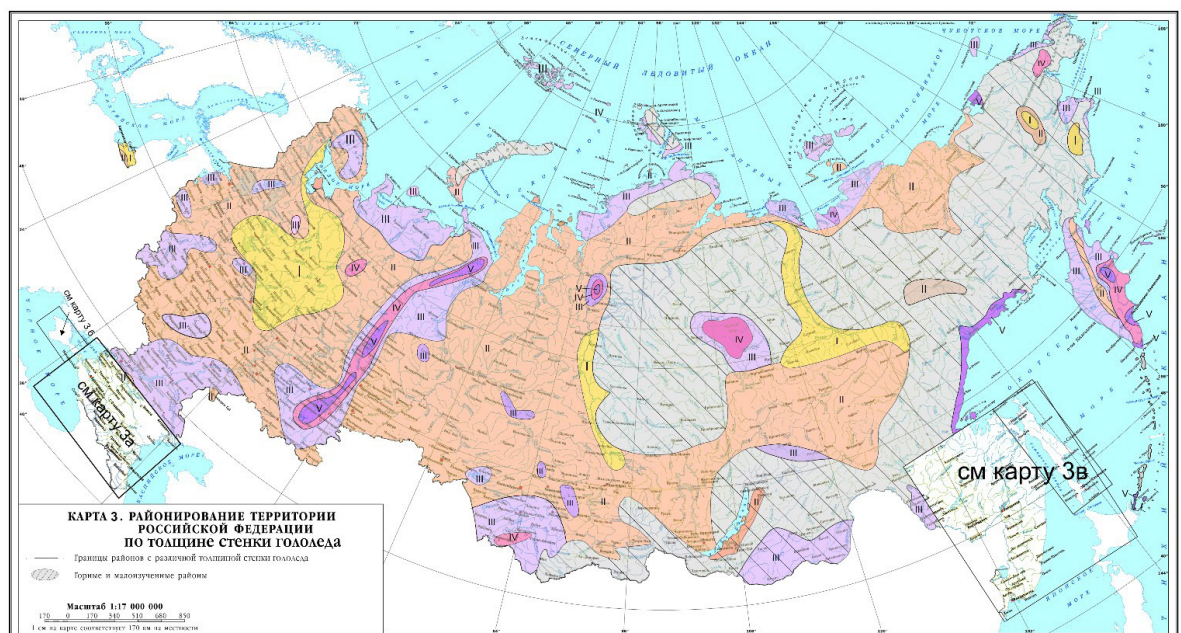


Fig. 1. Zoning of the territory of the Russian Federation according to the thickness of the ice wall

Актуальность проблемы гололедообразования связана с изменением климата в мире. В докладе международной группы экспертов по климату сообщается, что изменение климата повлияло на характер выпадения осадков. В частности, в высоких широтах вероятность выпадения осадков увеличивается, что приведет к появлению в странах Европы, Северной и Южной Америки новых регионов с интенсивным гололедообразованием, приводящему к аварийным отключениям ВЛ и нарушению электрообеспечения десятков тысяч домовладений [3].

Теория вопроса

Основным способом борьбы с гололедообразованием на проводах ВЛ и грозозащитных тросах являются плавка гололеда и механическое удаление гололедно-изморозевых отложений на отключенной ВЛ. В случае с механическим удалением, требуется отключение ВЛ, а в случае плавки гололеда требуются значительные инвестиционные затраты.

Известно [4-6], что образование гололеда на грозотросе ВЛ 220 кВ происходит не по всей длине, а на отдельных ее участках. В этом случае плавка гололеда по всей длине ВЛ 220 кВ является избыточным мероприятием. В частности, в операционной зоне Средней Волги (ОЗ Средней Волги) наиболее подверженными гололедообразованию являются участки ВЛ 220 кВ, расположенные на Приволжской и Бугульминско-Белебейской возвышенности, в районах водохранилищ Жигулёвской и Саратовской ГЭС. Также следует отметить, что грозотрос по сравнению с проводами фаз наиболее подвержен гололедообразованию, так как в нем в нормальном режиме работы ВЛ 220 кВ не протекает ток. Вследствие этого в ОЗ Средней Волги плавка гололеда на грозотросе проводится в 2,5 раза чаще, чем на проводах ВЛ 220 кВ. Поэтому исследование новых способов профилактического обогрева грозотроса на участке ВЛ 220 кВ для предотвращения образования гололедно-изморозевых отложений является актуальным [7-11].

В ОЗ Средней Волги распространено применение одноцепных и двухцепных ВЛ 220 кВ проходящих в гололедоопасном районе 3-4 категории. Распространённым типом промежуточной опоры для одноцепной ВЛ 220 кВ является П220-1,4пг-8,6, а для двухцепной ВЛ 220 кВ - П220-2,4-9,3 [12]. В эксплуатации двухцепной ВЛ 220 кВ применяется фазировка цепей как одноименная (A1, B1, C1; A2, B2, C2), так и разноименная (A1, B1, C1; C2, B2, A2). Расположение фазных проводников и грозотроса на опоре П220-2,4-9,3 в декартовой системе координат приведены на рис. 2.

Для предотвращения образования гололеда на двухцепных ВЛ 220 кВ предлагается сформировать замкнутый и изолированный от земли в нормальном режиме контур, состоящий из грозотроса Т1 и проводника Т2, подвешенного на изоляторах ниже проводов фазы С (рис. 3). Наведённая ЭДС в контуре Т1-Т2 является результатом взаимодействия электростатического и электромагнитного полей от проводников фаз ВЛ 220 кВ. Величина ЭДС, наведенной электростатическим полем значительно меньше величины ЭДС, наведенной электромагнитным полем токов фаз ВЛ 220 кВ, поэтому допускается в расчетах её не учитывать [13-16].

В реальных условиях провода фаз ВЛ 220 кВ, а также грозотрос Т1 и проводник Т2 провисают в промежуточных пролетах. Сделаем допущение, что фазные проводники ВЛ 220 кВ являются бесконечно длинным прямолинейным проводником с током I . С учетом принятого допу-

щения каждый фазный проводник ВЛ с током \dot{I} , имеющий координаты (x_c, y_c) , создает в точке А окружающего пространства свое магнитное поле (рис. 4), величина напряженности которого определяется по закону Био-Савара-Лапласа [17-20]:

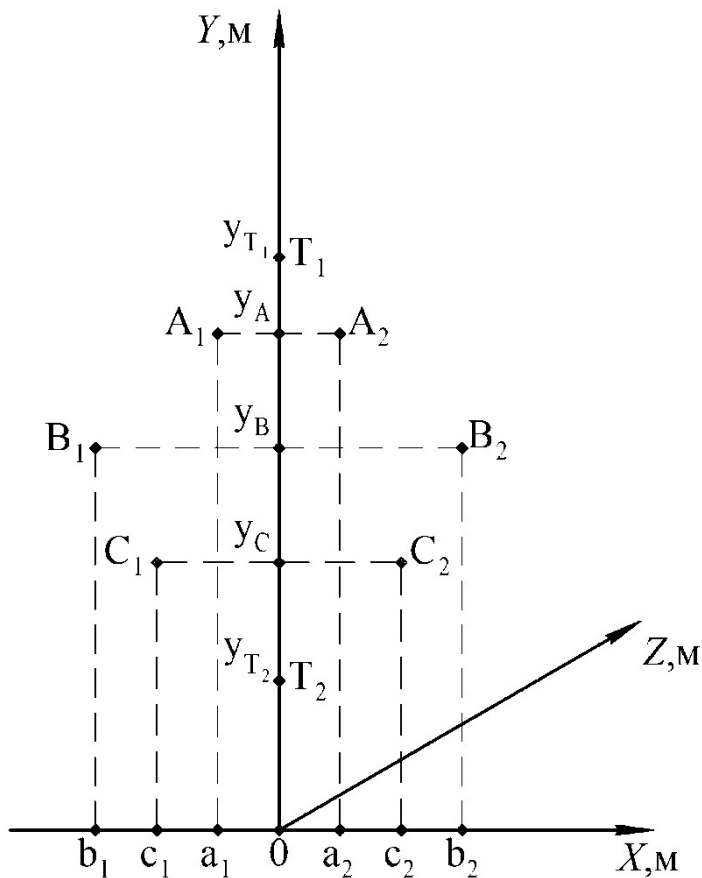


Fig. 2. Layout of phase conductors and ground wires on the UHL 220 kV.

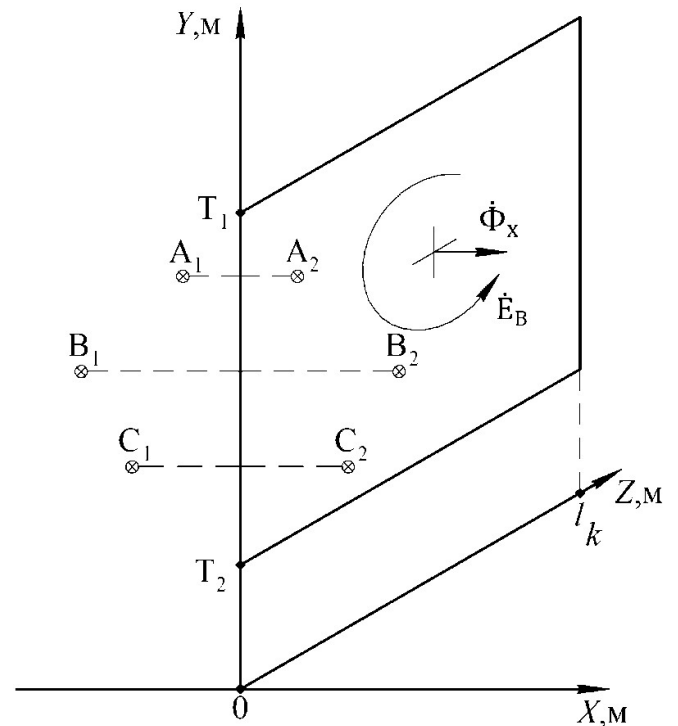


Fig. 3. Connection diagram of the lightning protection cable T1 and conductor T2 on the section I_k of the 220 kV overhead line.

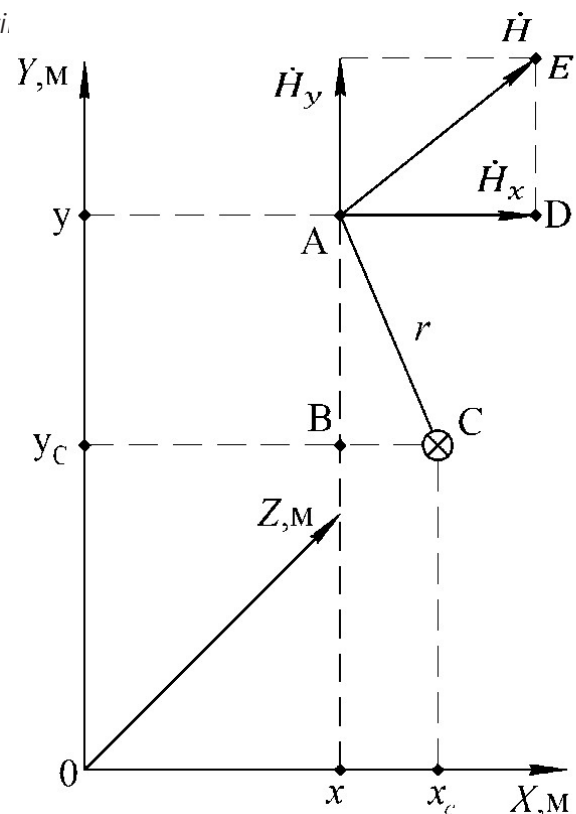


Fig. 4. Magnetic field strength in A from the current in the conductor C.

$$\dot{H} = \frac{i}{2\pi r}, \quad (1)$$

где: $r^2 = (x_c - x)^2 + (y - y_c)^2$

Из подобия треугольников ABC и ADE получим:

$$\frac{H_X}{H} = \frac{AB}{r} = \frac{y - y_c}{r}, \quad \frac{H_Y}{H} = \frac{BC}{r} = \frac{x_c - x}{r} \quad (2)$$

Тогда составляющие \dot{H}_X и \dot{H}_Y напряженности магнитного поля в точке А, создаваемые током I проводника ВЛ, определяются по формулам:

$$\dot{H}_X = \frac{i}{2\pi} \cdot \frac{y - y_c}{(x_c - x)^2 + (y - y_c)^2}, \quad \dot{H}_Y = \frac{i}{2\pi} \cdot \frac{x_c - x}{(x_c - x)^2 + (y - y_c)^2} \quad (3)$$

Аналогично определяются составляющие \dot{H}_{Xi} и \dot{H}_{Yi} напряженности магнитного поля в точке А, создаваемые токами I_i проводников фаз двухцепной ВЛ 220 кВ по формулам:

$$\dot{H}_{Xi} = \frac{I_i}{2\pi} \cdot \frac{y - y_i}{(x_i - x)^2 + (y - y_i)^2}, \quad \dot{H}_{Yi} = \frac{I_i}{2\pi} \cdot \frac{x_i - x}{(x_i - x)^2 + (y - y_i)^2} \quad (4)$$

Результирующие значения составляющих напряженности магнитного поля в точке А определяются сложением одноименных составляющих:

$$\dot{H}_{XA} = \sum_{i=1}^6 \dot{H}_{Xi}; \quad \dot{H}_{YA} = \sum_{i=1}^6 \dot{H}_{Yi} \quad (5)$$

Составляющие напряженности магнитного поля по оси Х в точке А, принадлежащей отрезку $[y_{T1}, y_{T2}]$ (рис. 2), создаваемые токами фаз двух цепей ВЛ 220 кВ, определяются выражениями (6) и (7) для цепей $A_1B_1C_1$ и $A_2B_2C_2$:

$$\begin{aligned} \dot{H}_{XA_1} &= \frac{I_A}{2\pi} \cdot \frac{y - y_a}{(a_1 - x)^2 + (y - y_a)^2}; & \dot{H}_{XA_2} &= \frac{I_A}{2\pi} \cdot \frac{y - y_a}{(a_2 - x)^2 + (y - y_a)^2}; \\ \dot{H}_{XB_1} &= \frac{I_B}{2\pi} \cdot \frac{y - y_b}{(b_1 - x)^2 + (y - y_b)^2}; & \dot{H}_{XB_2} &= \frac{I_B}{2\pi} \cdot \frac{y - y_b}{(b_2 - x)^2 + (y - y_b)^2}; \\ \dot{H}_{XC_1} &= \frac{I_C}{2\pi} \cdot \frac{y - y_c}{(c_1 - x)^2 + (y - y_c)^2}; & \dot{H}_{XC_2} &= \frac{I_C}{2\pi} \cdot \frac{y - y_c}{(c_2 - x)^2 + (y - y_c)^2}; \end{aligned} \quad (6) \quad (7)$$

Результирующая составляющая напряженности магнитного поля по оси Х $\dot{H}_{X\Sigma}$ в точке А определяется выражением:

$$\dot{H}_{X\Sigma} = \dot{H}_{XA_1} + \dot{H}_{XB_1} + \dot{H}_{XC_1} + \dot{H}_{XA_2} + \dot{H}_{XB_2} + \dot{H}_{XC_2}; \quad (8)$$

Магнитный поток $\dot{\Phi}_X$, созданный магнитными полями токов каждой фазы двухцепной ВЛ 220 кВ и пронизывающий перпендикулярно плоскость контура Т1 - Т2 длиной l_k (рис. 2), определяется выражением:

$$\dot{\Phi}_X = \mu_0 \int_{y_{T2}}^{y_{T1}} \dot{H}_{X\Sigma} \int_0^{l_k} dz dy = \mu_0 l_k \int_{y_{T2}}^{y_{T1}} \dot{H}_{X\Sigma} dy, \quad (9)$$

где $\dot{\Phi}_X$ – составляющая по оси X магнитного потока сквозь замкнутый контур Т1-Т2 длиной l_k .

С учетом выражения (9) в замкнутом контуре Т1-Т2 наводится ЭДС \dot{E}_B :

$$\dot{E}_B = -\frac{d\dot{\Phi}_X}{dt} = -j\omega\mu_0 l_k \int_{y_{T2}}^{y_{T1}} \dot{H}_{X\Sigma} dy = \dot{E}_B l_k, \quad (10)$$

Сделаем допущение, что форма замкнутого контура Т1-Т2 имеет вид прямоугольной рамки с размерами (рис. 5) с проводниками круглого сечения, радиус сечения которых пренебрежимо мал по сравнению размерами контура Т1-Т2.

Для сторон рамки, имеющих длину $l_k = a$ и расстояние между осями Т1 и Т2 равное b , обозначив через $d = \sqrt{a^2 + b^2}$ диагональ рамки, получаем следующее выражение для определения индуктивности контура L [21]:

$$L = \frac{\mu_0}{\pi} \left[a \ln \frac{2ab}{r_0(a+b)} + b \ln \frac{2ab}{r_0(b+d)} - 2(a+b-d) \right] + \frac{\mu}{\pi} \left(\frac{a+b}{4} \right) \quad (11)$$

где: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная; μ – абсолютная магнитная проницаемость материала провода; r_0 – радиус грозотроса Т1 и проводника Т2 принимается равным $5,5 \cdot 10^{-3}$ м.

Ток \dot{I}_k , протекающий в замкнутой электрической цепи контура Т1-Т2 (рис. 6), определится по выражению:

$$\dot{I}_k = \frac{\dot{E}_B}{R_{T1} + R_{T2} + jX_k} \quad (12)$$

Значение тока \dot{I}_k возможно увеличить двумя способами: усилением магнитного потока, пронизывающего контур, за счет увеличения площади контура изменением координаты y_{T2} проводника Т2; уменьшением индуктивной составляющей сопротивления контура X_k .

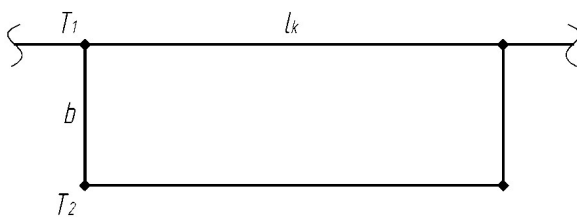


Fig.5. T1-T2 circuit on the 220 kV overhead line section.

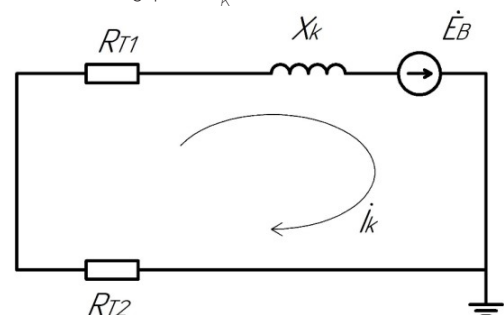


Fig. 6. T1-T2 circuit equivalent circuit.

Заключение

Альтернативой плавке гололёда является профилактический подогрев грозозащитного троса до положительной температуры наведенным током от электромагнитных полей фаз ВЛ 220 кВ в рабочем режиме. Такой способ подогрева грозозащитного троса предотвращает образование на нем гололёда, при этом не требуется специальный источник питания.

Разработанная математическая модель позволяет определить значения наведенного тока в замкнутом контуре «грозотрос-дополнительный проводник» для участка двухцепной ВЛ 220 кВ в зависимости от параметров контура и тока нагрузки цепей ВЛ.

Пример расчета ЭДС и тока, наведенных в контуре Т1-Т2 ВЛ 220 кВ

Выполним пример расчета значений ЭДС и тока, наведенных в контуре Т1-Т2 двухцепной ВЛ 220 кВ с опорами типа П220-2,4-9,3 (рис. 7) с одноименной фазировкой фаз двух цепей $A_1B_1C_1$ и $A_2B_2C_2$.

В расчете примем следующие допущения:

- отсутствие провиса проводников фаз, грозотроса Т1 и проводника Т2 между промежуточными опорами ВЛ 220 кВ;

- грозотрос Т1 и проводник Т2 расположены на осевой линии опоры, совпадающей с осью Y.

За начало координат (точку (0;0)) примем точку пересечения осевой линии опоры ВЛ 220 кВ с горизонтальной поверхностью земли (осью X). Обозначим координаты расположения проводников фаз, грозотроса Т1 и проводника Т2 относительно начала координат:

Цепь 1: $A_1(-3,9;29,5)$, $B_1(-7,3;23)$, $C_1(-4,5;16,2)$;

Цепь 2: $A_2(3,9;29,5)$, $B_2(7,3;23)$, $C_2(4,5;16,2)$;

Грозотрос Т1: $(0;36,3)$;

Рассмотрим два варианта расположения дополнительного проводника на ВЛ 220 кВ:

- вариант 1: расположение проводника Т2 ниже фаз C_1 и C_2 на 1 метр, $T_2(0;15,2)$;

- вариант 2: расположение проводника Т2 на поверхности земли, $T_2(0;0)$;

Проводники фаз каждой цепи ВЛ 220 кВ выполнены проводом АС-240/32, грозотрос Т1 выполнен тросом марки ГТК 20-0/50-9,1/60 (погонное активное сопротивление 1,719 Ом/км), проводник Т2 - проводом АС-70/11 (погонное активное сопротивление 0,422 Ом/км).

Абсолютная магнитная проницаемость алюминия принята $\mu=1,26 \cdot 10^{-6}$ Гн/м. Длина контура Т1-Т2 (обогреваемого участка грозотроса) принята равной $l_k = 10$ км.

Электрическая нагрузка каждой цепи ВЛ 220 кВ принята симметричной и одинаковой с величиной рабочего тока в диапазоне от 200 А до 1000 А с шагом в 100 А.

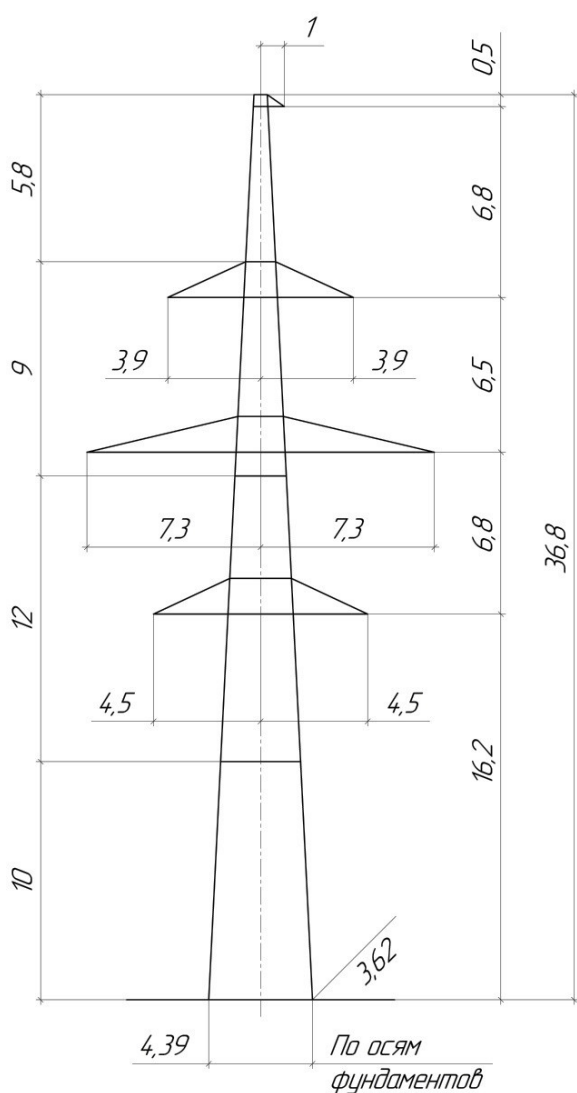


Fig. 7. Support dimensions П220-2,4-9,3 overhead line.

Расчет индуктивного сопротивления контура Т1-Т2

По формуле (11) определим индуктивность L контура Т1-Т2 и его индуктивное сопротивление X_k :

$L_1=34$ мГн; $X_{k1}=10,8$ Ом, для первого варианта расположения Т2;

$L_2=37$ мГн; $X_{k2}=11,5$ Ом, для второго варианта расположения Т2;

Расчет ЭДС и тока в контуре Т1-Т2

Далее расчет выполнялся в программном пакете MathCad: по формулам (6-9) определена величина магнитного потока Φ_x , пронизывающего перпендикулярно плоскость контура Т1-Т2 длиной l_k (рис. 4); по формулам (9-12) определены значения ЭДС и тока в контуре Т1-Т2 для разных вариантов расположения проводника Т2 и тока нагрузки цепи ВЛ 220 кВ, которые сведены в таблицу 1.

Table 1

EMF and current values in the T1-T2 circuit, depending on the value of the load current in the circuits of the 220 kV overhead line

Ток нагрузки цепи ВЛ 220 кВ, А	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
1 вариант расположения проводника Т2										
ЭДС, В	155,8	311,7	467,5	623,7	779,2	857,7	1091	1247	1403	1558
Ток, А	6,5	13	19,5	26	32,5	39	45,5	52	58,5	65
2 вариант расположения проводника Т2										
ЭДС, В	268,1	536,2	804	1072	1341	1609	1877	2145	2413	2681
Ток, А	11	22	33,1	44,1	55,2	66,2	77,2	88,3	99,3	110,3

Выводы

Расчетные значения наведенных ЭДС и тока в контуре Т1-Т2 находятся в линейной зависимости от значения тока нагрузки цепей ВЛ 220 кВ.

Расположение проводника Т2 по варианту 2 приводит к увеличению значения наведенного тока в контуре Т1-Т2 на 41% по сравнению с расположением проводника Т2 по варианту 1.

Расчетные значения токов, наведенных в контуре Т1-Т2, сопоставимы с значениями, приведенными в [7], что позволяет сделать косвенный вывод о возможности применения предлагаемого технического способа для предотвращения гололедообразования на грозотросе двухцепной ВЛ 220 кВ.

Список литературы:

1. Протокол от 17.11.2021 №НШ-333-4пр Всероссийского совещания «О ходе подготовки субъектов электроэнергетики и объектов ЖКХ к прохождению отопительного сезона 2021-2022 годов». г. Москва. 21 с.
2. СТО 56947007- 29.240.01.189-2014. Методические указания по применению альбомов карт климатического районирования территории по субъектам РФ. ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС». Приказ ОАО «ФСК ЕЭС» от 03.10.2014 № 444. 95 с.
3. Masoud Farzaneh. Atmospheric Icing of Power Networks. // Springer Science Business Media B.V. 2008. ISBN: 978-1-4020-8530-7. 388 p.
4. Минуллин Р.Г., Фардиев И.Ш. Локационная диагностика воздушных линий электропередачи. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т. 2008. 202 с.
5. Khrennikov A.Yu., Kuvshinov A.A., Shkuropat I.A. Providing Reliable Operation of Electric Networks // Nova science publishers. New York, 2019. P. 308. ISBN: 978-1-53615-422-1. URL: <https://novapublishers.com/shop/providing-reliable-operation-of-electric-networks/> (дата обращения 15.01.2022)
6. Андриевский В.Н. Эксплуатация воздушных линий электропередачи/ Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Энергия, 1976. 616 с.
7. Шовкопляс С. С. Способ предотвращения гололедообразования на грозозащитных тросах воздушной линии электропередачи сверхвысокого напряжения наведенными токами без вывода ее из работы // Энергетик. 2018. № 8. С. 13–20.
8. Засыпкин А.С., Засыпкин А.С. (мл.). Профилактический обогрев грозозащитных тросов воздушных линий наведенным током // Изв. вузов. Электромеханика. 2018. Т. 61, № 2. DOI:10.17213/0136-3360-2018-2-99-106. С. 99–106
9. Балыбердин Л.Л., Галанов В.И., Крайчик Ю.С., Краснова Б.П., Лозинова Н.Г., Мазуров М.И. Индукционная плавка гололеда на грозозащитных тросах воздушных линий электропередачи. Электрические станции. 2002, № 1. С. 31-37.
10. Ali Raza Solangi. Icing Effects on Power Lines and Anti-icing and De-icing Methods. // TEK-3901-Master's thesis in Technology and Safety in High North- June 2018. UiT The Arctic University of Norway. URL: <https://munin.uit.no/handle/10037/14198?show=full&locale-attribute=en> (дата обращения 15.01.2022)
11. Igor Gutman, Johan Lundengård, Vivendhra Naidoo, Boris Adum. Technologies to reduce and remove ice from phase conductors and shield wires: applicability for Norwegian conditions. // Proceedings – Int. Workshop on Atmospheric Icing of Structures, IWAIS 2019 - Reykjavík, June 23 – 28. URL:https://iwais2019.is/images/Papers/009_Igor_Gutman_Technologies_reduce_remove_ice_Paper_9.pdf (дата обращения 15.01.2022)
12. СТО 56947007-29.240.55.255-2018 Стальные решетчатые опоры новой унификации ВЛ 220 кВ. Указания по применению опор новой унификации при проектировании ВЛ 220 кВ. Филиал АО «НТЦ ФСК ЕЭС» - СибНИИЭ.2018. 323 с.
13. СТО 56947007-29.060.50.015-2008 Филиал ОАО «Инженерный центр ЕЭС» - «Фирма ОРГРЭС», ЗАО «ОПТЭН ЛИМИТЕД» (с Изменениями на 19.01.2021). 16 с.
14. Мельников Н.А., Гершенгорн А.И., Шеренцис А.Н. О системе заземления тросов длинных линий электропередачи// Электричество. 1958 №1. С.25-30.
15. Дмитриев М. В., Родчихин С. В. Грозозащитные тросы ВЛ 35-750 кВ. Выбор мест заземления // Новости ЭлектроТехники. 2017. № 2(104). С. 2-5.
16. Дмитриев М.В., Родчихин С.В. Расчет термической стойкости грозозащитных тросов ВЛ 110-750 кВ // Электроэнергия: передача и распределение. 2017. № 3(42). С. 32–35.
17. Савельев И.В. Курс общей физики. Учеб. пособие для студентов вузов в 3-х т. 2-е изд., перераб. Т. 2. М.: Наука. 1982. 273 с.
18. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. Том 3. Теория электромагнитного поля – 4-е изд. / СПб.: Питер. 2003. 377 с.
19. Мисриханов М.Ш., Рубцова Н.Б., Токарский А.Ю. Обеспечение электромагнитной безопасности электросетевых объектов: монография / 2-е изд. – Москва, Вологда: Инфра-Инженерия. 2019. 508 с.
20. Токарский А.Ю., Рубцова Н.Б., Рябченко В.Н. Напряжение на грозозащитном тросе воздушной линии электропередачи как фактор риска. Часть 1. / Журнал БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕХНОСФЕРЕ Том 5 № 1. 2016. С. 28-40.
21. Цейтлин Л.А. Индуктивности проводов и контуров. Монография: Госэнергоиздат. Ленингр. от-ние, 1950. 229 с.

References:

1. Protocol dated 17.11.2021 №NSh-333-4pr All-Russian meeting «O hode podgotovki sub"ektov elektroenergetiki i ob"ektov ZHKKH k prohozhdeniyu otopitel'nogo sezona 2021-2022 godov» [On the preparation of electric power industry entities and housing and communal services facilities for the 2021-2022 heating season], Moscow, 21 p. (In Russian).
2. STO 56947007-29.240.01.189-2014. Metodicheskie ukazaniya po primeneniyu al'bomov kart klimaticheskogo rajonirovaniya territorii po sub"ektam RF. [Organization standard. 56947007-29.240.01.189-2014. Guidelines for the use of albums of maps of climatic zoning of the territory for the subjects of the Russian Federation]. Order of JSC FGC UES dated 03.10.2014 No. 444. 95 p. (In Russian).
3. Masoud Farzaneh. Atmospheric Icing of Power Networks. // Springer Science Business Media B.V. 2008. ISBN: 978-1-4020-8530-7. 388 p.
4. Minullin R.G., Fardiev I.Sh. Lokacionnaya diagnostika vozdušnyh linij elektroperedachi [Location diagnostics of overhead power lines]. Kazan: Kazan State Energy University. 2008. 202 p. (In Russian).
5. Khrennikov A.Yu., Kuvshinov A.A., Shkuropat I.A. Providing Reliable Operation of Electric Networks // Nova science publishers. New York, 2019. P. 308. ISBN: 978-1-53615-422-1. URL: <https://novapublishers.com/shop/providing-reliable-operation-of-electric-networks/> (accessed 15.01.2022)
6. V.N. Andrievsky. Ekspluatatsiya vozdušnyh linij elektroperedachi [Operation of overhead power lines] Ed. 3rd, revised. and additional. Energiya [Energy], Moscow. 1976. 616 p. (In Russian).
7. S. S. Shovkoplyas. Sposob predotvrashcheniya gololedoobrazovaniya na grozozashchitnyh trosah vozdušnoj linii elektroperedachi sverhvyssokogo napryazheniya navedennymi tokami bez vyvoda ee iz raboty [A method for preventing icing on lightning protection cables of an overhead power transmission line of ultra-high voltage by induced currents without taking it out of operation]. Energetik [Power engineer]. - 2018. - № 8. pp. 5-8. (In Russian).
8. Zasyppkin A.S., Zasyppkin A.S. Jr. Profilakticheskij obogrev grozozashchitnyh trosov vozdušnyh linij navedyonnym tokom [Preventive heating of lightning protection cables of overhead lines by induced current]. Izvestiya vuzov. Elektromekhanika [Universities News. Electromechanics]. 2018. V. 61, № 2. DOI:10.17213/0136-3360-2018-2-99-106. pp. 99-106. (In Russian).
9. Balyberdin L.L., Galanov V.I., Krajchik YU.S., Krasnova B.P., Lozinova N.G., Mazurov M.I. Indukcionnaya plavka gololeda na grozozashchitnyh trosah vozdušnyh linij elektroperedachi [Induction melting of ice on lightning protection cables of overhead power lines]. Elektricheskie stancii [Power stations]. 2002, № 1. pp. 31-37. (In Russian).
10. Ali Raza Solangi. Icing Effects on Power Lines and Anti-icing and De-icing Methods. // TEK-3901-Master's thesis in Technology and Safety in High North- June 2018. UiT The Arctic University of Norway. URL: <https://munin.uit.no/handle/10037/14198?show=full&locale-attribute=en> (accessed 15.01.2022)
11. Igor Gutman, Johan Lundengård, Vivendhra Naidoo, Boris Adum. Technologies to reduce and remove ice from phase conductors and shield wires: applicability for Norwegian conditions. // Proceedings – Int. Workshop on Atmospheric Icing of Structures, IWAIS 2019 - Reykjavík, June 23 – 28. URL: https://iwais2019.is/images/Papers/009_Igor_Gutman_Technologies_reduce_remove_ice_Paper_9.pdf (accessed 15.01.2022)
12. STO 56947007-29.240.55.255-2018 Stal'nye reshetchatye opory novoj unifikacii VL 220 kV. Ukazaniya po primeneniyu opor novoj unifikacii pri proektirovanii VL 220 kV [Organization standard. 56947007-29.240.55.255-2018 Steel lattice supports of the new unification of 220 kV overhead lines. Guidelines for the use of new unification supports in the design of 220 kV overhead lines]. Branch of JSC STC FGC UES. - Siberian Research Institute of Energy, 2018. 323 p. (In Russian).
13. STO 56947007-29.060.50.015-2008 Grozozashchitnye trosy dlya vozdušnyh linij elektroperedachi 35-750 kV. Tekhnicheskie trebovaniya. [Organization standard. Lightning protection cables for overhead power lines 35-750 kV. Technical requirements.] ZAO OPTEN Ltd. (with Changes as of 01/19/2021). 16 p. (In Russian).
14. Mel'nikov N.A., Gershengorn A.I., SHERencis A.N. O sisteme zazemleniya trosov dlinnyh linij elektroperedachi [About the grounding system for cables of long power lines]. // Elektrichestvo [Electricity]. 1958 №1. pp.25-30. (In Russian).
15. Dmitriev M. V., Rodchihin S. V. Grozozashchitnye trosy VL 35-750 kV. Vybor mest zazemleniya [Lightning protection cables VL 35-750 kV. Choice of grounding locations]. Novosti ElektroTehniki [News Electrical Engineering]. 2017. № 2(104). pp. 2-5. (In Russian).

16. Dmitriev M. V., Rodchihin S. V. Raschet termicheskoy stojkosti grozozashchitnyh trosov VL 110-750 kV [Calculation of thermal resistance of lightning protection cables of 110-750 kV overhead lines]. Elektroenergiya: peredacha i raspredeleniye. [Electricity: transmission and distribution]. 2017. № 3(42). pp. 32–35. (In Russian).
17. Savelyev I.V. Kurs obshchey fiziki [Course of general physics]. Proc. manual for students of technical universities in 3 volumes. 2nd ed., revised. V. 2. Nauka [The science], Moscow. 1982. 273 p. (In Russian).
18. Demirchyan K.S., Neiman L.R., Korovkin N.V., Chechurin V.L. Teoreticheskiye osnovy elektrotekhniki [Theoretical foundations of electrical engineering]. In 3 volumes. Textbook for universities. Volume 3. Electromagnetic field theory - 4th ed. Saint Petersburg. 2003. 377 p. (In Russian).
19. Misrihanov M. SH., Rubcova N.B., Tokarskiy A.YU. Obespechenie elektromagnitnoj bezopasnosti elektrosetevyh ob"ektov [Ensuring electromagnetic safety of power grid facilities]. Monograph. 2nd ed. - Moscow, Vologda: Infra-Engineering, 2019. 508 p. (In Russian).
20. Tokarskiy A.YU., Rubtsova N.B., Ryabchenko V.N. Napryazheniye na grozozashchitnom trose vozdushnoy linii elektroperedachi kak faktor riska.Chast' 1 [Voltage on the ground wire of an overhead power line as a risk factor. Part 1]. Zhurnal BEZOPASNOST' V TEKHNOSFERE [Journal SAFETY IN TECHNOSPHERE]. Vol 5 № 1. 2016. pp. 28-40. (In Russian).
21. Tseytlin L.A. Induktivnosti provodov i konturov [Inductance of wires and circuits]. Monograph: Gosnengroizdat [State scientific and technical publishing house of energy literature]. Leningrad. 1950. 229 p. (In Russian).

УДК 327

DOI: 10.24412/2658-4255-2022-1-35-44

Для цитирования:

Я.М. Топорикова
Перспективы сотрудничества
России и Канады в Арктике //
Российская Арктика. 2022.
№ 16. С. 35–44

Получена: 23.11.2021

Принята: 15.04.2022

Опубликована: 20.04.2021



Статья распространяется
в полнотекстовом формате на
условиях лицензии Creative
Commons Attribution 4.0

Автор заявил об отсутствии
конфликта интересов

ПЕРСПЕКТИВЫ СОТРУДНИЧЕСТВА РОССИИ И КАНАДЫ В АРКТИКЕ

Я.М. Топорикова¹

¹ Московский государственный институт международных отношений (университет); Москва, Россия
janatoporikowa@yandex.ru

Аннотация: Россия и Канада – два крупнейших арктических государства, которым присущи схожие природно-географические и социальные особенности, что в значительной степени позволяет рассматривать их как «естественных партнёров». После 2014 года российско-канадское сотрудничество существенно сократилось во многих сферах, и именно Арктика – регион, где страны имеют взаимосвязанные интересы и сталкиваются с одинаковыми вызовами – потенциально может стать платформой для возобновления добрососедских российско-канадских отношений

Примечательно, что в политических и научных кругах России и Канады не раз отмечали взаимовыгодный характер двустороннего сотрудничества и демонстрировали готовность пойти на сближение с партнёром. Именно поэтому есть все основания полагать, что российско-канадский диалог в Арктике имеет позитивные шансы на развитие и укрепление.

2021 – 2023 гг., период Председательства Российской Федерации в Арктическом Совете, является оптимальной возможностью выйти на новый этап отношений с Канадой в Арктике (посредством активизации как многостороннего, так и двустороннего сотрудничества), в связи с чем особый интерес представляет анализ существующих перспектив в арктическом партнёрстве России и Канады.

Ключевые слова: Арктика, Россия, Канада, сотрудничество, международные отношения

PROSPECTS OF THE RUSSIA-CANADA COOPERATION IN THE ARCTIC

Y.M. Toporikova¹

¹ Moscow State Institute of International Relations (MGIMO-University),
Moscow, Russia

Abstract: Russia and Canada are the two largest Arctic states with similar natural, geographical and social features, which makes it possible to fairly consider them as “natural partners”. Russia-Canada cooperation has declined in a number of spheres since 2014. The Arctic, being a region where countries possess interrelated interests and encounter similar challenges, is likely to become a re-launching pad for the good-neighborly relations between Russia and Canada. Remarkably, both Russian and Canadian politicians and experts have stressed potential mutual benefits from the bilateral cooperation and expressed the willingness for a rapprochement. Therefore, the Russia-Canada partnership faces positive prospects, which creates opportunities for a progressive development.

In 2021-2023, while the Russian Federation is chairing the Arctic Council, there is an appropriate opportunity to launch a new

chapter in the relations between Russia and Canada, both through multilateral and bilateral collaboration. Thus, the analysis of the most advantageous spheres of cooperation is of a particular interest.

Keywords: Arctic, Russia, Canada, cooperation, international relations

Окончание «холодной войны» привело к заметному потеплению в отношениях России и Канады. Однако уже с начала XXI века российско-канадское взаимодействие становилось всё менее эффективным и после 2014 года минимизировалось во многих сферах, включая совместную деятельность в Арктике. Разногласия между Россией и Канадой по ряду международных вопросов (украинские события 2014 г., ситуация на Ближнем Востоке, расширение НАТО на восток, текущий геополитический кризис), а также политика НАТО, членом которого является Канада, в отношении России, препятствуют улучшению российско-канадских отношений. В то же время тесное сотрудничество отвечает интересам обоих государств, которые имеют схожие природно-географические и социальные особенности и, следовательно, являются естественными партнёрами. По мнению автора, именно арктический вектор может стать начальным этапом в общем улучшении отношений России и Канады. В работе будут рассмотрены основные линии российско-канадского партнёрства в Арктике и сферы, в которых это взаимодействие может быть усилено. Цель статьи – доказать, что Арктический трек играет важную роль в российско-канадских отношениях, поскольку наличие общих интересов и вызовов в Арктике предопределяет необходимость поддержания контактов двух государств. Для написания работы автором были проанализированы ряд монографий и аналитических статей, посвящённых международному сотрудничеству в Арктике, а также выступления российских и канадских экспертов на международных конференциях по Арктике.

В условиях текущего геополитического кризиса было свернуто не только двустороннее сотрудничество России и Канады в Арктике, но и взаимодействие в рамках многосторонних структур, например, в рамках Арктического совета. Однако важно учитывать, что арктический регион традиционно считался наименее конфликтной зоной, на которую в меньшей степени экстраполируется непростая политическая обстановка, а значит, есть шансы, что восстановление отношений России и западных арктических государств начнется именно в Арктике. Подобной позиции придерживается профессор МГИМО, д.ист.н. Л.С. Воронков [1], который характеризует взаимодействие России и отдельных стран-членов НАТО по арктическим вопросам как прагматичные, подчёркивая, что в продвижении своих национальных интересов в Арктике региональным государствам-членам альянса проще обрести общую позицию с Россией, нежели с внерегиональными союзниками по блоку. Л.С. Воронков свидетельствует [1], что международная напряженность не помешала странам-членам Арктического совета, среди которых Россия и Канада, заключить ряд взаимовыгодных соглашений, в частности, о сотрудничестве служб береговой охраны (2015 г.) и о научном сотрудничестве в Арктике (2017 г.). Важно также упомянуть и то, что в 2015 г. Канада объявила о

бойкоте заседания Целевой группы Арктического совета по проблеме выбросов сажи и метана в Москве, однако даже подобный демарш не привел к полному сворачиванию арктического партнёрства с Россией. Обращает на себя внимание и то, что как пишет профессор МГИМО, к.и.ст.н. А.В.Загорский [2], даже после украинского кризиса Канада не склонна рассматривать Россию в качестве непосредственной военной угрозы: канадские эксперты не раз заявляли, что риски для безопасности их страны в Арктике носят скорее нетрадиционный характер – например, угрозы социального, климатического, техногенного характера. Перечисленные в данном абзаце аргументы подтверждают, что длительная пауза во взаимодействии по арктическим вопросам не отвечает интересам ни одного из арктических государств и есть все основания полагать, что в ближайшее время партнёрство в данной сфере начнет возобновляться.

Важно учитывать, что на данный момент у власти находится либеральное правительство Дж.Трюдо, в чьей политической линии в отношении России конфронтационная тенденция чередуется с курсом на смягчение напряженности [3]. Однако для арктического измерения представляется важным то, что правительство Дж. Трюдо отделяет арктический вектор взаимодействия с Россией от российско-канадского сотрудничества в целом именно ввиду особой значимости Арктики для Канады [4]. Иными словами, правительство Канады признает, что сохранение контактов с Россией необходимо для благополучия канадской Арктики.

Важным аспектом в отношениях России и Канады в Арктике является отсутствие крупных территориальных споров. Изначально сближению двух государств в некоторой степени способствовало то, что только СССР и Канада из восьми арктических государств поддерживали секторальный подход в своем видении региона и закрепляли на законодательном уровне, хотя в международном праве данный принцип отсутствовал [1]. Позднее Россия отошла от этого подхода, о чем может свидетельствовать делимитация морских пространств и континентального шельфа в Баренцевом море в соответствии с соглашением между Россией и Норвегией 2010 года по принципу равного отстояния. Российские заявки в комиссию по границам континентального шельфа также идут вразрез с «секторальным принципом». Отход от данного принципа породил возникновение «спорных зон» в ряде мест континентального шельфа между Россией и Канадой, а также Данией. С 2007 года проводятся регулярные встречи геологических служб этих государств, а после подачи Канадой итоговой заявки в Комиссию по континентальному шельфу в 2019 году стороны приступили к долгосрочным переговорам по поиску компромиссов в «споре» о принадлежности шельфа. В целом, существующие в Арктике территориальные споры носят латентный характер и могут быть решены мирным путем.

Перейдём к конкретным сферам взаимодействия России и Канады в Арктике. Оба государства входят в состав «арктической пятерки» - Дании, Канады, Норвегии, России и США (пять прибрежных государств), которых объединяет стремление к охране и обеспечению благосостояния своих приполярных районов. «Арктическая пятёрка» инициировала принятие ряда важнейших соглашений. Примером может служить Иллулиссатская декларация 2008 г.[6], в которой стороны договорились о совместных действиях в отношении ряда общих арктических вызовов,

и проведение конференции Иллулиссат-2 в 2018 г.[7]. Кроме того, пять арктических государств выступают против «интернационализации» Арктики, вызванной увеличением интереса к региону со стороны внерегиональных акторов [4]. Подобная популярность Арктики в мировом сообществе также сближает позиции государств «пятерки», в том числе России и Канады, и обуславливает необходимость выработать общие принципы управления Арктикой. В продолжение разговора об управлении регионом, отметим, что Россия и Канада владеют крупнейшими исключительными экономическими зонами в Арктическом регионе [8] и, как следствие, заинтересованы в регулировании рыбного вылова в Северном Ледовитом океане, что диктует необходимость координировать действия в данной сфере. Пример сотрудничества по этому вопросу может быть наглядно проиллюстрирован Соглашением о предотвращении нерегулируемого рыбного промысла в открытом море и центральной части Северного Ледовитого океана.

Важнейшей точкой конвергенции Москвы и Оттавы является благополучие коренных народов Арктики, которые проживают на обширной территории как в России, так и в Канаде. В «Основах канадской политики в отношении Арктики и Севера» вопросам прав и благополучия коренных арктических народов уделяется особое внимание: более половины из 8 «опор» (pillars) новой стратегии имеют отношение именно к данной области [5]. Речь идёт о защите прав коренных народов, развитии инфраструктуры в северных регионах и продолжение освоения Севера в целом, о социально-экономическом и административном развитии арктических территорий Канады, куда входят Северо-Западные территории, а также Нунавут и Юкон, составляющие около 40% площади Канады, где проживает порядка 200 тысяч человек [1]. Примечательно, что Россия и Канада имеют опыт успешного взаимодействия по вопросам коренных народов Севера в рамках рабочих групп Арктического совета. Иллюстрацией подобной деятельности служат проекты «Молодёжь коренных народов Арктики, изменение климата и культура питания», «Демографический индекс» и т.д. [9]. Активно участвуют Россия и Канада и в Международном союзе циркумполярного здравоохранения [9]. Однако важным является не только межгосударственное, но и межрегиональное сотрудничество. Наиболее активно из числа субъектов РФ подобный формат практиковала, например, Республика Саха (Якутия). Так, в 2006 году был реализован проект по реакклиматизации канадских бизонов в Якутии [3]. Примечательно, что сотрудничество по этой линии, согласно договору между Республикой Саха (Якутия) и Канадскому агентству по управлению национальными парками от декабря 2019 г., продолжалось и в марте 2020 г., несмотря на пандемию [9]. Для российских регионов международное сотрудничество в Арктике имеет важное значение: так, в Концепции международных, внешнеэкономических и межрегиональных связей республики Саха (Якутия) [10] арктический вектор международного сотрудничества является одним из основных. В пункте 3.4.2. документа обозначено, что «приоритетными направлениями сотрудничества с США, Канадой, странами Евросоюза являются наука, образование, культура, спорт». Межрегиональное партнёрство может активно осуществляться и через многосторонние структуры, например, через Северный Форум (Секретариат располагается в Якутске). Так, в сентябре 2021 состоялись раунды переговоров Секретариата Северного Форума с Канадой по устойчивому развитию в северных регионах, одна из тем, подлежащих

обсуждению, - развитие транспортной инфраструктуры в условиях вечной мерзлоты [11]. Канадские регионы долгое время не участвовали в работе Северного Форума, и именно поэтому возобновление их участия может благоприятно сказаться на российско-канадском взаимодействии по региональной политике.

Предметом для совместной российско-канадской деятельности может также стать культура коренных народов Севера, включая вопрос сохранения языков арктических народов и поддержка традиционных видов спорта. Во-первых, полезными будут культурные обмены (совместные фестивали, выставки и т.д.), а также обмен опытом в области популяризации культуры коренных народов Арктики. Во-вторых, некоторые народы проживают и в России, и в Канаде, а значит, вопрос сохранения их культуры и традиций является одинаково важным для обоих государств. К таким народам относятся, например, инуиты.

Потенциальным полем для сотрудничества Москвы и Оттавы является сфера инноваций. Актуальность данной области вызвана в том числе пандемией COVID-19, которая продиктовала необходимость активного внедрения цифровых технологий в повседневную жизнь. В этом контексте особенно важен вопрос бесперебойного доступа к Интернету и получение качественного образования с применением дистанционных технологий. Вероятно, началом для совместной деятельности России и Канады в этой сфере мог бы стать обмен мнениями и существующими практиками. Практические проекты могут быть разработаны также в рамках многосторонних структур. Как уже было ранее упомянуто, оба государства имеют опыт совместной работы в рамках Рабочей группы по устойчивому развитию Арктического совета (Sustainable Development Working Group), где, в том числе, обсуждается цифровизация арктических регионов.

Продолжая разговор о взаимодействии по достижению благополучия коренных народов, стоит рассмотреть также точку зрения исследователей М.М. Паникар и А.И. Опрышко, которые считают горнодобывающую промышленность наиболее перспективной отраслью для укрепления российско-канадского сотрудничества в Арктике [12]. Авторы данной статьи приводят в пример деятельность канадской золотодобывающей компании «Кинросс Голд», реализующей проекты в России, а также представляющей пример двустороннего сотрудничества в развитии северных регионов. Так, у данной компании имеется фонд «Купол», посредством которого она занимается инвестициями в социально-экономическое развитие Чукотского АО. Таким образом, канадские горнодобывающие компании являются одними из крупнейших инвесторов на Дальнем Востоке России и в Арктической зоне. Кроме того, во время видеоконференции «Сотрудничество России и Канады в Арктике», организованной в апреле 2021 года Центром канадских исследований при Санкт-Петербургском государственном университете при содействии МИД России, правительств Санкт-Петербурга и ряда регионов, вице-президент «Кинросс Голд» С. Бородюк отметил, что кадровая политика компании имеет приоритет найма работников среди малочисленных коренных народов Севера [13].

Интересы России и Канады совпадают также в области экологии Арктики, где оба государства сталкиваются с одинаковыми вызовами: таяние вечной мерзлоты, влияние изменения климата на благополучие коренных народов, загрязнение морских экосистем и т.д. Подчеркнем,

что Россия и Канада имеют опыт успешного взаимодействия в научно-исследовательской деятельности по экологическим вопросам. Подтверждением тому служит, например, сотрудничество между Арктическим государственным агротехнологическим университетом (Республика Саха) и Мемориальным университетом Ньюфаундленда, которое подразумевает совместные программы по изучению вышеперечисленных проблем. [9] Необходимость объединять усилия двух государств в области сохранения биологического разнообразия продиктована тем, что ввиду схожего географического положения и топографических условий, флора и фауна двух государств в значительной степени совпадают (в том числе, редкие виды), что учёными был предложен проект по восстановлению поголовья северных оленей карибу на территории Канады (Якутия имеет опыт разведения данного вида). [9] Другим примером результативного российско-канадского сотрудничества в рассматриваемой области служат совместные научные экспедиции в северной части Тихого океана, проведенные в 2019-2020 гг. с целью изучить процесс формирования популяции лососевых рыб.[9]

Ранее уже было упомянуто о рисках нетрадиционного характера, с которыми сталкиваются арктические государства, включая Россию и Канаду: изменение климата, таяние льдов и вечной мерзлоты, загрязнение окружающей среды и т.д. Вместе с тем, традиционные проблемы, например, в сфере безопасности, остаются на периферии сотрудничества. По словам А.В. Загорского, [2] в Арктике сохраняется фрагментация сотрудничества по вопросам безопасности – нет ни одной субрегиональной организации, которая бы ими занималась. Тем не менее, необходимость взаимодействия в данной сфере и предупреждения угроз безопасности осознается арктическими государствами уже давно, особенно учитывая, как уже было упомянуто, возрастающее внимание к Арктике со стороны внерегиональных держав. Так, на сайте министерства иностранных дел Канады в разделе «Внешняя политика Канады в Арктике» подчёркнута важность сотрудничества арктических государств по реагированию на чрезвычайные ситуации в Арктике.[14] Примечательно, что арктические государства уже принимали меры для построения инклюзивной архитектуры безопасности в Арктике. Проводились встречи начальников генеральных штабов государств-членов Арктического Совета, организовывался Круглый стол по вопросам арктической безопасности на уровне старших офицеров военно-морских сил и береговой охраны. [4] Сотрудничество в данной области минимизировалось после 2014 года, однако российская сторона все более активно выступает за возобновление работы данных форматов. К примеру, в мае 2021 года С.В. Лавров во время своего выступления в Рейкьявике на министерской встрече Арктического совета предложил провести встречу на уровне военных экспертов генеральных штабов восьми стран Арктического совета.[15]

Проанализируем формат сотрудничества России и Канады в сфере транспорта. Важно, что обе стороны разделяют подход к своим главным транспортным артериям – Северному морскому пути (СМП) и Северо-Западному проходу (СЗП) соответственно. Как в Москве, так и в Оттаве заинтересованы в обеспечении безопасности судоходства по трансарктическим маршрутам, и именно поэтому потенциал для плодотворного двустороннего сотрудничества в этой сфере велик [16]. Конкретные направления сотрудничества – выработка правил

навигации в покрытых льдом морях, развитие международно-правового статуса морских путей и строительство инфраструктуры и ледокольного флота [16]. Кроме того, по словам Л.С. Воронкова, стороны намерены расширять свои транспортные связи для построения солидной сети транспортных дорог в Арктике [1]. Примером общей деятельности в строительстве коммуникаций служит проект пути «Арктический мост» (2003 г.), протягивающегося от российского города-порта Мурманска до канадского порта Черчилл. Из-за закрытия порта маршрут был заморожен, однако «Арктический мост» по-прежнему остается крупным и многообещающим российско-канадским проектом. В случае продолжения ускоренного таяния арктических льдов в регионе могут открыться и другие транспортные маршруты, такие как Трансполярный морской путь, проходящий прямо через Северный полюс [16]. Однако необходимо принимать во внимание, что у сотрудничества в области трансарктических маршрутов есть и другая сторона - развитие транспортных путей не является приоритетом Арктической стратегии Канады, вследствие чего наблюдается недостаток инвестиций в развитие транспортных путей и инфраструктуры со стороны Канады. В целом же, Россия и Канада в транспортной сфере могут получить ощутимые плоды от объединения усилий.

При написании работы внимание автора привлекло то, что в 2021 г. состоялся ряд международных мероприятий, в рамках которых представители России и Канады подтвердили свою готовность улучшить двусторонние отношения. Так, в начале сентября 2021 года во Владивостоке состоялся Восточный экономический форум (ВЭФ-2021). Канаду на форуме представляли как официальные представители, так и делегаты от ряда компаний и организаций, интересующихся Дальним Востоком и Арктикой. В рамках форума состоялся круглый стол «Россия-Канада», а также было подписано соглашение между Фондом Росконгресс и Канадской ассоциацией вечной мерзлоты, которое будет способствовать сотрудничеству двух организаций, экспертных и научных сообществ в изучении климатических изменений и их воздействия на окружающую среду Арктики. В рамках того же форума состоялись встречи между Чрезвычайным и Полномочным Послом Канады Э.М. Леклер и руководителями образовательных учреждений, в частности, и.о. ректора Дальневосточного федерального университета (ДВФУ) Алексеем Кошелем. Посол Канады подтвердила стремление Канады расширять научно-образовательные связи с Россией. [17] В декабре 2021 г. состоялась конференция «Российско-канадское сотрудничество в сфере устойчивого развития Арктического региона». Конференция является частью проекта ThinkArctic и осуществляется Фондом Росконгресс, Центром комплексных европейских и международных исследований НИУ ВШЭ и Аналитическим центром при Правительстве РФ в рамках председательство России в Арктическом совете.

В результате проделанной работы автору удалось прийти к следующим выводам. Полное прекращение сотрудничества России и Канады в Арктике не только невыгодно обеим сторонам, но и отрицательно скажется на благополучии региона; именно поэтому даже в условиях сложной политической обстановки Россия и Канада есть все основания полагать, что взаимодействие по арктическим вопросам продолжится. Арктика предоставляет большое количество путей для укрепления российско-канадского сотрудничества: коренные народы Севера,

туризм, экология, безопасность региона, строительство инфраструктуры, транспортные пути и т.д. Прочному партнёрству благоприятствует и то, что Россия и Канада уже имеют опыт успешного взаимодействия по ряду арктических вопросов не только в рамках многосторонних структур, но и в плоскости двусторонних отношений. Таким образом, реализация совместных проектов и достижение общих целей в Арктике действительно может стать точкой отсчёта для общего потепления в отношениях России и Канады.

Список литературы:

1. Воронков Л.С. Геополитические и международные проблемы современной Арктики: монография. М.: МГИМО-Университет, 2021. 498 с.
2. Загорский А.В. Нестратегические вопросы безопасности и сотрудничества в Арктике. М.: ИМЭМО РАН, 2016. 140 с.
3. Отв. ред. В.И.Соколов. Коллективная монография Института США и Канады РАН. Канада: современные тенденции развития. К 150-летию государства. М:Весь мир, 2017. 430 с.
4. Отв. ред. В. Н. Гарбузов ; ред.-сост. Т. Р. Кузьмина ; ред. Е. Н. Катасонова Российско-канадские отношения: от экономики до культуры. М: Весь Мир, 2019. 167 с.
5. Основы канадской политики в отношении Арктики и Севера от 2019 г. Сайт правительства Канады. URL: <https://www.rcaanc-cirnac.gc.ca/eng/1560523306861/1560523330587> (дата обращения: 18.08.2021).
6. The 2008 Ilulissat Declaration. https://web.archive.org/web/20120310172346/http://www.oceanlaw.org/downloads/arctic/Ilulissat_Declaration.pdf ((дата обращения: 01.02.2022)
7. Конышев В., Сергунин А. Арктика – 2018. Жив ли дух Илулиссатской декларации? // Российский совет по международным делам. 2018. URL: <https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/arktika-2018-zhiv-li-dux-ilulissatskoy-deklaratsii/> (дата обращения: 02.02.2022)
8. Андреа Чаррон. Большие и северные. Могут ли Россия и Канада сотрудничать в Арктике. // Московский центр Карнеги. 2021. URL: <https://carnegie.ru/commentary/85070> (дата обращения: 02.02.2022)
9. Российско-канадское сотрудничество в сфере устойчивого развития арктического региона // Росконгресс. 2021. URL: https://roscongress.org/upload/medialibrary/852/Think-Arktic_rus_canada.pdf (дата обращения: 20.01.2022)
10. Концепция международных, внешнеэкономических и межрегиональных связей Республики Саха (Якутия) // Глава Республики Саха (Якутия) . 2020. URL: от 4 сентября 2020 г. № 1405 (sakha.gov.ru) (дата обращения: 10.10.2021)
11. Серия встреч с Канадой // Северный Форум. 2021. URL: Серия встреч с Канадой: онлайн-конференция "Развитие транспортной инфраструктуры в условиях вечной мерзлоты" - The Northern Forum (Дата обращения: 10.11.2021)
12. Паникар М.М. Опрышко А.И. Российско-канадские отношения в Арктическом регионе в начале XXI века: состояние и перспективы. Канадский ежегодник. 2015. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rossiysko-kanadskie-otnosheniya-v-arkticheskom-regione-v-nachale-xxi-veka-sostoyanie-i-perspektivy> (дата обращения: 19.08.2021)
13. Международная научно-практическая конференция «Сотрудничество России и Канады в Арктике на федеральном и региональном уровне: инфраструктура, экономические возможности и благополучие северян» // Санкт-Петербургский государственный университет . 2021. URL: <https://spbu.ru/openuniversity/documents/mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-sotrudnichestvo-rossii> (дата обращения: 01.02.2022)
14. Внешняя политика Канады в Арктике // Сайт правительства Канады. 2017. URL: https://www.international.gc.ca/world-monde/international_relations-relations_internationales/arctic-arctique/arctic_policy-canada-politique_arctique.aspx?lang=eng (дата обращения: 05.11.2021)
15. Выступление Министра иностранных дел Российской Федерации С.В.Лаврова на XII министерской сессии Арктического совета, Рейкьявик, 20 мая 2021 года // Министерство иностранных дел РФ. URL: https://archive.mid.ru/ru/foreign_policy/news/-/asset_publisher/cKNonkJE02Bw/content/id/4738773

16. Киргизов-Барский А.В. Развитие Северного морского пути: перспективы международного сотрудничества. Россия и мир: научный диалог. 2021;1(1):67-77. <https://doi.org/10.53658/RW2021-1-1-67-77>
17. Итоги ВЭФ-2021 // Восточный экономический форум. Росконгресс. URL: Итоги ВЭФ – 2021 (forumvostok.ru) (дата обращения: 05.11.2021)

References:

1. Voronkov L.S. Geopoliticheskie i mezhdunarodnye problemy sovremennoj Arktiki: monografiya. [Geopolitical and International Problems of the modern Arctic] M.: MGIMO-Universitet, 2021. 498 s.(In Russian)
2. Otv. red. V.I.Sokolov. Kollektivnaya monografiya Instituta SSHA i Kanady RAN. Kanada:sovremennye tendencii razvitiya. K 150-letiyu gosudarstva. M:Ves' mir, 2017. 430 s.
3. Otv. red. V. N. Garbuzov ; red.-sost. T. R. Kuz'mina ; red. E. N. Katasonova Rossijsko-kanadskie otnosheniya: ot ekonomiki do kul'tury. [Russia-Canada relations: from economy to culture.]M: Ves' Mir, 2019. 167 s. (In Russian)
4. Osnovy kanadskoj politiki v otnoshenii Arktiki i Severa ot 2019 g. [Canada's Arctic and Northern Policy Framework]. Sajt pravitel'stva Kanady.[Government of Canada]. URL: <https://www.rcaanc-cirnac.gc.ca/eng/1560523306861/1560523330587> (accessed:18.08.2021). (In English).
5. Zagorskij A.V. Nestrategicheskie voprosy bezopasnosti i sotrudnichestva v Arktike . [Non-Strategic Security and Cooperation Issues in the Arctic]. M. : IMEMO RAN, 2016. 140 s.(In Russian)
6. The 2008 Ilulissat Declaration. https://web.archive.org/web/20120310172346/http://www.oceanlaw.org/downloads/arctic/Ilulissat_Declaration.pdf (accessed: 01.02.2022) (In English)
7. Konyshov V., Sergunin A. Arktika – 2018. Zhiv li duh Ilulissatskoj deklaracii? [Does the spirit of the Ilulissat Declaration still exist?] // Rossijskij sovet po mezhdunarodnym delam. [Russian International Affairs Council]. 2018. URL: <https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/arktika-2018-zhiv-li-dux-ilulissatskoj-deklaratsii/> (accessed: 02.02.2022) (In Russian)
8. Andrea CHarron. Bol'shie i severnye. Mogut li Rossiya i Kanada sotrudnicat' v Arktike. [Large and Northern. Can Russia and Canada cooperate in the Arctic].// Moskovskij centr Karnegi. [Carnegie Moscow Center]. 2021. URL: <https://carnegie.ru/commentary/85070> (accessed: 02.02.2022) (In Russian)
9. Rossijsko-kanadskoe sotrudnichestvo v sfere ustojchivogo razvitiya arkticheskogo regiona [Russia-Canada cooperation in the sustainable development of the Arctic region].// Roskongress. 2021. URL: https://roscongress.org/upload/medialibrary/852/Think-Arctic_rus_canada.pdf (accessed: 20.01.2022) (In Russian)
10. Konceptsiya mezhdunarodnyh, vneshneekonomicheskikh i mezhhregional'nyh svyaze Respubliki Saha (Yakutiya). [Yakutia's Framework for international, economic and interregional affairs]; // Glava Respubliki Saha (Yakutiya) [Head of the Republic of Sakha(Yakutia)]. 2020. URL: <https://glava.sakha.gov.ru/ot-4-sentyabrya-2020-g-----1405> (sakha.gov.ru) (accessed: 10.10.2021)
11. Series of meetings with Canada // Northern Forum. 2021. URL: <https://www.northernforum.org/ru/news/news2/949-seriya-vstrech-s-kanadoj-onlajn-konferentsiya-razvitie-transportnoj-infrastruktury-v-usloviyakh-vechnoj-merzloty> (accessed: 10.11.2021)
12. Panikar M.M. Opryshko A.I. Rossijsko-kanadskie otnosheniya v Arkticheskom regione v nachale XXI veka: sostoyanie i perspektivy.[Russia-Canada relations in the Arctic at the beginning of the XXI century: current situations and prospects]. Kanadskij ezhegodnik. [Canada's Yearbook]. 2015. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rossiysko-kanadskie-otnosheniya-v-arkticheskom-regione-v-nachale-xxi-veka-sostoyanie-i-perspektivy> (accessed 19.08.2021)
13. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Sotrudnichestvo Rossii i Kanady v Arktike na federal'nom i regional'nom urovne: infrastruktura, ekonomicheskie vozmozhnosti i blagopoluchie severyan» [International scientific conference 'Cooperation between Russia and Canada in the Arctic at the federal and regional levels: infrastructure, economic opportunities and well-being of northern peoples]// Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet [Saint-Petersburg State University]. 2021. URL: <https://spbu.ru/openuniversity/documents/mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-sotrudnichestvo-rossii> (accessed: 01.02.2022)
14. Vneshnyaya politika Kanady v Arktike [Canada's Foreign Policy in the Arctic]// Pravitel'stvo

- Kanady. [Government of Canada] 2017. URL: https://www.international.gc.ca/world-monde/international_relations-relations_internationales/arctic-arctique/arctic_policy-canada-politique_arctique.aspx?lang=eng (accessed: 05.11.2021)
15. Vystuplenie Ministra inostrannyh del Rossijskoj Federacii S.V.Lavrova na XII ministerskoj sessii Arkticheskogo soveta, Rejk'yavik, 20 maya 2021 goda [e Russian Foreign Minister Sergey Lavrov's statement at the 12th Ministerial meeting of the Arctic Council, Reykjavik, May 20, 2021] // Ministerstvo inostrannyh del RF [Russian Foreign Ministry]. URL: https://archive.mid.ru/ru/foreign_policy/news/-/asset_publisher/cKNonkJE02Bw/content/id/4738773
 16. Kirgizov-Barskij A.V. Razvitie Severnogo morskogo puti: perspektivy mezhdunarodnogo sotrudnichestva. [The development of the Northern Sea Route. Prospects of the international cooperation]. Rossiya i mir: nauchnyj dialog. [Russia and the world: scientific cooperation], 2021;1(1):67-77. <https://doi.org/10.53658/RW2021-1-1-67-77>
 17. Itogi VEF-2021 [Outcomes of the EEF-2021]// Vostochnyj ekonomicheskij forum. [Eastern Economic Forum]. Roskongress. URL: <https://forumvostok.ru/archive/2021/outcomes-of-the-eef-2021/> (accessed: 05.11.2021)

УДК 327

DOI: 10.24412/2658-4255-2022-1-45-50

Для цитирования:

Vikram Suhag Prospects of an India-Russia cooperation for Northern Agriculture // Российская Арктика. 2022. № 16. С. 45–50

Получена: 23.03.2022

Принята: 15.04.2022

Опубликована: 21.04.2022



Статья распространяется в полнотекстовом формате на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0

PROSPECTS OF AN INDIA-RUSSIA COOPERATION FOR NORTHERN AGRICULTURE

Vikram Suhag¹

¹ Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (аспирант). Москва, Россия

¹ PhD Student, Russian Presidential Academy of National economy and Public Administration, Moscow, Russia
Vikram.suhag499167@gmail.com

Abstract: The article discusses the food security dimension facing India and tries to look at the Arctic emerging as a future agriculture hot spot as the agriculture expands northwards due to climate change. In the recent years India has been trying to make a way into the Arctic, primarily to counter the growing Chinese influence. This push has primarily been due to Geo-strategic reasons as the strategic lever that India held to contain China in the Indian ocean region through its strong control of Sea lanes of communications and strategic Naval assets in the Malacca strait is fading due to the possible opening of the Northern Sea route. This is a very strong concern in the Indian thinking circles because it enables China to bypass the Indian security architecture in the Indian ocean region. But We have all the reasons to look at all the possible areas that Arctic may open for India in the future. One such area as spelled out in the latest Arctic policy released by Government of India on 17th March 2022 is the scope of scientific cooperation. It is important to note the stress on research mentioned in this document also looks at Arctic geology. India with its growing population, rapid urbanization and changing rainfall patterns has witnessed a decline in agricultural output over years and this trend would be aggravated due to climate change. As the Arctic shows some prospects of becoming a contributor to global food security, it is worth mentioning the need to look at the region from a food security prism and start the geological research cooperation with Russia, which has the largest arctic territory and explore the feasibility of the region towards India's food security.

Keywords: India-Russia bilateral relationship, Russian arctic, polar agriculture, Indian arctic policy, Food security, Arctic strategy, Arctic ecology

India-Russia cooperation in terms of the quality of engagements we today are a result of the “Strategic Partnership Treaty” signed in 2000. It was in the treaty from 2000 where both countries decided to realize the importance of bilateral relations and cooperation in spheres of military, security, space, nuclear science, and technology. The treaty led to institutionalization of high-level political interactions through annual bilateral summits. In 2010, the bilateral relationship was further bolstered with the signing of the “Special and Privileged Partnership”. One of the results of institutionalizing interactions has been the in Trade, and economic cooperation between the two countries has been bolstered through the India-Russia Inter-Governmental Commission on Trade, Economic, Scientific, Technological and Cultural Cooperation (IRIGC-TEC)[1]. In the area of science and technology the two countries have Working

Group on Science and Technology [2], Integrated Long Term Program (ILTP) [3] and Basic Science Cooperation Program (BSCP). These frameworks form the backbone of the scientific engagement between the two countries and can be leveraged in the cooperation for Arctic scientific programs in the future. With the new Arctic policy launched by India on 17th March 2022 [4], which spells out India’s vision to undertake scientific research with the Arctic countries and its framework and scope of interaction, India can explore technical and scientific cooperation with Russia in the field of Geo-ecological studies of the Russian north to understand the Northern ecosystem and its feasibility for agriculture in the future. India and Russia can partner to develop a scientific understanding of Geo-ecological Changes Induced by Climate Change Affecting Northern Agriculture, Geo-ecological Changes Induced by Expanding and Intensified Agriculture, Induced Alteration of Local Cropping Systems, Expected Alteration of Socio-Economic Conditions, Current Policies Addressing Climate Change and Agriculture, etc.

In decades to come, climate change would put a lot of stress on India’s agricultural output. Today India is one of the largest agricultural producers in the world, but 40% of the water required for agricultural output is groundwater and this source is depleting [5]. It is projected that due to the overuse of groundwater the winter harvests in some regions of the country may fall up to two thirds by 2025. The winter harvests form up to 44 percent of the annual agricultural output for the country. On top of groundwater depletion, there’s also going to be negative impacts of climate change in the coming decades. To make things worse India was home to the largest number of hungry people in the world with over 196 million people [6] (Table 1).

Table 1

Number of undernourished people, 2017 (million)

Geographic entity	Number of undernourished people	Number of children under 5 wasted	Number of children under 5 stunted
World	821	51	151
India	196	26	47
China	125	1.6	6.9
Africa	257	14	59

Source: (www.fao.org/state-of-food-security-nutrition-in-the-world)

The Global Hunger Index (GHI) 2021 ranked India at the bottom with 101st position with a GHI of 27.30 (Table 2), which the index characterizes as an “alarming” food security situation [7].

Table 2

Global Hunger Index Scores By 2021 GHI Rank

Rank	Country	2000	2006	2012	2021
101	India	38.8	37.4	28.8	27.5
102	Papua New Guinea	33.6	30.3	33.7	27.8
103	Afghanistan	50.9	42.7	34.3	28.3
103	Nigeria	39.5	32.5	30.4	28.3
105	Congo (Republic of)	34.9	34.6	28.5	30.3
106	Mozambique	48.0	38.2	31.5	31.3
106	Sierra Leone	57.7	52.7	34.7	31.3
108	Timor-Leste	—	46.1	36.2	32.4
109	Haiti	42.0	43.6	35.2	32.8
110	Liberia	48.1	40.0	35.0	33.3
111	Madagascar	42.8	41.6	34.3	36.3
112	Democratic Republic of the Congo	50.6	45.3	42.3	39.0
113	Chad	50.8	51.2	45.7	39.6
114	Central African Republic	48.9	48.0	40.5	43.0
115	Yemen	41.0	38.8	38.4	45.1
116	Somalia	58.1	57.9	65.1	50.8

Source: (www.globalhungerindex.org/ranking.html)

Indian agriculture is going to be greatly affected by the consequences of climate change as India is projected to be one of the most negatively impacted countries by the climate change [8] by 2050 (Table 3).

Table 3

Projected changes, considering 2013-14 as the baseline, in agricultural productivity from climate change in 2050

Country	Percentage change
Australia	-17
Canada	-1
United States of America	-4
China	-4
India	-25
Brazil	-10
European Union	-4
Least developed countries	-18

Source: (IPCC, 2014)

At a national level the Government of India may look at options to replenish groundwater table, smart agricultural practices, move from Green revolution to Gene revolution adapting the crops for new conditions, but climate change in the long run may cause systemic disruptions and in order to ensure food security, the more proactively India can initiate discussions with Russia on a scientific feasibility study and prospects to explore the Arctic as future source for India's food security, The better it will be for India. The rapid pace of climate change means the traditional methods of adapting cropping systems and developing infrastructure are unable to keep up with the pace at which the Climate is changing. Global warming will affect social and economic sectors, including agriculture [9]. In the cold-climate Arctic regions, herein referred to as northern regions [10], climate change is occurring at a historically unprecedented rate [11] substantially affecting regional land use and the in the Arctic [12]. Climate change induced extended growing seasons will allow expansion of agriculture in the arctic and will lead to introduction of crops from warmer regions, and lead to crop diversification [13]. Following the assumptions of Cassidy et al. (2013) [14] roughly 10–20% of the arctic territory can become suitable for agriculture in the next half century [15] and be able to provide the food security needed by 0.25 to 1 billion people, which will make up for the loss in agricultural output of other regions on the planet [16]. This shift due to climate change has the potential to make Arctic agriculture becoming a net contributor to global food security. Farming above permafrost, and especially farming in the wake of permafrost melting, has been shown as possible and is predicted for Alaska and Siberia [17]. Changing precipitation patterns also favor agricultural expansion into northern Russia which will compensate for drought-related declines in cereal productivity in the southern regions [18]. The production levels in many arctic regions today are limited because they focus on relatively small local populations which can be seen also in these area's local agri-food value chains [19]. The adoption rate of new, climate-adapted cropping systems is limited by available physical and technical infrastructure, and financial resources that can support an expanding agricultural sector [20]. Examples from Russia illustrate those inadequacies of infrastructure limit northern regions' contributions to regional and national food security and sufficiency [21]. To support the overall Energy and food security which would be the broad challenges facing India in the decades to come, India should also brace towards future cooperation with Russia in the development of key infrastructure projects which should contribute and closely overlap and in essence complement the Russian government's national Arctic development framework and India should try to position itself as a stakeholder in that vision and create a symbiotic relationship. India can look at balancing the Chinese investment in the long run and provide Russia with the much-needed diversity in investment portfolio. India can look at the Chinese model of adapting cropping systems to a changing climate, including growth of irrigated agriculture, instead of expansion for which there is limited geographic scope [22] or the Norwegian model of sustainable intensification due to limited geographical coverage [23]. In the long run due to pressure of increasing population and enhanced effects of Climate change, adaptation would have to be accompanied by expansion. The Russian arctic can be the geographic coverage India needs. But the development and implementation of these policies with the overall scope, requires a sustainable development approach of northern agriculture. Cross-sectoral needs create both challenges and opportunities. Currently there are

critical knowledge gaps about the ability of the arctic regions to adapt and develop practices which can allow the region to adopt agricultural expansion, intensification, and diversification, leading to challenges for the agricultural sector to understand the complete set of relations between food security, Climate change, and preserving biodiversity. This would further take time as the sector tries to understand the impacts on agricultural production, through designing and testing agricultural practices for sustainability in the Arctic. These require research capacities and site-specific, long-term agricultural experiments, currently scarce in the northern regions [24]. India and Russia can partner in scientific studies in this area and bring it best practices from both sides and develop an understanding to solve these critical issues and work on capability gaps in the future.

Conclusions

Russia and India have shared a great bilateral relationship through their engagement in the traditional security sphere as weapons trade has formed the backbone of the partnership. It is only recently that both the countries have focused on the energy security aspect which led to India partner with Russia in the oil and gas sector. India faces tremendous challenges on its current resources due to population and resource mismanagement. This pressure would continue to mount and would get worse with the consequences of climate change. The major dependency on monsoon rainfalls, and river water originating from Himalayan glaciers would continue to be challenge in the wake of climate change. India would be able to reduce the intensity of these challenges by innovation in smart irrigation, genetically modified crops, and adaptation. But the rapid urbanization and moves towards an industrial economy would require large scale migration of workers to urban centers putting pressure on both land resources and labor. In this scenario of urbanization there may be lack of space for agriculture expansion to feed an ever-growing population. It is practical to view the solution through innovation in agricultural practices domestically, but also understanding which new spaces may become optimum for agriculture in the coming decades. India should focus at understanding the ecology in the arctic and the changes happening to that ecology due to climate change. This would form the starting point for understanding the dynamics of agriculture in the arctic followed by research in socio-economic specific of the region and integration potential to global agro-value chain. This integration would also require investments in the arctic to ensure supply chain continuity. Russia has all the potential to become a net security provider to India, not just in a traditional security sense, but also in energy security and food security. But this would require the scientific community in the agriculture and ecology domains to have the first interaction.

References:

1. Tass Russian news agency website https://tass.com/economy/1371595?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru (accessed 03.23.22)
2. Embassy of India, Moscow webiste Available at <https://indianembassy-moscow.gov.in/bilateral-relations-india-russia.php> (accessed 03.23.22)
3. V.V. Shapovalenko, Shri YP Kumar Indo-Russian integrated long-term programme (ILTP). Available at <https://ircb.iita.ac.in/aboutiltp.html> (accessed 03.23.22)

4. India's Arctic Policy. Available at <https://www.moes.gov.in/sites/default/files/2022-03/compressed-SINGLE-PAGE-ENGLISH.pdf> (accessed 03.23.22)
5. Government of India. National Institution for transforming India. Composite Water management Index. August 2019. Available at <https://www.niti.gov.in/> (accessed 03.23.22)
6. Dr R.B. Singh, Dr R.S. Paroda and Dr Malavika Dadlani Pathways for Enhancing Farmers' Income, Nutritional Security and Sustainable Food Systems [Indian agriculture towards 2030] Available at https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/FAO-countries/India/docs/Full_Paper-8.pdf (accessed 03.23.22)
7. The Global Hunger Index website. Available at <https://www.globalhungerindex.org/ranking.html> (accessed 03.23.22)
8. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) website <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/> (accessed 03.23.22)
9. Ray, D. K., West, P. C., Clark, M., Gerber, J. S., Prishchepov, A. V., and Chatterjee, S. (2019). Climate change has likely already affected global food production. *PLoS ONE* 14:e0217148. doi: 10.1371/journal.pone.0217148
10. King, M., Altdorff, D., Li, P., Galagedara, L., Holden, J., and Unc, A. (2018). Northward shift of the agricultural climate zone under 21st-century global climate change. *Sci. Rep.* 8:7904. doi: 10.1038/s41598-018-26321-8
11. Bush, E., and Lemmen, D. S. (2019). Canada's Changing Climate Report. Ottawa, ON: Government of Canada. doi: 10.4095/314614
12. Cassidy, E. S., West, P. C., Gerber, J. S., and Foley, J. A. (2013). Redefining agricultural yields: from tonnes to people nourished per hectare. *Environ. Res. Lett.* 8:034015. doi: 10.1088/1748-9326/8/3/034015
13. "World Bank Group. 2021. World Bank Group Climate Change Action Plan 2021–2025 : Supporting Green, Resilient, and Inclusive Development. World Bank, Washington, DC. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35799> License: CC BY 3.0 IGO."
14. Wiréhn, L. (2018). Nordic agriculture under climate change: a systematic review of challenges, opportunities and adaptation strategies for crop production. *Land Use Policy* 77, 63–74. doi: 10.1016/j.landusepol.2018.04.059
15. Cassidy, E. S., West, P. C., Gerber, J. S., and Foley, J. A. (2013). Redefining agricultural yields: from tonnes to people nourished per hectare. *Environ. Res. Lett.* 8:034015. doi: 10.1088/1748-9326/8/3/034015
16. King, M., Altdorff, D., Li, P., Galagedara, L., Holden, J., and Unc, A. (2018). Northward shift of the agricultural climate zone under 21st-century global climate change. *Sci. Rep.* 8:7904. doi: 10.1038/s41598-018-26321-8
17. Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R. P., Lobell, D. B., Cammarano, D., et al. (2015). Rising temperatures reduce global wheat production. *Nat. Clim. Change* 5:143. doi: 10.1038/nclimate2470
18. Tchebakova, N. M., Parfenova, E. I., Lysanova, G. I., and Soja, A. J. (2011). Agroclimatic potential across central Siberia in an altered twenty-first century. *Environ. Res. Lett.* 6:045207. doi: 10.1088/1748-9326/6/4/045207
19. Belyaeva, M., and Bokusheva, R. (2018). Will climate change benefit or hurt Russian grain production? A statistical evidence from a panel approach. *Clim. Change* 149, 205–217. doi: 10.1007/s10584-018-2221-3
20. Stevenson, K. T., Rader, H. B., Alessa, L., Kliskey, A. D., Pantoja, A., Clark, M., et al. (2014b). Sustainable agriculture for Alaska and the circumpolar North: Part II. Environmental, geophysical, biological and socioeconomic challenges. *Arctic* 67, 271–431. doi: 10.14430/arctic4408
21. Freshwater, D. (2017). Growth Beyond Cities: Place-Based Rural Development Policy in Ontario. Rural Ontario Institute
22. Swinnen, J., Burkitbayeva, S., Schierhorn, F., Prishchepov, A. V., and Müller, D. (2017). Production potential in the "bread baskets" of Eastern Europe and Central Asia. *Glob. Food Secur.* 14, 38–53. doi: 10.1016/j.gfs.2017.03.005
23. Yang, X., Lin, E., Ma, S., Ju, H., Guo, L., Xiong, W., et al. (2007). Adaptation of agriculture to warming in Northeast China. *Clim. Change* 84, 45–58. doi: 10.1007/s10584-007-9265-0
24. Hohle, E. E., Lyssandtræ, F., Orlund, K., Næss Killingland, R. K., Mortensen, P., Kvam, R. S., et al. (2016). Agriculture and Climate Change. Working Group Report (Landbruk og klimaendringer. Rapport fra arbeidsgruppe). Ministry of Agriculture and Food (Landbruks- og matdepartementet)
25. Sandén, T., Spiegel, H., Stüger, H. P., Schlatter, N., Haslmayr, H. P., Zavattaro, L., et al. (2018). European long-term field experiments: knowledge gained about alternative management practices. *Soil Use Manage.* 34, 167–176. doi: 10.1111/sum.12421

КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ

УДК 613.636

DOI: 10.24412/2658-4255-2022-1-51-56

Для цитирования:

М.В. Чашчин, М.М. Шакиров, О.К. Лежнев, Е.Г. Большакова, Д.М. Чашчина Проблемы обеспечения жизнестойкости предприятий в период пандемии COVID-19 в Арктике // Российская Арктика. 2022. № 16. С. 51–56

Получена: 11.04.2022





Принята: 24.04.2022

Опубликована: 27.04.2022



Статья распространяется в полнотекстовом формате на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕСТОЙКОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ COVID-19 В АРКТИКЕ

М.В. Чашчин¹ , М.М. Шакиров², О.К. Лежнев³ ,
Е.Г. Большакова⁴ , Д.М. Чашчина⁵ 

¹ д.м.н., профессор. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения РФ, г. Санкт-Петербург, Россия
maksim.chaschin@szgmu.ru

² к.м.н. ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения РФ, г. Санкт-Петербург, Россия
info@i-med.pro

³ к.м.н. ООО «СОГАЗ» ПРОФМЕДИЦИНА», г. Санкт-Петербург, Россия
olezhnev@sogaz-clinic.ru

⁴ ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения РФ, г. Санкт-Петербург, Россия
kosmetolog.klimova@mail.ru

⁵ ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения РФ, г. Санкт-Петербург, Россия
dash.chashchina@mail.ru

Аннотация: Краткое сообщение посвящено актуальной проблеме сохранения здоровья работников и обеспечения жизнестойкости предприятий в период пандемии COVID-19 в Арктике. Основной целью исследования стал системный анализ мероприятий, проводимых в период высокого риска распространения COVID-19 в вахтовых поселках, расположенных в Арктической зоне Российской Федерации. В статье представлен наиболее полный перечень мер по противодействию пандемии новой коронавирусной инфекции с учетом арктической специфики организации работ и размещения персонала в вахтовых поселках. Результаты исследования показали, что администрации многих предприятий для обеспечения непрерывности производственных процессов пошли на беспрецедентные меры по развертыванию системы санитарно-эпидемиологической безопасности и своевременному оказанию медицинской помощи работникам, заболевшим COVID-19. Оценка эффективности принятых мер и социально-экономических последствий пандемии COVID-19 в Арктике может стать предметом дальнейших исследований.

Ключевые слова: новая коронавирусная инфекция COVID-19, профилактические мероприятия, вахтовые поселки

ENTERPRISE RESILIENCE CHALLENGES DURING THE COVID-19 PANDEMIC IN THE ARCTIC

M.V. Chashchin¹, M.M. Shakirov¹, O.K. Ledgnev², E.G. Bolshakova¹, D.M. Chashchina¹

¹ North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov
St.Petersburg, Russia

² Ltd. SOGAZ PROFMEDICENE, St.Petersburg, Russia

Abstract: The Short review is devoted to the urgent problem of maintaining the health of workers and ensuring the viability of enterprises during the COVID-19 pandemic in the Arctic. The goal of the study was to conduct a systematic analysis of activities carried out during a period of high risk of the spread of COVID-19 in shift camps located in the Russian Arctic. The article presents the most complete list of measures to counter the COVID-19 pandemic, taking into account the Arctic specifics of the organization of work and the placement of personnel in shift camps. The results of the study showed that the administrations of many enterprises, in order to ensure the continuity of production processes, took unprecedented measures to deploy a sanitary and epidemiological security system and provide timely medical care to workers who fell ill with COVID-19. Evaluation of the effectiveness of the measures taken and the socio-economic consequences of the COVID-19 pandemic in the Arctic may be the subject of further research.

Keywords: new coronavirus infection COVID-19, preventive measures, shift camps

Как известно, пандемия новой коронавирусной инфекции, сопровождаемая напряженной санитарно-эпидемиологической ситуацией и за-пределными нагрузками на систему здравоохранения, оказала существенное влияние на все сферы жизни человечества практически во всех уголках мира. Территория Арктики не стала исключением. На конец марта 2022 года в Арктических странах зарегистрировано более 2 241 448 подтвержденных случаев заражения COVID-19, 27492 случаев смерти, что в пересчете на количество заболевших составляет 12,27 смертей на 1000 человек. В структуре заболеваемости всех арктических государств 65,6 % (1469961 случаев) всех подтвержденных случаев инфицирования населения приходится на Арктическую зону Российской Федерации (АЗРФ) [1]

Изучая процесс распространения SARS-CoV-2 можно прийти к выводу, что одной из характерных особенностей этого региона в сравнении с другими является то, что промышленная деятельность в АЗРФ пространственно сосредоточена в ограниченном количестве географических точек. Из-за нехватки местной рабочей силы почти все компании по добыче полезных ископаемых и ископаемого топлива, строительные, геологические и рыболовные предприятия используют межрегиональный график смены рабочей силы (прилет/отлет). Всего по такому графику занято 14 % от общего числа сотрудников компаний, причем больше всего в Ямало-Ненецком автономном округе, где вахтовая работа достигает 45 % от общей занятости, в Ненецком автономном округе — 25 %, в Республике Саха (Якутия) — 20 % [2]. В ведущей мировой газодобывающей компании ОАО «Газпром», на долю которой приходится более 12% мировой добычи газа, в настоящее время в Арктике работает 33,8 тысяч вахтовиков (21,3 % от общей численности персонала) [3]. Помимо промышленной деятельности в Арктике, за последние десятилетия усилились транспортные потоки грузов и техники, что также подразумевает повышение межрегиональной мобильности людей. Ежегодный межрегиональный миграционный при-

ток в наиболее промышленно развитых арктических регионах достигает 61 % [4]. Большинство вахтовых рабочих из других регионов России работают по графику ротации на арктических промышленных/строительных площадках до двух-трех месяцев, прежде чем они будут заменены другими работниками. Очевидно, что в настоящее время Россия сталкивается с характерным для Арктики социально-экономическим феноменом «циркулирующего потока населения» и организации мест временного проживания в условиях вахтовых поселков. Рассматривая данный феномен в контексте пандемии можно прийти к заключению, что недооценка необходимости и своевременности введения особых санитарно-эпидемиологических мер, направленных на предупреждение распространения новой коронавирусной инфекции, способствовала интенсификации передачи инфекции COVID-19 в АЗРФ [5, 6]. В процессе обеспечения жизнедеятельности предприятий в период пандемии COVID-19 администрации предприятий столкнулись с необходимостью введения целого комплекса таких профилактических мер в экстренном, внеплановом порядке. Организация работы вахтовым методом в условиях высокого риска распространения COVID-19 потребовала:

- Проведение медицинских осмотров работников перед отправкой на вахту.
- Введение ограничения по возрасту для приема на работу вахтовым методом.
- Переход на одномоментную доставку персонала вахты для заполнения мест временного пребывания.
- Организацию обсерваторов с целью наблюдения за состоянием здоровья работников до прибытия на вахту.
- Проведение специального инструктажа работников по мерам профилактики COVID-19 с разъяснением необходимости неукоснительного соблюдения санитарно-эпидемиологического режима в вахтовом поселке.
- Организацию, как до вахты, так и непосредственно во время нее (в вахтовых поселках), массового отбора биологического материала у работников и проведение его лабораторного исследования на COVID-19 методом полимеразной цепной реакции на рибонуклеиновую кислоту SARS-CoV-2 или на определение антигена SARS-CoV-2, а также другими методами анализа на наличие иммуноглобулина G (далее - IgG) и иммуноглобулина M (далее - IgM).

Отдельным направлением работы администраций предприятий стала работа по маршрутизации работников с подозрением на наличие новой коронавирусной инфекции или заболевших. Данная работа включала в себя привлечение огромного финансового и интеллектуального ресурса, в том числе дополнительных ресурсов на организацию выезда врачей-инфекционистов, врачей-терапевтов, врачей-лаборантов и эпидемиологов в вахтовые поселки или места экстренного развертывания инфекционных стационаров и обсерваторов. Программа маршрутизации работников на предприятиях по результатам лабораторного исследования включала:

- работники с положительным результатом исследования методом полимеразной цепной реакции и (или) при наличии IgM подлежали госпитализации в инфекционную больницу, в том числе путем эвакуации санитарным транспортом из вахтовых поселков. При этом лица, контактировавшие с больным COVID-19, подлежали изоляции и медицинскому наблюдению в обсерваторах;

- работники с отрицательным результатом исследования методом полимеразной цепной реакции и наличием IgG, по результатам медицинского заключения направлялись к месту осуществления трудовой деятельности без ограничений, если это касалось вновь прибывающих, и продолжали свою работу, если это касалось работников, находящихся на вахте;
- работники с отрицательным результатом исследования методом полимеразной цепной реакции и отсутствием IgG подлежали обсервации в течение 14 календарных дней с момента их размещения в обсерваторах перед началом вахты.
- При получении отрицательного результата повторного лабораторного исследования на основании медицинского заключения работники направлялись к месту осуществления трудовой деятельности по истечении 14 календарных дней с момента размещения работника в обсерваторе;
- При наличии положительного результата исследований и (или) появления симптомов, не исключающих COVID-19, у работника, в отношении него и лиц, контактировавших с ним, организовывалось проведение мероприятий, предусмотренных санитарными нормами и правилами.

Другим важным направлением деятельности администрации предприятий в период пандемии новой коронавирусной инфекции в Арктической зоне Российской Федерации стала организация массовой вакцинации работников против COVID-19, как перед началом вахты работников, так и во время её. Данная работа потребовала от участников слаженности, ответственности и высокой квалификации всех подразделений предприятий, особенно со стороны медицинского персонала. К другим мероприятиям, проводимым по месту проведения работ (вахты) администрациями предприятий относятся следующие:

- Введение нового внутреннего порядка функционирования вахтового поселка с учетом санитарно-эпидемиологической обстановки на территории размещения;
- Обеспечение разделения потоков вновь прибывших и отправляемых с вахты работников, включая временное раздельное размещение на период обработки транспорта;
- Проведение информирования работников и обсуживающего персонала о клинических признаках COVID-19 и мерах профилактики в период нахождения в вахтовом поселке и на рабочих местах;
- Введение мер по ограничению контактов между коллективами отдельных цехов, участков, отделов и функциональных групп, не связанных общими задачами и производственными процессами;
- Обработку транспортных средств, предназначенных для доставки рабочих от места проживания до места проведения работ, средствами дезинфекции в конце смены;
- Организацию контроля температуры тела в начале рабочего дня (обязательно), в течение рабочего дня (по показаниям) всех работников, занятых в производственной деятельности, персонал вспомогательных учреждений, организации питания, клининговых компаний, и иных лиц, находящихся на территории вахтового поселка и в местах проведения работ;
- Проведение контроля за соблюдением персоналом правил личной и общественной гигиены;

- Обеспечение не менее чем десятидневного запаса моющих и дезинфицирующих средств, средств индивидуальной защиты органов дыхания (маски, респираторы), перчаток для сотрудников клининговых служб, персонала пищеблока, медицинских работников;
- Проведение ежедневной (ежесменной) влажной уборки служебных помещений и мест общественного пользования (комнат приема пищи, отдыха, туалетных комнат) с применением дезинфицирующих средств вирулицидного действия силами штатных работников или клининговой компанией;
- Запрет на проведение любых массовых мероприятий (совещаний и т.п.);
- Обеспечение обязательного использования всеми сотрудниками средств индивидуальной защиты (одноразовые или многоразовые маски), со сменой масок не реже, чем 1 раз в 3 часа;
- Проведение дезинфекции с кратностью обработки каждые 3-4 часа всех контактных поверхностей: дверных ручек, выключателей, поручней, перил, поверхностей столов, спинок стульев, оргтехники;
- Сбор использованных масок и перчаток в специальные промаркированные полиэтиленовые мешки с последующей утилизацией в порядке, установленном для ТБО.

Предварительный анализ эффективности мероприятий, проводимых предприятиями для обеспечения их жизнеспособности и непрерывности рабочих процессов показал, что наиболее значимым стал переход на «внутреннюю вахту», в основе которой был реализован принцип организации работы в составе изолированной от других смены или бригады, когда работники нигде не пересекаются с работниками новой вахты, включая не только рабочее место, но и места отдыха, питания и досуга.

Таким образом, все вышесказанное хорошо демонстрирует, что проблема обеспечения жизнестойкости предприятий приобрела особую актуальность и значимость в период пандемии COVID-19 в Арктической зоне Российской Федерации. Результаты исследования показали, что администрации многих предприятий для обеспечения непрерывности производственных процессов пошли на беспрецедентные меры по развертыванию системы санитарно-эпидемиологической безопасности и своевременному оказанию медицинской помощи работникам, заболевшим COVID-19. Оценка эффективности принятых мер и социально-экономических последствий пандемии COVID-19 в Арктике может стать предметом дальнейших исследований и экспертиз.

Список литературы:

1. Arctic COVID-19 Tracker [Электронный ресурс]. – Информационный ресурс University of Northern Iowa. Режим доступа: <https://arctic.uni.edu/arctic-covid-19>.
2. Миграционные процессы в Арктической зоне Российской Федерации в XXI веке: региональная и внешняя мобильность [Электронный ресурс]. - Информационный ресурс АНО «ЦОПИ». Режим доступа: http://anocopi.ru/media/filer_public/6a/61/6a61b23e-14cd-40f6-b357-cd54c28e5bac/itogi_sotsoprosa_arktika.pdf.
3. Персонал групп Газпром [Электронный ресурс]. - Информационный ресурс ПАО «Газпром». Режим доступа: <https://sustainability.gazpromreport.ru/2018/2-people-inside/2-2-personnel/>
4. Шеломенцев А.Г., Смиреникова Е.В. и другие. Анализ миграционных процессов регионов Арктической зоны Российской Федерации // Азимут научных исследований: экономика и управление. - 2018. – Т. 7. № 4(25). – С. 347-350.

5. 9000 строителей в Белокаменке хотят посадить на карантин [Электронный ресурс]. – Информационное агенство Северпост.ру. Режим доступа: <https://severpost.ru/read/92766/>
6. Климова Е.Г., Лежнев О.В., Шакиров М.М., Чашчина Д.М., Чашчин М.В. Особенности пандемии COVID-19 в Арктике // Здоровье населения и качество жизни: материалы VIII Всероссийской с международным участием заочной научно-практической конференции. – СПб.: ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2021. - С. 251-254.

References:

1. Arctic COVID-19 Tracker. University of Northern Iowa. Access mode: <https://arctic.uni.edu/arctic-covid-19>.
2. Migration processes in the Arctic zone of the Russian Federation in the 21st century: regional and external mobility. - Information resource of ANO "TSOPI". Access mode: http://anocopi.ru/media/filer_public/6a/61/6a61b23e-14cd-40f6-b357-cd54c28e5bac/itogi_sotsoprosa_arktika.pdf. (in Russian)
3. Personnel of Gazprom groups [Electronic resource]. - Information resource of Gazprom PJSC. Access mode: <https://sustainability.gazpromreport.ru/2018/2-people-inside/2-2-personnel/>. (in Russian)
4. Shelomentsev A.G., Smirennikova E.V. and others. Analysis of migration processes in the regions of the Arctic zone of the Russian Federation // Azimut of scientific research: economics and management. - 2018. - V. 7. No. 4 (25). - P. 347-350. (in Russian)
5. 9,000 builders in Belokamenka want to be quarantined [Electronic resource]. - Information agency Severpost.ru. Access mode: <https://severpost.ru/read/92766/>. (in Russian)
6. Klimova E.G., Lezhnev O.V., Shakirov M.M., Chashchina D.M., Chashchin M.V. Features of the COVID-19 pandemic in the Arctic // Health of the population and quality of life: materials of the VIII All-Russian with international participation of the correspondence scientific and practical conference. - St. Petersburg: North-Western State Medical University im. I.I. Mechnikova, 2021. - P. 251-254.



"50 ЛЕТ ПОБЕДЫ"

герой с обложки

Этот корабль – настоящая легенда ледокольного флота России

В нулевые чудом избежал утилизации, в 90-е был переименован, а старший помощник капитана известен всему миру.

Итак, в далеком 1989 г. на Балтийском заводе в Ленинграде был заложен ледокол «Урал». Из-за отсутствия финансирования его строительство было приостановлено. В 1995-м корабль стал именоваться «50 лет Победы», а в 2007 г. заработал его атомный реактор.

«50 лет Победы» может весь год автономно курсировать в Северном Ледовитом океане, взламывая своей носовой частью лед толщиной до 3 метров. На корме есть взлетно-посадочная полоса для вертолета. Помимо основной задачи – проводить караваны в арктических морях – ледокол выполняет арктические круизы к Северному полюсу с посещением архипелага Земля Франца-Иосифа. Туристов размещают в каютах состава корабля, потому что туристических кают здесь нет. Зато на борту есть собственный ресторан, сауна, бассейн и тренажерный зал.

8 месяцев в году «50 лет Победы» проводит в море; 4 месяца его можно наблюдать в порту Мурманска. Как его узнать (помимо надписи на борту)?

- Носовая часть похожа на ложку. Такое строение обеспечивает принцип работы ледокола: судно просто наваливается своей массой на лед и ломает его.
- Ледокол специально выкрашен в черно-красный цвет, чтобы в белых льдах его было хорошо заметно.
- Старший помощник капитана – Диана Киджи, первая женщина в старшем командном составе атомного ледокола. Диана Сергеевна часто дает интервью и рассказывает о своей работе. Капитан ледокола, Дмитрий Викторович Лобусов, ведет интересный блог в ЖЖ: <https://dmitry-v-ch-l.livejournal.com/>



Автор фото:
Ян Сильченко

"Корабли я начал снимать совершенно случайно для себя..."

Заниматься фото я начал с 2017 года, но именно корабли снимаю с 2020 года. Начал я их снимать совершенно случайно для себя.

Как и для многих, тот период хоть и был сложным, но принёс новые открытия, вот и у меня не стал он исключением.

Однажды к нам пришло пассажирское судно, которое должно было служить своеобразным обсерватором на крупной стройке, и мне стало интересно, как оно будет выглядеть с воздуха посреди воды. Потом уже в моей жизни появилась «охота» за ледоколами и многими другими судами, которая затянула меня целиком и полностью.

Само увлечение фотографией тоже появилось абсолютно случайно,

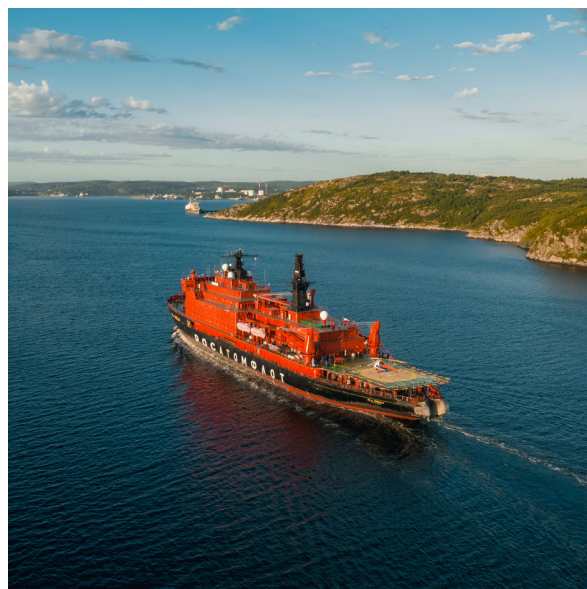
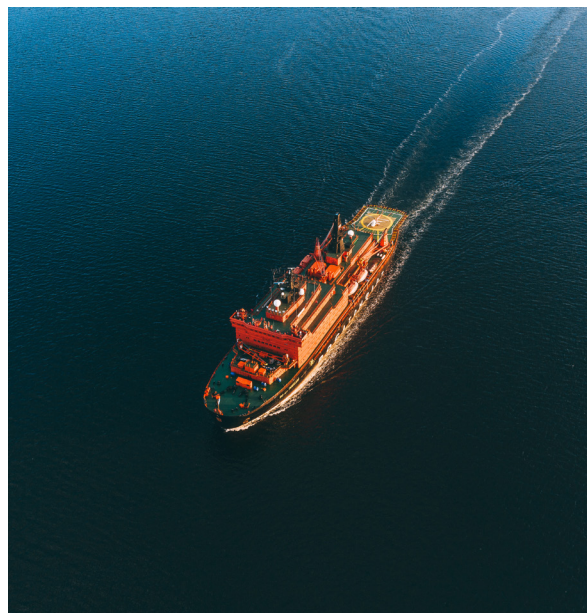
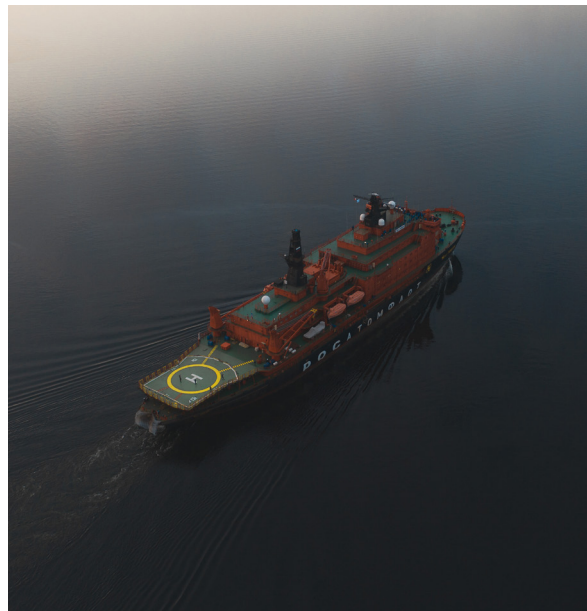
у меня никогда не было как таковой тяги к этому делу, но как-то раз, ещё на первой работе, мне с напарником пришлось покататься по области.

И в процессе всего этого путешествия я периодически снимал все на телефон. Так, можно сказать, я и открыл мир фотографии для себя.

Сейчас я стараюсь смешивать между собой пейзажную фотографию и съёмку судов, комбинировать как-то друг с другом и находить что-то новое.

В будущем хотелось бы побывать в дальней части Арктики, на Архипелаге Франца-Иосифа, полуострове Таймыр, да и в целом хотелось бы охватить весь Севморпуть.

А также вернуться и посмотреть по новому на места детства, Воркуту, Ямал, Тикси.





Подготовка «Геоскана 701» к взлету во время работ на базе «Молодежная»
Фотографии предоставлены пресс-службой компании «Геоскан»

Пролетая над Антарктидой: как беспилотники участвовали в изучении ледников*

В этом году в рамках 67-й Российской Антарктической экспедиции (РАЭ) проводилась аэрофотосъемка трудно-доступных участков ледников и исследование альбеда различных типов снежно-ледовых поверхностей. Технологическим партнером работ выступила российская компания «Геоскан»: в небо над Антарктидой поднимались три типа беспилотных воздушных судна (БВС) их производства. Также в экспедиции участвовал оператор БВС Геоскана.

Чтобы отправиться на Южный полюс в составе 67-й РАЭ, специалисту компании было необходимо получить мореходную книжку. Для этого в течение двух недель он посещал курсы теоретической и практической подготовки. Когда необходимые документы, в том числе медицинские, были на руках, оператору БВС можно было отправиться в путешествие длиной в несколько месяцев.

Геоскан — ведущий российский разработчик и производитель беспилотных воздушных судов, а также ПО для фотограмметрической обработки данных и трехмерной визуализации.

** Материал предоставлен информационным партнером*

Экспедиция стартовала в начале декабря 2021 года. Участники 67-й РАЭ шли на научно-исследовательском судне «Академик Трешников» по маршруту Санкт-Петербург — Бремерхафен — Кейптаун — Антарктида. Преодолев около 8500 морских миль за 30 дней, в конце декабря оно прибыло в порт Кейптауна, где команда пополнила запасы провизии и топлива.



База «Молодежная». Вид на улицу Сомова, первую в Антарктиде улицу

В тот день стояла ясная и безоблачная погода, ветер был юго-юго-западным, 2 м/с, температура на высоте съемки держалась около -5°C — идеальные условия для проведения АФС.

В качестве стартовой позиции был выбран ближайший свободный от снега и льда участок, а ГНСС-станция была установлена на вершине холма. Через час сборки и настройки БВС «Геоскан 701» взмыло в антарктическое небо. Радиосвязь между НСУ и бортом и передача телеметрии поддерживались с помощью модема, установленного на крыше ближайшего здания. Там же находился и оператор БВС, который на протяжении почти шести часов контролировал съемку.



Оператор БВС компании «Геоскан» контролирует съемку

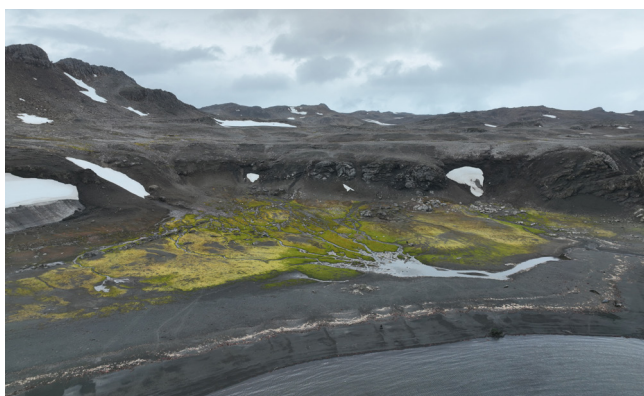
15 января 2022 года судно достигло Антарктиды. Первым местом работ была полевая база «Молодежная». Там за несколько часов команде предстояло отснять территорию в несколько десятков квадратных километров. С этой задачей успешно справилось БВС «Геоскан 701» — комплекс для аэрофотосъемки (АФС), способный находиться в воздухе до 10 часов. Аппарат оснащен профессиональной камерой и высокоточным бортовым ГНСС-приемником геодезического класса.



Судно «Академик Трешников»

«Геоскан 701» летал ровно, как по рельсам, и затем благополучно приземлился недалеко от точки взлета. За 328 минут он, сделав 1981 фотографию, отснял территорию между полевыми базами «Молодежная» и «Гора Вечерняя», включая сами базы и ближайшие острова (общая площадь — 80 км^2). Разрешение снимков составило 9 см/пикс, а перекрытие — 70 % (продольное) и 50 % (поперечное).

После фотограмметрической обработки материалов будут получены ортофотоплан с разрешением $\sim 10\text{ см}$ и цифровая модель поверхности с разрешением $\sim 25\text{ см}$. На них можно будет отследить появление трещин в ледниковом щите Антарктиды, динамику



Остров Кинг-Джордж, Бухта Биологов

ледниковых покровов и выходы коренных пород в прибрежных районах континента.

Следующей точкой экспедиции была станция «Беллинсгаузен», путь до которой составил семь дней. Она располагается на острове Кинг-Джордж (Ватерлоо), находящемся у северной оконечности Антарктического полуострова, между проливом Дрейка и Брансфилд. Большую часть острова занимают ледники, и только южная его часть коротким антарктическим летом освобождается от снега. Работы на «Беллинсгаузене» начались 25 января и продолжались около месяца, однако из-за непогоды (в большинстве своем из-за туманов) полеты проводились не так часто, как хотелось бы. Ситуацию сильно осложняло еще и то, что станция находится ровно под глиссадой чилийского аэродрома с достаточно плотным движением.



БВС «Геоскан 401» с радиометром в качестве полезной нагрузки

После построения ЦМР к работе подключался «Геоскан 401» — квадрокоптер, способный работать в ограниченном пространстве и точно огибать рельеф. В качестве полезной нагрузки к БВС выступал разработанный в Арктическом и антарктическом НИИ прибор по определению альбедо.

Таким двухступенчатым методом были обследованы ледники Беллинсгаузена и Коллинза.

Ледник Беллинсгаузена. «Геоскан 201» за два полета выполнил АФС купола и примыкающих к нему территорий площадью 18 км². Полученные данные позволили построить ЦМР ледника, которую потом использовали при работе 401-го. Он совершил три полета на высоте 25 метров. Маршрут состоял из четырех галсов по диаметру ледника с запада на восток.

Ледник Коллинза. Его площадь — 12 км². Была выполнена АФС территории «Геосканом 201»,

Поэтому любой полет начинался с согласования с диспетчерской вышкой.

Аппарат «Геоскан 701» обследовал 75 км² полуострова Файлдс с прилегающими прибрежными скалами. Разрешение съемки составило 4.5 см/пикс. Также этим БВС был заснят полуостров Стэрисбери (о. Нельсон).

В работе на станции «Беллинсгаузен» участвовали 201-й и 401-й комплексы. Они специализировались на измерении альбедо ледников. «Геоскан 201» — БВС самолетного типа, предназначенное для съемки больших площадей (от 15 до 42 км² в зависимости от разрешения). В его задачи входило выполнение первичных полетов для дальнейшего составления цифровых моделей рельефа (ЦМР) ледников.



БВС «Геоскан 201» на стартовой позиции. Станция «Беллинсгаузен»

а затем обследование 401-м. Он провел шесть полетов на высоте 50, 75 и 100 метров.

Полученные результаты измерения альбедо будут использованы для мониторинга изменения климата.

22 февраля, завершив все работы, команда РАЭ вернулась на «Академик Трешников». Спустя тысячи пройденных миль, 12 апреля, в День космонавтики, судно прибыло в порт Санкт-Петербурга. Полевой этап закончен, настал камеральный — анализ полученных материалов.

Сотрудничество АНИИ и компании «Геоскан» стало уникальным проектом, в рамках которого благодаря беспилотным технологиям исследовались недоступные районы Антарктиды. Важность совместных работ еще не раз будет доказана при публикации научных статей и выступлениях на конференциях, в которых будут демонстрироваться полученные результаты исследований.

Арктический и антарктический НИИ — ведущий научный центр по изучению полярных областей Земли. На регулярной основе в Арктике ААНИИ работает с 1920 года, а в Антарктике — с 1956.



Купол Беллинсгаузена



ТАМ, ГДЕ РОЖДАЮТСЯ БУКСИРЫ*

Акционерное общество «Ленинградский судостроительный завод «Пелла», расположенный в городе Отрадное Ленинградской области, с шестидесятих годов прошлого века строит буксиры, катера, лоцманские боты и другие малые и маломерные суда. Верфь считается лидером буксиростроения.

Буксиры, построенные на мощностях АО «Пелла», эксплуатируются во всех портах Российской Федерации и за рубежом. Их отличительная черта – повышенный ледовый класс судна Arc4 (предельная толщина льда – 65 см), что позволяет использовать данные суда в северных широтах России. Всего за годы работы предприятие построило около 100 единиц буксиров.

Преимущества буксиров, построенных на АО «Пелла»:

- Высокая маневренность, благодаря использованию винторулевых колонок.
- Высокий уровень автоматизации и централизации управления, обеспечивающий безопасность и комфорт пилотирования.
- Надежность работы в тяжелых ледовых условиях.
- Низкие шумность и вибрация.
- Продуманное и удобное расположение оборудования.
- Комплектация оборудованием ведущих мировых производителей.
- Комфортабельные помещения для работы и отдыха, удобство эксплуатации. Высокая экономическая эффективность.

В настоящее время предприятие сфокусировало свою линейку буксиров на двух проектах: на рейдовом буксире проекта 90600 и эскортном буксире проекта ПЕ-65, что позволило полностью удовлетворить любые требования заказчиков.

** Материал предоставлен информационным партнером*



Буксир пр. 90600 "Агар"



Буксир пр. 90600 "Садко"



Буксир пр. ПЕ-65 "ДИР"



Буксир пр. ПЕ-65 "МБ 96"

Рейдовый буксир проекта 90600.

КМ ⚙ Arc4 (hull, machinery) R3 AUT3 A-Thruster (M) FF3WS Tug

Буксир проекта 90600 с азимутальным принципом движения предназначен для выполнения буксировочных и кантовочных операций в порту, на рейдах и в прибрежных районах, оказания помощи в порту, снятия с мели кораблей и судов, а также для тушения пожаров на судах и береговых сооружениях.

Данный рейдовый буксир имеет длину 25,4 метра и ширину 8,8 метров. Сила тяги на гаке – от 23 до 32 тонн, а скорость 11,5 узлов. На буксире может быть размещен экипаж из 8 человек. Судно может быть оснащено двигателями мощностью от 2 x 749 кВт при 1800 об/мин. до 2x1240 кВт при 1500 об/мин., системой внешнего пожаротушения – до 600 м³/ч на пожарный класс FF3WS.

На буксире размещено специальное оборудование, а именно:

- носовая буксирно-якорно-швартовая лебедка, кормовая буксирная лебедка (опция), буксирный гаk;
- палубный кран (опция);
- радионавигационное оборудование для района ГМССБ А1;
- дизель-генераторы 2x86 кВт;
- централизованные системы кондиционирования, вентиляции и обогрева.

Морской буксир проекта ПЕ-65.

КМ ⚙ Arc4 (hull, machinery) R1 AUT1 A-Thruster (M) FF3WS Escort Tug

Многофункциональный буксир предназначен для эскортирования, проводки и кантовки крупнотоннажных судов дедвейтом до 100 000 тонн, а также выполнения широкого круга обязанностей, таких как спасательные операции, тушение пожаров, оказание помощи судам, терпящим бедствие и др.

Длиной 33,5 метра, а шириной 12,1 метра, буксир обладает силой тяги на гаке не менее 60 тонн, скоростью в 12 узлов. Система внешнего пожаротушения имеет производительность до 800 м³/ч. Судно рассчитано на 8 сотрудников экипажа. Мощность главных двигателей – от 2x1840 кВт при 1600 об/мин.

На буксире размещено специальное оборудование, а именно:

- носовая буксирная гидравлическая двухбарабанная лебедка комбинированная с якорными блоками и турачкой;
- кормовая буксирная гидравлическая лебедка, комбинированная с турачкой;
- буксирный гаk;
- электрогидравлический грузовой кран, г/п на максимальном вылете стрелы 14,7 м – до 20 кН;
- радионавигационное оборудование для района ГМССБ А1+А2+А3;
- дизель-генераторы 3x150 кВт;
- стояночный дизель-генератор 36 кВт;
- централизованные системы кондиционирования, вентиляции и обогрева.

«Russian Arctic» is a scientific peer-reviewed journal, established in 2018. It publishes open access academic/scholarly research in Russian and English. Full text are available online. Double-blind peer-review process is supported.

LLC Center for Information and Legal Support for the Development of the Arctic is the Journal's founder and publisher.

ISSN (online): 2658-4255.

Focus and scope

- enable the scientists studying the Arctic to quickly publish the results of their research;
- provide scientific support to strategic projects in the Arctic;
- draw the attention of a wide audience to healthcare issues faced by the Arctic's indigenous population, to the environment and climate of the Russian North;
- provide Russian and foreign scientists with a platform for dialogue and exchange of knowledge;
- increase the prestige of Russian scientific research at the global level.

Section Policies:

2739 Public health, Environmental and Occupational health
2100 Energy

1900 Earth and Planetary Sciences:

1902 Atmospheric science

1905 Economic geology

1910 Oceanography

Publication frequency:

4 times a year; special and thematic issues are published on request.