

RUSSIAN ARCTIC

russian-arctic.info

#2(9)/2020

A photograph of a black and white puffin standing in a field of dry, yellowish grass. The puffin has a long, bright orange beak and is looking directly at the camera. The background is a clear, light blue sky.

ARCTIC SHIPPING AND ENVIRONMENTAL SAFETY OVERVIEW

RESEARCH
PRESERVING THE TRADITIONS OF
NATIONAL CUISINES AND NUTRITION
OF THE PEOPLES OF THE RUSSIAN
NORTH

ARTICLE
MAIN ENVIRONMENTAL PROBLEMS
IN THE DEVELOPMENT OF THE
NORTHERN SEA ROUTE

16+

RUSSIAN ARCTIC № 2(9) 2020

SCIENTIFIC PEER-REVIEWED JOURNAL

CHIEF EDITOR Zmieva Kira .

EDITORIAL BOARD

Nikolay Koldunov, PhD (Bremen, Germany)
 Hajime YAMAGUCHI, professor (Tokyo, Japan)
 YOUNKYOON KIM, professor (Seoul, Korea)
 Mr. Rhee Han Woo, candidate of Doctor of IR (Seoul, Korea)
 Kokin Sergey, PhD (Harbin, China)
 Chashchin Valery, Doctor of Sciences, Prof (St. Petersburg, Russia)
 Dmitriev Vasily, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
 Filippov Boris, Doctor of Sciences (Arkhangelsk, Russia)
 Gavrilov Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
 Gorbanev Sergey, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
 Hrennikov A., Doctor of Technical Sciences (Moscow, Russia)
 Ivanov Vladimir, Doctor of sciences (Physical and Mathematical) (Moscow, Russia)
 Kapitanov Aleksey, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
 Kydrushova Elena, Doctor of Sciences, Prof (Arkhangelsk, Russia)
 Levykin Sergey, Doctor of Sciences, Prof (Yekaterinburg, Russia)
 Mingazova Elmira, Doctor of Medical 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)

Prohorchuk Egor, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
 Repina Irina, Doctor of Sciences, Professor (Moscow, Russia)
 Semenov Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
 Serebryannikov S., Doctor of Technical Sciences (Moscow, Russia)
 Schwarzburg Leonid, Doctor of Sciences (Technical) (Moscow, Russia)
 Slobodchikov Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
 Stepanova Vera, Doctor of Sciences (Arkhangelsk, Russia)
 Tokarevich Nikolay, Doctor of Sciences (St. Petersburg)
 Turichin Gleb, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
 Zvorykina Julia, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
 Bayeva Julia, PhD (Moscow, Russia)
 Chebrov Danila, PhD in Physics and Mathematics (Petrovskiy, Russia)
 Kamchatsky, Russia)
 Ivanov Boris, PhD (St. Petersburg, Russia)
 Karyakin Yuri, PhD (Moscow, Russia)
 Khvostova Marina, PhD (Moscow, Russia)
 Klimanov Igor, PhD (Moscow, Russia)
 Nikanov Alexander, PhD (St. Petersburg, Russia)
 Pisarev Sergey, PhD (St. Petersburg, Russia)
 Saltykova Olga, PhD (Cheboksary, Russia)
 Tretyakov Viktor, PhD (St. Petersburg, Russia)
 Yulin Alexander, PhD (St. Petersburg, Russia)

EDITORIAL STAFF

Science editor: Alexeeva Tatiana (AARI)

CEO: Makova Elena

Executive secretary: Marina Belikova

Pr: Olga Chahovskaya

MANUSCRIPT SUBMISSION: info@arctic-centre.com

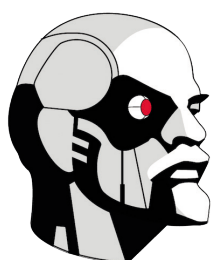
ADDRESS: 101000, Moscow, Armenian lane, 9/1/1 bld., room 203:

MASS MEDIA registration: Эл №ФС77-72859

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

CEO: Yu.V. Belikova

ISSN (online): 2658-4255



CYBERLENINKA



The journal is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International.

www.creativecommons.org

ISSUE DATE: 11.07.2020



- 4 Editor's letter
- 5 OVERVIEW OF THE OF ARCTIC SHIPPING ROLE AND ENSURING OF ITS ENVIRONMENTAL SAFETY
A.I. Statuto
- 17 MAIN ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN THE DEVELOPMENT OF THE NORTHERN SEA ROUTE
A.A. Bagdasaryan
- 30 RECONSTRUCTION OF AIR TEMPERATURE SERIES AT RUSSIAN STATION IN BARENTSBURG (SVALBARD)
V.I. Demin, B.V. Ivanov, A.D. Revina.
- 41 VARIABILITY OF THE SPRING OLD ICE AND FALL RESIDUAL ICE BOUNDARY IN THE ARCTIC OCEAN OVER THE CURRENT PERIOD OF CLIMATE CHANGES
E.S. Vinogradnyaya, E.S. Egorova, T.V. Sheveleva, A.V. Yulin
- 56 ON THE ISSUE OF PRESERVING THE TRADITIONS OF NATIONAL CUISINES AND NUTRITION OF THE PEOPLES OF THE RUSSIAN NORTH
U.M. Lebedeva, E.N. Mingazova



Кира Змиева
Главный редактор

Редакция благодарит
рецензентов и членов
редакционного совета
за помощь
в подготовке
данного выпуска.

Уважаемые читатели!

Перед Вами 9-й выпуск научного журнала «Российская Арктика».

Сегодня перед всем мировым научным сообществом особенно остро стоит вопрос обеспечения экологической безопасности в арктическом регионе. Недавние события в Норильске, приведшие к одной из самых крупных аварий в Заполярье, показали, насколько беззащитна хрупкая природа Севера и как трудоёмко, а зачастую и просто невозможно ее восстановить.

В связи с развитием Северного морского пути растут и риски возникновения подобных аварий. Разливы нефтепродуктов могут происходить не только при нарушении условий их хранения, как это произошло на ТЭЦ-3 в Норильске, но также при добыче нефти на шельфе и ее транспортировке, как по морю, так и по трубопроводам.

При подобных разливах образующаяся на поверхности воды нефтяная пленка препятствует попаданию света, а также процессам тепло и газообмена с атмосферой, что тут же делает невозможной существование морских и пресноводных организмов. Кроме того, нефтепродукты оказывают сильнейшее токсическое воздействие на экосистему в целом. В конце концов, страдают люди, населяющие поврежденные области. Загрязненные реки и озёра приводят к дефициту питьевой воды, как для человека, так и для сельскохозяйственных животных, невозможности рыбной ловли.

В условиях Арктики ликвидация ущерба от разливов нефти осложнена наличием ледяного покрова и удаленностью от крупных аварийно-спасательных центров. В некоторых областях осуществить сбор нефтепродуктов просто невозможно.

При этом разливы нефтепродуктов - это только один из вариантов загрязнений природной среды заполярных рек и морей. С развитием судоходства и увеличением грузооборота неизбежно возрастут объемы сбросов различного рода мусора и отходов, сточных вод и выбросов от дизельных двигателей.

Тем не менее, Арктика - стратегически важный регион как для России, так и для всего мира. Использование ее ресурсов, а также возможностей грузоперевозок по Северному морскому пути, играет большую роль в развитии экономики нашей страны. Создание работоспособной системы контроля, мониторинга и прогнозирования антропогенной нагрузки на природную среду арктического региона, а также разработка инновационных технологий бережной разработки недр и шельфа - важнейшая задача для учёных, экологов, промышленников и государства в целом.

Об этом и многом другом читайте на страницах этого выпуска!

Приятного прочтения!

ОБЗОР РОЛИ АРКТИЧЕСКОГО СУДОХОДСТВА И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А.И. Статута

Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург, Россия

✉ mo1887@yandex.ru

Интенсивное промышленное освоение российской Арктики и возрождение Северного морского пути неизбежно повышает экологические риски. Это создаёт необходимость осуществления осмысленной хозяйственной деятельности в этом хрупком регионе, подробного изучения проблем его освоения и обеспечения экологической безопасности судоходства по Северному морскому пути. Рассматривается роль судоходства в Арктике и анализ технических и технологических требований к судам, совершающих плавание в этом регионе.

Ключевые слова: Арктика, Северный морской путь, судоходство, экологическая безопасность.

OVERVIEW OF THE OF ARCTIC SHIPPING ROLE AND ENSURING OF ITS ENVIRONMENTAL SAFETY

A.I. Statuto

Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia

Intensive industrial development of the Russian Arctic and the revival of the Northern Sea Route inevitably increase environmental risks. This creates necessity of rational economic activity in this fragile region, detailed researches of development problems, and ensuring environmental safety of the Arctic shipping. The role of the shipping, technical and technological requirements for ships sailing along the route are considered in the manuscript.

Keywords: The Arctic, the Northern Sea Route, shipping, environmental safety.

Статья получена: 25.02.2020

Принята к публикации: 19.03.2020

Опубликована онлайн: 07.05.2020

Введение.

Освоение новых углеводородных месторождений на российском арктическом шельфе и возрождение Северного морского пути неизбежно ведёт к увеличению интенсивности судоходства в Арктике.

Уменьшение экологических рисков арктического судоходства — непростая задача. Для её решения необходимо использовать нормативно-правовое регулирование, применять новейшие

технологии и т.д. При этом необходимо снижение не только рисков аварийных ситуаций, но и текущего воздействия судоходства на окружающую среду: выбросов выхлопных газов энергетическими установками судов, сбросов мусора и льяльных вод за борт и нейтрализация последствий аварийных ситуаций.

Интенсивное промышленное освоение Арктики требует разработки и проведения осмысленной хозяйственной деятельности в этом довольно трудном

для освоения регионе, подробного изучения проблем экологической безопасности. Поэтому для нашей страны, имеющей самое протяженное в мире арктическое побережье, защита окружающей среды Арктики – это вопрос стратегической необходимости.

Россия является пионером освоения Арктики, и поэтому она имеет неотъемлемое право на освоение акваторий Северного Ледовитого океана (СЛО), имеющих энергетические ресурсы и предоставляющих транзитные возможности.

Цель данной работы заключается в анализе роли российского сектора Арктики для развития экономики России, методов обеспечения экологической безопасности судоходства в этом регионе.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели выполнен литературный обзор международных конвенций, технической документации и экспертных интервью.

Северный морской путь как национальная и международная транспортная судоходная магистраль.

Северный морской путь (СМП) является исключительным национальным ресурсом экономики Российской Федерации. СМП соединяет порты европейского и дальневосточного побережий с портами сибирских рек в единую коммуникационную систему. СМП является важнейшей частью инфраструктуры экономического комплекса Крайнего Севера России.

СМП является кратчайшим морским путём между Европейской Россией и Дальним Востоком, который проходит по морям Северного Ледовитого океана (Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское моря) и Тихого океана (Берингово море). Длина пути от Карских Ворот до бухты Провидения составляет около 5600 км. Исходя из Конвенции ООН по морскому праву, для плавания по трассам СМП предусмотрен особый режим, который находится в юрисдикции РФ [1].

Северный морской путь является

альтернативой путям, проходящим через Суэцкий и Панамский каналы. Расстояние из Мурманска в Иокогаму через Суэцкий канал составляет 24 тыс. км, а через СМП — около 11 тыс. От Санкт-Петербурга до Владивостока по Северному морскому пути - 14 тыс. км, через Суэцкий канал – 23 тыс. км, вокруг Африки – почти 30 тыс. км. Сокращение расстояния позволяет сильно экономить на топливе, вести более грамотную логистику и также это сокращает время самокупаемости судов [1, 2].

Обеспечение государственных интересов Российской Федерации в отношении СМП является одной из главных задач. В 2012 году был принят закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ в части государственного регулирования торгового мореплавания в акватории Северного морского пути». Он накладывает на РФ международные обязательства в отношении Северного морского пути. Судну под любым флагом гарантируется безопасность движения, ледокольное сопровождение, информация о фарватерах, помощь в опасных ситуациях и возможность использования береговой инфраструктуры. Для плавания по СМП от судовладельца требуется финансовое обеспечение при возникновении возможного ущерба окружающей среде региона [1, 2].

По мнению ряда специалистов, СМП в скором времени может стать конкурентом для маршрутов через Суэцкий канал и ряда других трасс мореплавания. Максимально возможная пропускная способность СМП — около 50 млн тонн грузов в год. В случае продолжения роста активности нефтяных и газовых компаний на побережьях и акваториях СЛО СМП будет весьма востребован. Роль СМП определяется прежде всего ростом промышленного освоения Крайнего Севера и поддержанием его функционирования. СМП — фактор стабилизации экономической безопасности РФ [2].

Высокая значимость морского транспорта для Крайнего Севера связана с обширностью береговой линии и отсутствием или слабым развитием на-

земных коммуникаций круглогодичного действия. Важна роль стратегических факторов, связанных с международным значением морского судоходства в арктической зоне. Прежде всего, это контроль над морскими акваториями, которые могут быть богаты природными ресурсами; высокое транзитное значение у СМП как у маршрута, связывающего западные и восточные регионы РФ. Крайне выгоден для России и ожидаемый рост международных транзитных перевозок [1, 2].

В обозримом будущем СМП станет ключевым элементом транспортного сообщения арктических регионов РФ. Развитие месторождений на шельфе и в прибрежных районах создает новые предпосылки для развития морских перевозок в Арктике. Благоприятны перспективы для роста транзитных перевозок в рамках создания единой транспортной системы сообщений между Западной Европой и странами Азиатско-Тихоокеанского региона, а также Северо-Тихоокеанским побережьем США и Канады [2].

Проблемы и риски освоения ресурсов Арктики.

По мнению академика Николая Лаверова, возглавляющего межведомственную комиссию по делам Арктики, осваивать Арктику даже сложнее, чем осваивать космос. Аналогично мнение советского и российского исследователя Арктики и Антарктики, крупного российского учёного-океанолога Артура Чилингарова: «Согласен с тем, что освоение Арктики — процесс не менее сложный, чем освоение космоса. Но есть и существенная разница. Космос — это интересно, и опасно, но неизвестно, когда от него будет практическая и экономическая отдача. Но, если деньги вложить в Арктику, то будет сразу видно, что прибыль есть, ведь там имеются огромные запасы природных ресурсов. Да, безусловно, для добычи этих ценных полезных ископаемых необходимо решать сложные технологические задачи...» [3].

Как считает ряд специалистов и экспертов, 20% мировых запасов газа и

нефти приходится на Арктический шельф. Проблема в том, что крупные нефтегазодобывающие компании не всегда осознают всей ответственности при добыче углеводородов в Арктике. Арктика — это уникальный регион, требующий нестандартных подходов при освоении. Экосистемы СЛО очень чувствительны к антропогенным воздействиям. Крупномасштабные работы по добыче нефти и газа могут служить источником экологических рисков. Из-за низких температур в СЛО биологическое разложение нефти практически отсутствует, и нефть на длительное время может оставаться в исходном состоянии. Если нефть при разливе попадает под ледяной покров и/или абсорбируется им, то затем с дрейфующими льдами она может быть перемещена на значительные расстояния. Для борьбы с разливами углеводородов мало наличия специально оборудованного судна, нужен ещё ледокол или даже несколько ледоколов. Переброска специализированного судна-уборщика также может потребовать ледокольной проводки и займет продолжительное время, за которое нефть успеет законсервироваться в трещинах ледяного покрова, в углублениях его нижней поверхности, в киях торосов и т.п. Потому даже малейшая неполадка в Арктике может обернуться большой проблемой [4, 5]. Сжатие дрейфующих льдов является форс-мажорным обстоятельством, которое может приводить к аварийным разливам углеводородов [6]. Наблюдающееся улучшение ледовых условий плавания не столь кардинально, чтобы исключить возникновение аварийных ситуаций из-за ледовых сжатий судов и столкновений судов с ледовыми объектами [7 — 11].

На шельфе российских морей СЛО отсутствует гарантированный безледный период, что осложняет выполнение бурения. Для 80% шельфовых месторождений нефти и газа просто отсутствуют разработанные технологии и стандарты безопасного освоения [5]. Следующая сложность — это невозможность быстрой доставки арендованного оборудования из-за малого количества

авиационных и морских таможенных пропускных пунктов. Часто оформление таможенных документов на оборудование затягивается, при этом компании-арендаторы платят огромные деньги, пока техника бездейственно стоит в портах [5]. Экстремальные погодные условия также осложняют освоение ресурсов Арктики. Резкие смены погоды негативно влияют на оборудование. Обледенение оборудования является очень опасным явлением [5].

Энергетические установки судов являются источником загрязнения окружающей среды. В мореплавании доступные технологии, позволяющие уменьшить урон окружающей среде, используются недостаточно. Чтобы уменьшить выбросы в атмосферный воздух, нужно, чтобы выбросы были дорогостоящими для судовладельцев и компаний. Высокая стоимость топлива или повышение платы за выбросы выхлопных газов в атмосферу могли бы привести к увеличению инвестиций в разработку способов уменьшения выбросов или методов более эффективного энергосбережения на судах [5].

Еще одна экологическая проблема связана с использованием топочного

мазута в энергоустановках судов. Опасность связана с возможностью аварийных разливов мазута, т.к. их последствия для окружающей среды могут быть катастрофическими. Мазут является очень вязким топливом, поэтому он практически не растворяется в воде и оказывает более губительное влияние на фауну, чем разлив сырой нефти, а в условиях Арктики ликвидация разливов очень затруднена из-за ледовых условий, низких температур, больших расстояний и т.д. Самоочищение среды в холодных водах СЛО может происходить десятилетиями [5].

Связанные с разработкой нефтяных и газовых месторождений на Крайнем Севере риски включают экологические риски, загрязнение атмосферы и гидросферы, разрушение среды обитания. Также выделяют социальные риски — это риски для здоровья и безопасности работников; юридические риски: административные риски, судебные риски и риски для имиджа компаний. Отдельно стоит операционный риск — это риск убытков в результате ошибочных действий сотрудников, неполадок технических систем или внешних событий [5].



Рисунок 1 – График объемов перевозок грузов по трассам Северного морского пути [12, 13]..

Интенсивность судоходства в арктических водах и аварийность судов.

За последние годы наметилась тенденция к увеличению объемов перевозок по Северному морскому пути. Динамика изменения объемов перевозок с 1985 по 2011 гг. представлена на рисунке 1. В течение 2005-2007 гг. эти объёмы превысили 2 млн. тонн и продолжают увеличиваться. Согласно данным Минтранса, за 2007 год по Северному морскому пути прошло 2 рейса, за 2008-й – 3, за 2009-й – 5, за 2010-й – 10, за 2011-й – 41, за 2012 год – 36 рейсов (из них 25 судов с грузом, 11 – с балластом). Всего за 2011 год по СМП было перевезено около 835 тыс. тонн грузов, а в 2012-м уже 1,2 млн. тонн. С 2009 года по 2017 произошло очевидное увеличение объёма перевозок. В 2012 году впервые в истории СМП по нему прошел танкер «Ob River» («Река Обь») из Норвегии в Японию (валовой тоннаж 100244 тонн), шириной 45 метров со 135 тыс. м³ сжиженного природного газа. Однако только в 2016-2017 гг. был достигнут уровень объёма перевозок в 80-е гг. XX века [12, 13].

До распада СССР инфраструктура СМП соответствовала требованиям по обеспечению безопасности плавания, но экономический упадок негативно повлиял на состояние и СМП. По статистике Минтранса, после 1993 года перевозки грузов носили эпизодический характер – в отдельные годы было только от одного до трех рейсов. К концу 90-х годов работа СМП была практически остановлена. Для увеличения объемов арктического судоходства необходимо развитие инфраструктуры и замена ледокольного флота [12, 13].

Интенсивность судоходства в СЛО занимает последнее место после его интенсивности в Тихом, Атлантическом и Индийском океанах. Торговое судоходство на трассах СМП пока является эпизодическим. Гордость ВМФ России — её Северный флот, в который входят 79 кораблей, в том числе 34 атомные подводные лодки и 2 надводных атомных корабля, которые могут представлять потенциальную опасность загрязнения

окружающей среды [14].

Любой вид судоходства в СЛО связан с риском аварий и разливов углеводородов и топлива. Суда могут просто застревать во льдах при неблагоприятной ледовой обстановке. Из-за этих факторов риска увеличиваются расходы на страхование судов и грузов, что снижает привлекательность трасс СМП. Кроме рисков судо- и грузовладельцев существуют риски для морских и прибрежных экосистем, а также для прибрежных жителей, занимающихся традиционным промыслом морского зверя. Возможны столкновения судов с китообразными и ластоногими, губительные для животных; высокий уровень шума и загрязнение морской среды могут приводить к миграциям животных, что негативно скажется на их традиционном промысле. Разливы нефти могут нанести огромный вред всей фауне или сделать её непригодной для употребления в пищу для местного населения [15].

Конструктивные и технологические требования к судам, совершающим плавания в полярных водах.

Международные технологические и конструктивные требования к судам морского класса описаны в конвенции МАРПОЛ 73/78 и Полярном Кодексе. Также в РФ действует разработанный Морским регистром судоходства НД № 2-020101-072 «Правила классификации и постройки морских судов» [16].

Согласно этому НД корпус судна должен выдерживать общую и локальную (в пределах отдельного участка корпуса) ледовую нагрузку, допустимую для судов данного класса ледовых усилений. Все участки корпуса и все рельефно-выступающие элементы должны быть усилены таким образом, чтобы они могли противостоять ледовым нагрузкам при всех возможных взаимодействиях корпуса судна со льдом. Конструкция судна должна способствовать уменьшению повреждений в результате нагрузок на отдельные участки корпуса [16, 17].

Для ледовых усилений должны использоваться материалы, соответствующие ледовым условиям на

предполагаемых акваториях использования судна. Усиления должны обладать прочностными характеристиками, подходящими для выбранной конструкции судна. Противоабразивные и противокоррозийные покрытия, используемые на участках корпуса с ледовыми усилениями, должны соответствовать предполагаемому сопротивлению льда и реакциям на него элементов конструкции [16, 17].

РД 31.04.23-94 «Наставление по предотвращению загрязнения с судов» предполагает, что все суда тоннажем 400 рег. тонн¹ и более и нефтяные танкеры грузоподъемностью 150 рег. тонн и более должны иметь на борту:

1. Фильтрующую установку, которая должна обеспечивать очистку нефтесодержащего балласта до содержания нефти при сбросе за борт строго менее 15 ppm (миллионных долей).

2. Систему контроля содержания нефти в сбрасываемой за борт воде (АСС — автоматическую систему сигнализации или САЗРИУС — систему автоматического замера и управления сбросом, с самописцем), обеспечивающую сигнализацию о превышении концентрации 15 ppm и подающую команду на автоматический запор отверстий и на остановку откачивающего насоса.

3. Автоматическое запорное устройство (как правило, это трехходовой электропневмоклапан), которое обеспечивает прекращение сброса в море воды с концентрацией нефти свыше 15 ppm (по сигналу АСС);

4. Сепаратор для отделения воды от нефтяных шламов.

5. Резервуар или танк для сбора всех льяльных вод МКО² с автономной системой подачи на берег на оба борта, оборудованный фланцами международного образца и пультом дистанционной остановки насосов в районе этих фланцев. Использование других систем при передаче нефтесодержащих вод на берег запрещается.

6. Резервуар для сбора нефтяных шламов и отходов при проведении

мочистки (чистки и замены изношенных частей цилиндра двигателя) с системой подогрева и трубопроводом подачи остатков нефти на берег с фланцами международного образца.

7. Трубопровод выдачи остатков нефти должен быть автономным, не иметь прямого соединения со шпигатами³, не должен иметь никаких соединений с осушительной или какой-либо другой системой; он должен быть оборудован шнековым насосом (винт Архимеда) для перекачки высоковязких отходов.

8. При наличии на судне мусоросжигателя (инсинератора) должна быть установлена система труб для подачи шлама к нему и узел подготовки шлама к сжиганию: резервуар для смешивания шлама с топливом, с подогревом и перемешиванием, гомогенизатор.

9. Механическое герметичное запирание палубных шпигатов [17].

Акватория Арктики по Конвенции МАРПОЛ—73/78 выделена в особый район: в особых районах строго запрещается сброс в море любой нефтесодержащей смеси, за исключением случаев, когда одновременно соблюдаются следующие условия [18]:

- для танкеров: запрещается сброс льяльных вод из грузовых танков;
- для судов тоннажем 400 рег. тонн и более, а также для льял МКО танкеров должны быть АСС или САЗРИУС и автоматическое запорное устройство, которое запирает патрубки сброса вод при превышении содержания нефти 15 ppm.

Каждое полярное судно должно иметь на борту специальный танк для хранения нефтяного шлама с условием его последующей сдачи на берег [18].

Для повышения непотопляемости судна, сохранности груза и защиты окружающей среды в настоящее время на всех танкерах, в том числе и имеющих ледовые усиления корпусов арктических классов, в конструкции используются двойное дно и двойные борта. Принципиальная схема представлена на

3 Шпигат — отверстие в палубе судна для удаления за борт воды, которую судно приняло при заливаниях волнами, атмосферных осадках, тушении пожаров, уборке палубы и др.

1 Регистровая тонна (рег.тн) - единица объёма, равная 100 кубическим футам, то есть 2,83 м³

2 Машинно-котельное отделение
A.I. Statuto

рисунке 2. Двойное дно служит для увеличения вероятности непотопляемости судна при проломах внешней обшивки днища корабля, при этом пространство между внешней и внутренней обшивкой используется для заполнения балластом, топливом, льяльной водой, пресной водой или водой, образующейся в бытовых условиях и др. [19]. Двойными бортами называют конструкции, которые образуются продольными переборками, отстоящими от бортовой обшивки на расстоянии около 850—1400 мм и соединенные между собой с помощью шпангоутов и стрингеров (рёбер жёсткости). Двойной борт, как и двойное дно, увеличивает живучесть судна при случайной пробоине обшивки [20].

Методы экологического и техносферного мониторинга в Арктике.

Прогнозирование, локализация и ликвидация экологических угроз является основной целью мониторинга в управлении экологической безопасностью. Это связано с масштабным освоением нефтяных и газовых месторождений

Арктической зоны России. Зона мониторинга охватывает континентальный шельф, территориальные воды и внутренние морские воды Арктической зоны России, а также прилегающие акватории, например, норвежский сектор Баренцева моря или американский сектор Чукотского моря [20, 21].

Объектами мониторинга в Арктике являются:

1. Проекты проведения исследовательских работ по оценке запасов углеводородов на шельфе.

2. Проекты освоения залежей углеводородов на арктическом шельфе.

3. Транспортные проекты, связанные с вывозом добываемых на арктическом шельфе нефти и газа.

4. Транспортные международные проекты, связанные с перевозками углеводородов по акватории СМП, в том числе проекты стран по развитию промышленной деятельности на территории Крайнего Севера и Арктики.

На август 2015 года мониторинг учитывал больше 120 лицензионных участков, расположенных в акватории материкового шельфа, территориальных

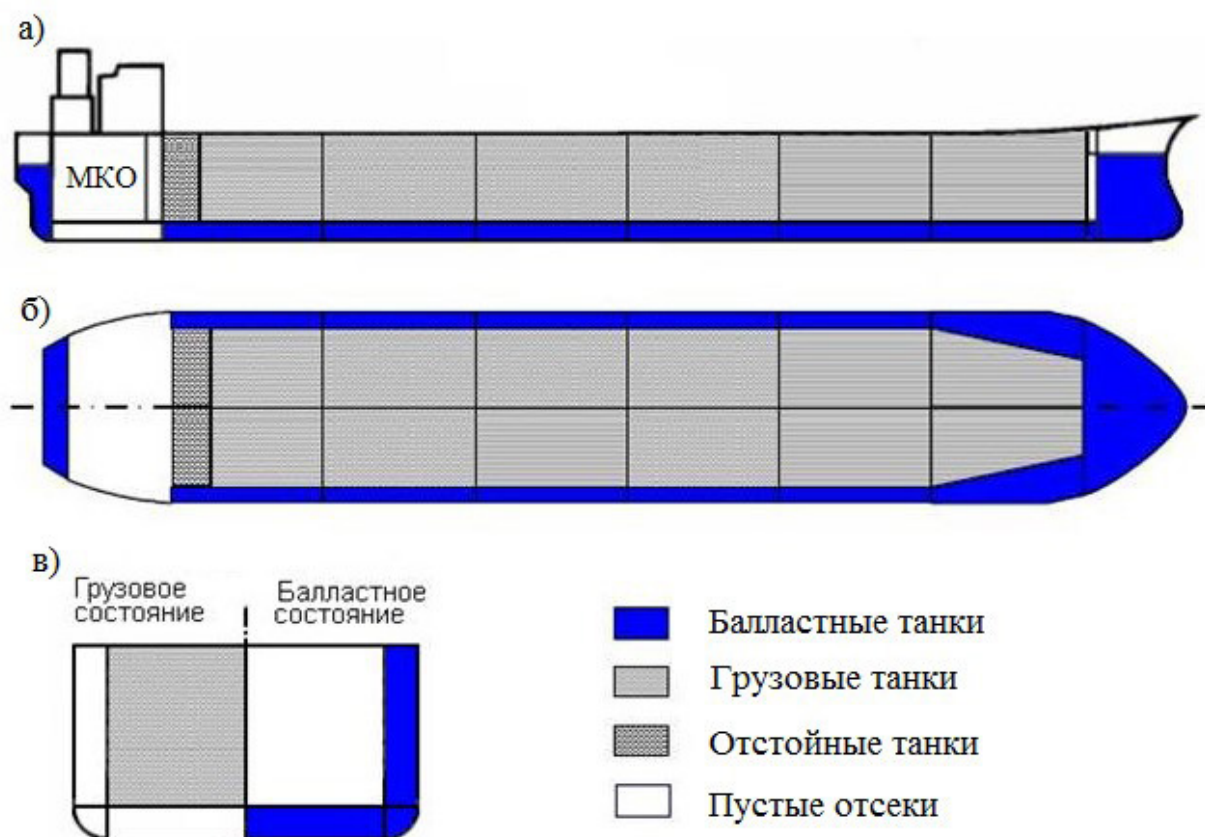


Рисунок 2 – Расположение отсеков и схема загрузки двух -корпусного танкера: а) вид сбоку; б) вид сверху; в) загрузка в рейсе и в балластном переходе [20]

вод и внутренних морских вод России; а также на побережьях арктических морей. На данных участках обнаружено более 60 месторождений углеводородов, большая часть которых расположена на шельфе. Лицензионные участки соединены в 44 отдельных проекта, являющихся действующими или потенциальными источниками производства нефти, конденсата и сжиженного природного газа [22].

В Арктике существуют как климатические и природные, так и техногенные источники чрезвычайных ситуаций (ЧС). К основным климатическим и природным источникам ЧС относятся: деградация вечной мерзлоты (таяние), обвалы, оползни; снежные лавины; наводнения (весна, осень), ледяные заторы, подвижка льдов; ландшафтные пожары (тундра, мелколесье); снежные бури, штормы; сильные ветры (ураганы) и гололедица.

В пределах Арктической зоны Российской Федерации размещены объекты: нефтепроводы, газопроводы, предприятия по добыче, переработке и хранению газа, нефти и нефтепродуктов, атомные электростанции, химически опасные объекты, взрывопожароопасные объекты, важные элементы коммуникаций, которые могут стать источниками ЧС техногенного характера.

Учитывая вышеописанные опасности и риски чрезвычайного характера в Арктической зоне РФ, также учитывая серьезность возможных последствий, которые будут возрастать из-за широко промышленного освоения этого региона, изменений климата и в целях осуществления «Основ государственной политики РФ в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу», подписанных Президентом Российской Федерации 18.09.2008, в МЧС РФ разработана информационная система предупреждения, мониторинга и ликвидации последствий ЧС природного и техногенного характера зоны Арктики и Крайнего Севера [21, 22].

Полностью система будет создана на базе 10 комплексных аварийно-спасательных центров, связанных одной информационно-аналитической базой

данных, что облегчает работу каждого из центров. Комплексные спасательные центры планируется разместить в населенных пунктах Крайнего Севера, которые обладают транспортной инфраструктурой, телекоммуникационной связью и, что важно, людскими ресурсами. В создании Единой Системы принимают участие МЧС России, Минтранс России, Минприроды России, а также ФСБ России [21].

Оптимальными местами размещения центров являются Мурманск, Архангельск, Нарьян-Мар, Воркута, Надым, Дудинка, Тикси, Певек, Провидения и Анадырь [17, 18]. Каждый центр должен взаимодействовать и быть информационно связан со своим региональным центром МЧС РФ и Национальным центром управления в кризисных ситуациях, а также с федеральными органами исполнительной власти и общественными организациями.

Кроме того, в целях поддержки выполнения государственной задачи по поиску и спасению людей, терпящих бедствие на море, охране хрупких экосистем Арктики, предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в зоне юрисдикции РФ в Арктике по инициативе Федерального агентства морского и речного транспорта (Росморречфлот) в 2011 г. в Тикси создан и работает морской спасательный подцентр (МСПЦ). В 2012 г. были созданы и работают морской спасательно-координационный центр (МСКЦ) Диксон и МСПЦ Певек. Кроме того, в целях усиления вышеуказанной спасательной подсистемы, в Арктической зоне созданы четыре новых пункта передового базирования аварийно-спасательных групп Росморречфлота в портах Диксон, Тикси, Певек, Провидения [22].

В результате реализации программы «Морской транспорт» ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010–2015 годы)» в состав Северного и Сахалинского филиалов ФГУП «Балтийское Бассейновое аварийно-спасательное управление (БАСУ)» были введены по одному многофункциональному аварийно-спасательному судну мощностью

4 МВт с техникой для ликвидации разливов нефти (ЛРН) на борту (суда типа «Спасатель Карев»). Несение аварийно-спасательной готовности будет организовано вахтой этих судов в период летне-осенней навигации в западном и восточном секторах Арктики [22].

Учитывая сложности и особенности навигации по арктическим морям, Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация) подала запрос на увеличение количества воздушных судов в регионе для обеспечения решения задачи поиска и спасения людей, терпящих бедствие на море. Вносятся предложения о дополнительном размещении на аэродромах в Арктическом регионе 10 вертолетов Ми-8 или Ка-27, 1 самолета дальнего действия Ил-76 и 7 транспортных самолетов Ан-26, Ан-27, Ан-74 [22].

Из-за наличия ледяного покрова в СЛО и в неарктических замерзающих морях в зимний период ледоколы являются основой поисково-спасательных сил. Для привлечения ледоколов к полноценному несению аварийно-спасательного дежурства и при выполнении высокоширотных рейсов предусмотрено, что каждый ледокол должен укомплектовываться аварийно-спасательным имуществом и имуществом ЛРН, группами профессиональных спасателей от Северного и Сахалинского филиалов ФГУП «Балтийское БАСУ». В состав групп входит 3 водолаза и несколько специалиста по ЛРН [22].

Заключение. От решения задачи обеспечения безопасности мореплавания по СМП зависит состояние окружающей среды, жизнь и здоровье членов экипажей судов и жителей побережий, а также сохранность грузов.

Можно сделать следующие выводы:

1. Охрана морской среды является комплексной задачей, решаемой на многих уровнях от принятия и соблюдения международных конвенций до действий отдельных членов экипажей судов;

2. Задача минимизации негативных антропогенных воздействий на экосистемы акваторий СМП и рисков экологических катастроф должна решаться в процессе разработки современных морских транспортных систем СМП, предназначенных для вывоза углеводородов и транзитных перевозок;

3. Зонами повышенной опасности являются проливы и прибрежные акватории, где наиболее вероятны такие опасные явления, как ледовые сжатия судов и «ледовые реки» — узкие потоки, переносящие дрейфующие льды с высокой скоростью;

4. Для предотвращения загрязнения нефтью и нефтепродуктами морских экосистем СМП необходимы внедрение современных технических решений и разработка новых подходов для снижения опасности аварийных ситуаций.

Список литературы:

1. Белый О.В., Скороходов Д.А., Стариченков А.Л. Северный морской путь: проблемы и перспективы. // Транспорт Российской Федерации. 2011. Т. 32. № 1. С. 8-12.
2. Бабич С.В., Яковлева А.А. Транспортно-логистический потенциал северного морского пути в евроазиатском экономическом пространстве // Российская Арктика 2019, № 4. С. 5-14. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37138435> (Дата обращения: 09.02.2020)
3. Арктика: перезагрузка // Интервью с Артур Чилингаров из журнала «Редкие земли». URL: <http://rareearth.ru/ru/pub/20150419/01573.html> (Дата обращения: 09.02.2020)
4. Экспертный совет при правительстве РФ, Рабочая группа «Развитие Арктики и Северного Морского Пути». URL: <http://будущее-арктики.рф/osvoenie-arktiki/> (Дата обращения: 11.02.2020)
5. Из интервью Информационного агентства «Арктик Инфо» с Анатолием Золотухиным, научным руководителем Института арктических нефтегазовых технологий Российского государственного университета им. И.М.Губкина, профессор. URL: http://www.arctic-info.ru/Interview/28-01-2015/s-arktiko-i-nel_za-borot-sa-k-nei-nado-prisposobit_sa/ (Дата обращения 09.02.2020)
6. Третьяков В.Ю., Фролов С.В., Сарафанов М.И.

- Результаты компьютерного моделирования вероятности аварийных ситуаций из-за сжатий судов дрейфующими льдами на участке Северного Морского пути // Российская Арктика. 2019. № 5. С. 4-11. DOI: 10.24411/2658-4255-2019-10051. URL: <https://russian-arctic.info/info/articles/sudokhodstvo-i-korablestroenie/rezultaty-kompyuternogo-modelirovaniya-veroyatnosti-avariynykh-situatsiy-iz-za-szhatiy-sudov-dreyfuyu/> (Дата обращения 09.02.2020)
7. Tretyakov V., Fedorova I., Belozerski G., Kulesh V., Frolov S. Liquid gas traffic in the Arctic under climate warming // International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2018. Vol. 18. Issue 5.2. P. 585-592. DOI: 10.5593/sgem2018/5.2. URL: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603729256> (Дата обращения 09.02.2020)
 8. Tretyakov, V., Sarafanov, M. & Frolov, S. Alterations of summer ice conditions within eastern part of the Northern Sea Throughway // 4th International Scientific Conference "Arctic: History and Modernity". IOP Publishing. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 302 (2019) 012033. DOI:10.1088/1755-1315/302/1/012033. P.1-8. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/302/1/012033/pdf> (Дата обращения 10.02.2020)
 9. Третьяков В.Ю., Фролов С.В., Сарафанов М.И. Изменчивость ледовых условий плавания по трассам Северного Морского пути за период 1997-2018 гг. // Проблемы Арктики и Антарктики. 2019. Т. 65. № 3. С. 328-340. DOI: 10.30758/0555-2648-2019-65-3-328-340; URL: <https://www.aaresearch.science/jour/article/view/196/143> (Дата обращения 10.02.2020)
 10. Третьяков В.Ю., Фролов С.В., Сарафанов М.И. Изменения ледовых условий плавания по маршруту Обская губа - Берингов пролив за 1998-2018 годы // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2019. Т. 12. № 3. С. 65-75. DOI: 10.7868/S2073667319030080; URL: http://hydrophysics.info/wp-content/uploads/2019/10/Tretyakov_20193.pdf (Дата обращения 10.02.2020)
 11. Третьяков В.Ю., Фролов С.В., Сарафанов М.И. Анализ межгодовой изменчивости ледовых условий по маршруту плаваний «порт Сабетта - порт Мурманск» за период 1997-2018 гг. // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2019. Т. 64. № 3. С. 477-490. DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu07.2019.307>; URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_41504357_69247567.pdf (Дата обращения 10.02.2020)
 12. Судоходство в Арктике // Информационный ресурс, размещающий актуальные новости морской отрасли «Maritime zone». URL: <http://maritime-zone.com/articles/sudokhodstvo%20v%20arktike/> (Дата обращения 09.02.2020)
 13. Сценарии катастрофы в Арктике: ученые бьют тревогу // Российское информационное агентство «Иносми» URL: <http://inosmi.ru/world/20140212/217449247.html> (Дата обращения 10.02.2020)
 14. Открытый Интернет-проект, посвященный послевоенным проектам кораблей и судов ВМФ СССР и РФ URL: <http://russianships.info/today/> (Дата обращения 10.02.2020)
 15. Проблемы и решения арктической транспортной системы // Издательство «Морские вести России». URL: <http://www.morvesti.ru/tems/detail.php?ID=53265> (Дата обращения 16.02.2020)
 16. НД 2-020101-072 Правила классификации и постройки морских судов // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200102215> (Дата обращения 10.02.2020)
 17. РД 31.04.23-94 Наставление по предотвращению загрязнения с судов // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200042382> (Дата обращения 10.02.2020)
 18. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ 73/78) // Международная Ассоциация по опасным грузам и контейнерам НП «АСПОГ» URL: http://www.idgca.org/doc/app6_020215.pdf (Дата обращения 11.02.2020)
 19. Обеспечение непотопляемости судна // Строительный информационный портал. URL: <http://www.stroitelstvo-new.ru/sudostroenie/rk/dvoynoe-dno-borta-platfomy.shtml> (Дата обращения 11.02.2020)
 20. Научно-практический журнал «Инженерная защита» // Мониторинг хозяйственной деятельности в Арктике и прогноз экологических рисков. URL: <http://territoryengineering.ru/konstruirovanie-budushego/monitoring-hozyajstvennoj-deyatelnosti-v-arktike-i-prognoz-ekologicheskikh-riskov/> (Дата обращения 11.02.2020)
 21. Волкодаева М.В., Володина Я.А., Ломтев А.Ю., Носков С.Н. «О необходимости развития системы экологического мониторинга окружающей среды крайнего севера». Журнал Российская Арктика 2019. № 6. С. 37-43. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41171248> (Дата обращения: 11.02.2020)
 22. Предупреждение ЧС в Арктической зоне РФ // Государственный доклад МЧС. URL: <http://www.mchs.gov.ru/upload/site1/activities/results/5.2GosDoklad2011.pdf> (Дата обращения 11.04.2020)

References:

1. Belyj O.V., Skorohodov D.A., Starichenkov A.L. Severnyj morskoy put': problemy i perspektivy. [North Sea Route: problems and prospects] // Transport Rossijskoj Federacii. [Transport of Russian Federation] 2011. v. 32. № 1. p. 8-12. (in Russian)
2. S.V. Babich., A.A. Yakovleva «Transportno-logisticheskij potencial severnogo morskogo puti v evroaziatskom ekonomicheskom prostranstve» [Transport and logistics potential of the Northern Sea Route in the Eurasian economic space] // Journal Rossijskaya Arktika 2019. № 4. p. 5-14. (in Russian) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37138435> (Accessed: 09.02.2020)
3. Arktika: Perezagruzka [Arctic: Reload] // Interview with Artur Chilingarov from journal «Redkie zemli» (in Russian). Available at: <http://rareearth.ru/pub/20150419/01573.html> (Accessed: 09.02.2020)
4. Ekspertnyj sovet pri pravitel'stve RF, Rabochaya gruppa «Razvitie Arktiki i Severnogo Morskogo Puti». [Expert Council under the Government of the Russian Federation, Working Group "Development of the Arctic and the Northern Sea Route"] (in Russian) Available at: <http://budushchee-arktiki.rf/osvoenie-arktiki/> (Accessed: 11.02.2020)
5. Iz interv'yu Informacionnogo agentstva «Arktik Info» s Anatolijem Zolotuhinym, nauchnym rukovoditelem Instituta arkticheskikh neftegazovyh tekhnologij Rossijskogo gosudarstvennogo universiteta im. I.M.Gubkina [From an interview with Arctic Info Information Agency with Anatoly Zolotukhin, supervisor of the Institute of Arctic Oil and Gas Technologies, Russian State University named after I.M. Gubkina.], (in Russian) Available at: http://www.arctic-info.ru/Interview/28-01-2015/s-arktikoj-nel_za-borot_sa--k-nei-nado-prisposobit_sa/ (Accessed 09.02.2020)
6. Tretyakov V.Yu., Frolov S.V., Sarafanov M.I. Rezul'taty komp'yuternogo modelirovaniya veroyatnosti avarijnyh situacij iz-za szhatij sudov dreyfuyushchimi l'dami na uchastke Severnogo Morskogo puti [Computer results modeling of the probability of accidents due to compression of ships by drifting ice on the section of the Northern Sea Route] (in Russian) // Russian Arctic. 2019. No. 5. P. 4-11. DOI: 10.24411 / 2658-4255-2019-10051. Available at: <https://russian-arctic.info/info/articles/sudokhodstvo-i-korablestroenie/rezultaty-komp'yuternogo-modelirovaniya-veroyatnosti-avariynykh-situatsiy-iz-za-szhatiy-sudov-dreyfuyu/20> (Accessed 09.02.20)
7. Tretyakov V., Fedorova I., Belozerski G., Kulesh V., Frolov S. Liquid gas traffic in the Arctic under climate warming // International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2018. Vol. 18. Issue 5.2. P. 585-592. DOI: 10.5593 / sgem2018 / 5.2. Available at: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603729256> (Accessed 09.02.2020)
8. Tretyakov, V., Sarafanov, M. & Frolov, S. Alterations of summer ice conditions within the eastern part of the Northern Sea Throughway // 4th International Scientific Conference "Arctic: History and Modernity". IOP Publishing. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 302 (2019) 012033. DOI: 10.1088 / 1755-1315 / 302/1/012033. R.1-8. Available at: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/302/1/012033/pdf> (Accessed 02.10.2020)
9. Tretyakov V.Yu., Frolov S.V., Sarafanov M.I. Izmenchivost' ledovyh uslovij plavaniya po trassam Severnogo Morskogo puti za period 1997-2018 gg. [Variability of ice navigation conditions along the Northern Sea Route for the period 1997-2018] (in Russian) // Problems of the Arctic and Antarctic. 2019.Vol. 65. No. 3. P. 328-340. DOI: 10.30758 / 0555-2648-2019-65-3-328-340; Available at: <https://www.aaresearch.science/jour/article/view/196/143> (Accessed 02/10/2020)
10. Tretyakov V.Yu., Frolov S.V., Sarafanov M.I. Izmeneniya ledovyh uslovij plavaniya po marshrutu Obskaya guba - Beringov proliv za 1998-2018 gody [Changes in ice swimming conditions along the route Gulf of Ob - Bering Strait for 1998-2018] // Fundamental and Applied Hydrophysics. 2019.Vol. 12. No. 3. P. 65-75. DOI: 10.7868 / S2073667319030080; Available at: http://hydrophysics.info/wp-content/uploads/2019/10/Tretyakov_20193.pdf (Accessed 10.02.2020)
11. Tretyakov V.Yu., Frolov S.V., Sarafanov M.I. Analiz mezhdogodovoj izmenchivosti ledovyh uslovij po marshrutu plavanij «port Sabetta - port Murmansk» za period 1997-2018 gg [Analysis of interannual variability of ice conditions along the voyages "port of Sabetta - port of Murmansk" for the period 1997-2018] (in Russian). // Bulletin of St. Petersburg University. Earth sciences. 2019.Vol. 64. No. 3. P. 477-490. DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu07.2019.307>; Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_41504357_69247567.pdf (Accessed 10.02.2020)
12. Sudohodstvo v Arktike [Shipping in the Arctic] // Informacionnyj resurs, razmeshchayushchij aktual'nye novosti morskoy otrasli [Information resource that publishes the latest maritime industry news] «Maritime zone». (in Russian) Available at: <http://maritime-zone.com/articles/sudohodstvo%20v%20arktike/> (Accessed 09.02.2020)
13. Scenarii katastrofy v Arktike: uchenye b'yut trevogu [Scenarios of the catastrophe in the Arctic: scientists are sounding the alarm] // Rossijskoe informacionnoe agentstvo [Russian News Agency] «Inosmi» (in Russian). Available at: <http://inosmi.ru/world/20140212/217449247.html> (Accessed: 10.02.2020)
14. Otkrytyj Internet-proekt, posvyashchennym poslevoennym proektam korablej i sudov VMF SSSR i RF [An open Internet project dedicated to post-war projects of ships and vessels of the Navy of the USSR and the Russian Federation] (in Russian). Available at: <http://russianships.info/today/> (Accessed 10.02.2020)

15. Problemy i resheniya arkticheskoy transportnoj sistemy [Problems and solutions of the Arctic transport system] // Izdatel'stvo [Publishing house] «Morskije vesti Rossii» (in Russian). Available at: <http://www.morvesti.ru/tems/detail.php?ID=53265> (Accessed 16.02.2020)
16. ND 2-020101-072 Pravila klassifikacii i postrojki morskikh sudov [Rules for the classification and construction of ships] (in Russian) // Electronic fund of legal and regulatory technical documentation. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200102215> (Accessed 10.02.2020)
17. RD 31.04.23-94 Nastavlenie po predotvrashcheniyu zagryazneniya s sudov [Rules for the classification and construction of marine vessels] (in Russian) // Electronic Fund of Legal and Normative and Technical Documentation. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200042382> (Accessed 10.02.2020)
18. Mezhdunarodnaya konvenciya po predotvrashcheniyu zagryazneniya s sudov [International Convention for the Prevention of Pollution from Ships] (MARPOL 73/78) // Mezhdunarodnaya Associaciya po opasnym gruzam i kontejneram NP "ASPOG" [International Association for Dangerous Goods and Containers NP ASPOG] (in Russian). Available at: http://www.idgca.org/doc/app6_020215.pdf (Accessed 11.01.2020)
19. Obespechenie nepotoplyaemosti sudna [Ensuring the unsinkability of the vessel] // Stroitel'nyj informacionnyj portal [Building information portal] (in Russian). Available at: <http://www.stroitelstvo-new.ru/sudostroenie/rk/dvoynoe-dno-borta-platformy.shtml> (Accessed: 11.02.2020)
20. Nauchno-prakticheskij zhurnal [scientific and practical journal] «Inzhenernaya zashchita» // Monitoring hozyajstvennoj deyatel'nosti v Arktike i prognoz ekologicheskikh riskov [Monitoring of economic activity in the Arctic and the forecast of environmental risks]. (in Russian). Available at: <http://territoryengineering.ru/konstruirovaniye-buduschego/monitoring-hozyajstvennoj-deyatelnosti-v-arktike-i-prognoz-ekologicheskikh-riskov/> (Accessed: 11.02.2020)
21. Volkodaeva M.V., Volodina YA.A., Lomtev A.YU., Noskov S.N. «O neobходимosti razvitiya sistemy ekologicheskogo monitoringa okruzhayushchej sredy krajnego severa» [On the need to develop an environmental monitoring system for the environment of the far north]. Journal Rossijskaya Arktika 2019, № 6, p. 37-43 (in Russian). Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41171248> (Accessed: 11.04.2020)
22. Preduprezhdenie CHS v Arkticheskoy zone RF [Emergency prevention in the Arctic zone of the Russian Federation] // Gosdoklad MCHS [State report of the Ministry of Emergencies] (in Russian). Available at: <http://www.mchs.gov.ru/upload/site1/activities/results/5.2GosDoklad2011.pdf> (Accessed: 11.04.2020)

ОСНОВНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ В ПЕРСПЕКТИВЕ ЕГО РАЗВИТИЯ

А.А. Багдасарян¹

¹ Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-петербург, Россия

✉ wednesday.q@yandex.ru

Для Арктических регионов России, и для страны в целом, Северный морской путь (СМП) является социально-экономической артерией с интенсивным развитием морских грузоперевозок. Благодаря этому арктическому коридору время перевозки грузов из восточной Азии в западную Европу сокращается на треть по сравнению с южным маршрутом через Суэцкий канал. Преимущество Российской Федерации в использовании СМП заключается в возможности организации ледокольной проводки судов, так как Россия является единственной державой, владеющей атомным ледокольным флотом. При увеличении грузооборота по СМП неизбежно возникают проблемы загрязнения окружающей среды. Приоритетными условиями развития СМП должны быть как обеспечение безопасности мореплавания, так и предотвращение экстремального загрязнения арктических акваторий. Цель данной статьи заключается в анализе основных экологических проблем, возникающих при увеличении грузооборота по СМП.

Ключевые слова: Северный морской путь, арктические моря, экологические проблемы мореплавания, развитие северных территорий, Арктика, загрязнение морей, арктические экосистемы.

MAIN ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN THE DEVELOPMENT OF THE NORTHERN SEA ROUTE

A.A. Bagdasaryan¹

¹ Russian State Hydrometeorological University, Saint-Petersburg, Russia

For the Russian Arctic regions, as well as for Russia as a whole, the Northern Sea Route is the main socio-economic artery which sure development of sea cargo shipping. Time for the voyage from eastern Asia to Western Europe has been reduced by a one third compared the southern route through the Suez Canal. The main advantage of the Russian Federation at usage of the Northern Sea Route is the possibility of icebreaking support. Russia is the only power that has a nuclear-powered icebreaking fleet under. If the cargo turnover increases along this route, problems associated with environmental contamination will inevitably arise. The priority direction for the development of the Northern Sea Route should be the development of both safety of the navigation and prevention of the Arctic extreme pollution. The article purpose is to analyze the main environmental problems that arise at the growth of cargo shipping along the Northern Sea Route.

Keywords: Northern Sea Route, Arctic seas, environmental problems of shipping, development of Northern territories, Arctic, sea pollution, Arctic ecosystems.

Статья получена: 11.05.2020

Принята к публикации: 15.05.2020

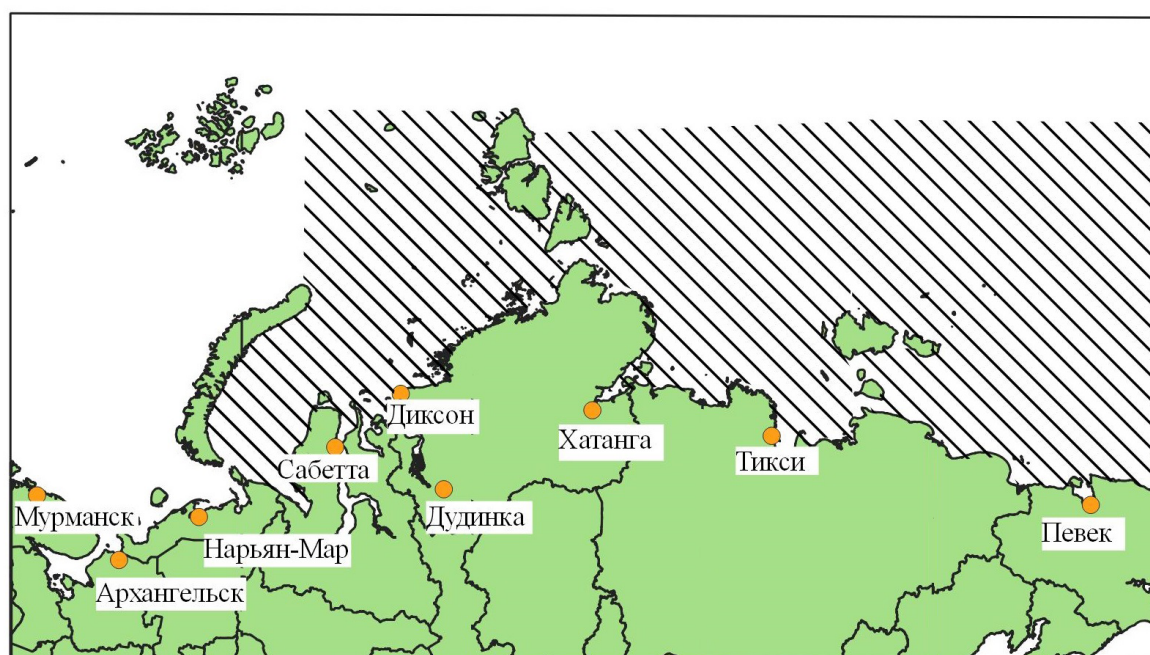
Опубликована онлайн: 20.05.2020

С каждым годом растёт интерес к использованию Северного морского пути (СМП) в коммерческих целях. Он соединяет северо-западные, северные и дальневосточные порты и является самым коротким путем для перевозки грузов между странами восточной Азии и западной Европы. Развитие Арктической зоны Российской Федерации также тесно связано с развитием СМП. Для повышения экономических связей между арктическими субъектами Российской Федерации требуется поэтапное развитие транспортных коммуникаций, в особенности морских. Согласно указу Президента Российской Федерации № 204 от 7 мая 2018 года «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», поставлена цель развития СМП и увеличения объёма грузоперевозок до 80 миллионов тонн в год [1]. СМП обеспечивает не только транспортировку углеводородного сырья на отечественные и международные рынки, но и «северный завоз», т.е. снабжение ряда арктических регионов всем необходимым [2].

Маршруты СМП проходят по четырем морям Северного Ледовитого океана: Карскому, Лаптевых, Восточно-

Сибирскому и Чукотскому морям (рис. 1). Основным нормативным правовым актом Российской Федерации по данному вопросу является Федеральный закон от 28 июля 2012 г. № 132-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части государственного регулирования торгового мореплавания в акватории Северного морского пути», известный под названием «Закон Российской Федерации о СМП». В нем закреплено новое понятие «акватория Северного морского пути» как водное пространство, прилегающее к северному побережью РФ, охватывающее внутренние морские воды, территориальное море, прилежащую зону и исключительную экономическую зону РФ и ограниченное с востока линией разграничения морских пространств с США и параллелью мыса Дежнева в Беринговом проливе, с запада меридианом мыса Желания до архипелага Новая Земля, восточной береговой линией архипелага Новая Земля и западными границами проливов Маточкин Шар, Карские Ворота, Югорский Шар [3].

СМП является исторически сложившейся национальной транспортной коммуникацией Российской Федерации.



/// акватория Северного морского пути
● основные порты

Рисунок 1 – Акватория Северного морского пути и её основные порты

Однако плавания судов в его акватории осуществляются в соответствии с общепризнанными принципами и нормами международного права, международными договорами Российской Федерации, Федеральным законом о СМП, другими федеральными законами и издаваемыми в соответствии с ними иными нормативными правовыми актами. Всеми вопросами по организации прохода судов по акватории Северного морского пути, безопасностью мореплавания, охраной морской среды и предотвращению её загрязнения занимается Администрация Северного морского пути. В Распоряжении Правительства Российской Федерации № 3120 «Об утверждении плана развития инфраструктуры Северного морского пути на период до 2035 года» говорится об основных мероприятиях, которые должны быть направлены на обеспечение экологической безопасности при мореплавании в акватории Северного морского пути.

При увеличении грузооборота по Северному морскому пути неизбежно возрастает риск загрязнения окружающей среды, в первую очередь морских экосистем. Лимитирующими факторами в арктических морских экосистемах являются низкая температура воды и короткий период фотосинтетической активности продуцентов. Низкие температуры вод ограничивают биологическое разнообразие. Пониженная солёность в речных эстуариях и прибрежных зонах ещё более ограничивают число обитающих видов. Низкие и даже отрицательные температуры солёных вод могут увеличивать действие токсикантов. В наземных арктических экосистемах являющиеся одним из доминантов тундровых ландшафтов мхи способны к усвоению неорганических питательных веществ не только из почвы, но и из атмосферы. Например, такие вещества как стронций-90 и цезий-137 активно аккумулируются живыми тканями, и быстро попадают в верхние ярусы коротких пищевых цепей. Например, пищевая цепь «мхи — северные олени — человек» представляет собой мощный аккумулятор активных веществ [4]. Аналогичные процессы происходят и в морских пищевых цепях,

которые имеют больше звеньев. Поэтому накопление токсических веществ в верхних ярусах трофических пирамид морских экосистем происходит интенсивнее.

Малое видовое разнообразие экосистем Арктики имеет следствием невысокую степень их устойчивости к внешним воздействиям. При исчезновении какого-нибудь биологического вида может не найтись вида, способного «заменить» его в трофической сети. В Арктике обитает около 20 тысяч различных видов, приспособленных к суровым климатическим условиям. Однако эти организмы особенно чувствительны к антропогенным воздействиям и изменениям климата. У наземных экосистем Арктики наблюдается низкая первичная биологическая продуктивность, продуценты в течение года создают намного меньше биомассы, чем в более теплых регионах. Устойчивость арктических почв к антропогенному воздействию весьма низкая. Разнообразие видов растительности, которые являются пищей для консументов, ограничено, что приводит к значительным колебаниям численности популяций консументов всех уровней. Арктические экосистемы характеризуются замедленным биогеохимическим круговоротом.

Среди экосистем Российской Арктики высокой продуктивностью обладает только экосистема юго-западной части Баренцева моря, где круглогодично отсутствует ледяной покров. В остальных морях российского шельфа первичная продукция невысока из-за продолжительного существования ледяного покрова. Часто акватории освобождаются от льдов только в августе-сентябре, когда поток фотосинтетически активной солнечной радиации уже существенно снижен. Другая особенность экосистем морей акватории СМП, обнаруженная В.Г. Богоровым, это неравномерность летнего развития планктона, и, как следствие, «пятнистость» продукции и биомассы как организмов планктона, так и питающихся ими организмов [5]. Причина этого — неравномерность летнего исчезновения ледяного покрова. Поэтому на небольшом пространстве могут встречаться участки с гидробиологической «зимой», т.е. участки с ещё ненару-

шенным ледяным покровом, с «весной», где ледяной покров сошёл не полностью и недавно, и участки «лета», где ледяной покров сошёл уже 2-3 недели назад. В эстуариях крупных сибирских рек (Обская губа, Енисейский и Хатангский заливы) расположены «двухэтажные» экосистемы: сверху пресноводная, снизу солоноватоводная. Здесь происходит осаждение твёрдого стока рек, включая речной планктон, что способствует развитию бентосных организмов.

Для приспособления к экстремальным условиям организмы арктического региона обладают рядом физиологических механизмов. В частности, для адаптации они используют механизмы регуляции температуры тела. Так, гомойотермные организмы способны поддерживать постоянную температуру тела за счет химических и физических механизмов адаптации, регулирующих выделение тепла в клетках. Пойкилотермные же организмы имеют непостоянную температуру тела, и механизмы адаптации связаны с предотвращением замерзания жидкостей в теле [6]. Вырабатываются низкотемпературные ферменты и концентрированные растворы, которые позволяют понизить температуру замерзания жидкостей организмов.

Инфузории и коловратки, например, способны к сезонному замерзанию с выводом воды в межклеточную жидкость, что препятствует повреждению самих клеток. Многие представители нектона способны самостоятельно повышать температуру крови и тела за счет движения мышц [6]. Арктические животные и птицы, являющиеся гомойотермными организмами, обладают целым комплексом адаптаций, состоящим из анатомических, физиологических и биохимических механизмов.

Проблемой является возможность аварийных разливов нефти и сжиженного газа при их морских перевозках наливными судами и разрывах подводных трубопроводов [7-10]. Компьютерное моделирование морских транспортных ситуаций показывает наличие риска аварийных ситуаций с судами вследствие сжатий дрейфующих льдов [11,12].

Вследствие суровых климатических условий и наличия ледяного покрова навигация в морях СМП чревата риском аварийных ситуаций. Интересны результаты сравнительного анализа 650 аварийных случаев с судами, выполненного по данным публикаций за 1998–2012 гг. для различных водных бассейнов России (табл. 1) [13].

Таблица 1

Причины и последствия (% от общего числа) аварийных случаев с судами в ледовых условиях [13]

Причины	Последствия, %			
	Гибель судов	Повреждение корпуса	Повреждения движительно-рулевого комплекса	Посадки на мель
Невыполнение требований классификационных обществ	1,5	64,6	0,75	0,75
Несоблюдение безопасных скоростей и дистанций	0,3	21,5	-	-
Ошибки маневрирования	-	16,9	0,3	-
Ледовые сжатия и подвижки	1,5	66,2	0,9	0,75
Недостаточное ледокольное сопровождения (его отсутствие)	1,5	55,4	0,9	0,75
Всего	2,1	97,6	2,0	0,75

По данным Southampton Solent University, около половины всех катастроф с судами заканчивается затоплением судна, что неизбежно приводит к выбросу нефтепродуктов и загрязнению окружающей среды [14]. Загрязнение морской среды может происходить при появлении в корпусе судна пробоины, пожаре на судне, посадке на мель, операционных разливах. Согласно данным ИТОПФ (International Tanker Owners Pollution Federation) за 33 года (1974 – 2007 гг.) (рис. 2), частота крупных разливов нефти значительно уменьшилась и составила в среднем $3,6 \text{ год}^{-1}$. Однако в условиях СМП вероятность аварий с разливами углеводородов может быть существенно выше, поэтому экологический ущерб для морских экосистем может быть весьма значителен.

Ущерб от разливов нефти в условиях акваторий СМП существенен потому, что сбор нефти и нефтепродуктов затрудняется наличием ледяного покрова. Особую проблему создают разливы, находящиеся далеко от аварийно-спасательных центров, в условиях сплоченных и сплошных льдов, разливы в канале в ледяном покрове, разливы на поверхности ледяного покрова и под ним. Поэтому при обеспечении безопасности мореходства на трассах СМП необходимо учитывать сложность локализации и ликвидации разливов нефти. Самым эффективным способом ликвидации аварийного разлива в условиях наличия ледяного покрова

является сбор нефти с помощью скиммера и ледокола, так как использование огнестойких боновых заграждений, механический метод ликвидации разлива нефти и метод её выжигания не применимы в этих условиях.

Оно обязывает все организации, чья деятельность связана с разведкой месторождений и добычей нефти, переработкой, транспортировкой, хранением и использованием нефти и нефтепродуктов на континентальном шельфе РФ, во внутренних морских водах, в территориальном море и прилежащей исключительной экономической зоне РФ, разрабатывать «План предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов» (План ПЛРН). Эти документы определяют принципы формирования локальных, региональных и федеральных планов по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, а также организации взаимодействия сил и средств, привлекаемых для их ликвидации, в зависимости от объемов разлива [16].

Аварийные разливы нефти могут происходить при подводной разведке нефти и её добыче на морских платформах. Угрозу представляют возможные разрывы трубопроводов и утечки из них. Причиной разрывов подводных трубопроводов, связанной с наличием ледяного покрова, является экзарация дна киями торосов.

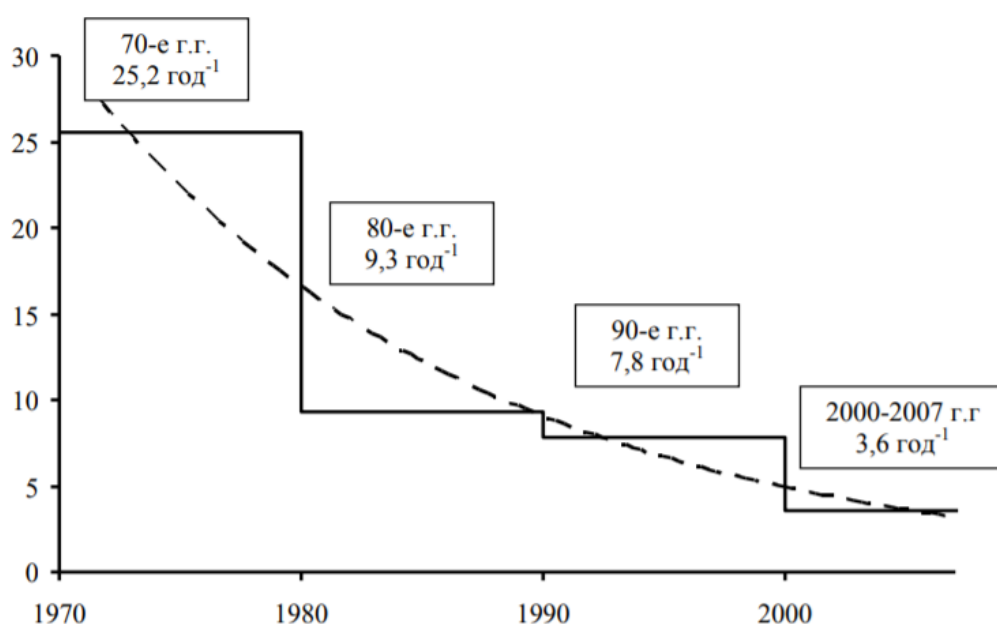


Рисунок 2 – Среднегодовое количество крупных разливов (>700 т) судов мирового танкерного флота [15].

Воздействие нефти на хрупкие арктические экосистемы может повлечь за собой серьезные долгосрочные проблемы. Из-за малого видового разнообразия экосистемы Арктики находятся под угрозой отрицательных изменений своей структуры и характеристик функционирования.

Нефтяная пленка на водной поверхности препятствует попаданию света, процессам теплообмена и газообмена между океаном и атмосферой, фотоокислению органических веществ. Нефть и её производные оказывают токсическое воздействие на живые организмы, отрицательно влияет на физиологические процессы. Степень ущерба от токсического воздействия определяется составом самой нефти и её производных, структурой и степенью уязвимости экосистемы, влиянием таких внешних экологических факторов, как температура и интенсивность солнечной радиации.

Естественно, что во время рейса на судне образуются отходы, которые могут загрязнять гидросферу, а в результате их сжигания – атмосферу. Судовые отходы подразделяются на образующиеся в результате удовлетворения бытовых и хозяйственных потребностей экипажа и пассажиров, отходы от главных и вспомогательных механизмов, а также судовых систем, и на отходы грузов (рис 3, [16]).

К первой группе отходов относятся хозяйственно-бытовые воды, шлам в результате очистки сточных вод и твердых отходов. Во второй группе выделяются воды и твердые отходы, содержащие нефть и нефтепродукты, отработанные машинные масла. К третьей группе относятся нефтесодержащие балластные и промывочные воды, а также остатки грузов и газы и пары, которые выделяются как из отходов данной группы, так и из отходов от главных и вспомогательных механизмов.

Сброс отходов в Мировой океан регулируется таким нормативным правовым актом, как «Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, измененной Протоколом 1978 года к ней» («Конвенция МАРПОЛ 73/78»). Этой Конвенцией разрешается сброс нефтесодержащих вод с определенными условиями, изложенными в ней же в Приложении I «Правила предотвращения загрязнения нефтью». Сброс нефтесодержащих вод может производиться при условии согласования с Администрацией правительства страны, под чьим флагом судно осуществляет свою деятельность. Администрация в свою очередь должна быть уверена в том, что конструкция и оборудование судна обеспечивает защиту морских вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами. Имеется ряд

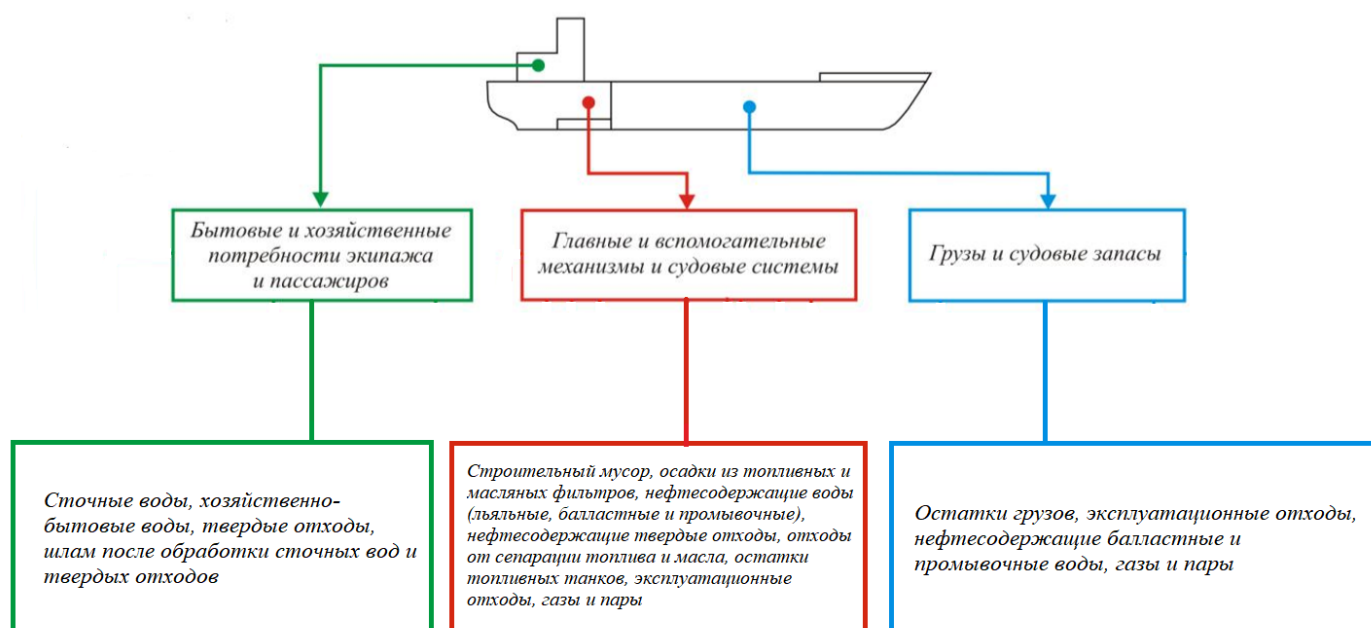


Рисунок 3 – Схема образования судовых отходов

исключений, при которых «МАРПОЛ 73/78» разрешает сброс, например, когда сброс нефтесодержащих вод обеспечивает безопасность судна или спасение человеческой жизни на море, а также в результате повреждения судна или его оборудования. При этом при каждом таком сбросе должны быть приняты все возможные и целесообразные меры по предотвращению сброса и его минимизации [17]. После принятия Международного кодекса для судов, эксплуатируемых в полярных водах (Полярный кодекс), в январе 2017 года все суда должны придерживаться «нулевого сброса», то есть предотвращать любой возможный сброс нефтесодержащих вод в Северный Ледовитый океан.

Морские воды могут загрязняться в результате сбросов сточных вод судовой канализации и мусора с судов. Сброс сточных вод с судов согласно МАРПОЛ 73/78 и Полярного кодекса в припае и многолетних льдах полностью запрещён, за исключением случаев, когда суда сбрасывают сточные воды с использованием системы измельчения отходов канализации и обеззараживания сточных вод на расстоянии более 3 морских миль от припая и многолетних льдов, а также в практически очищенных ото льда акваториях. Сброс неизмельчённых отходов канализации и необеззараженных сточных вод разрешён на расстоянии более 25 морских миль от припая и многолетних льдов [17]. В отношении сброса мусора с судов также действуют ограничения в виде обязательного измельчения пищевых отходов и их сброса не ближе 12 морских миль от припая и многолетних льдов. Запрещён сброс мусора на поверхность льда.

С развитием грузооборота и судоходства по СМП неизбежно возрастут объёмы сбросов сточных вод, мусора, пищевых отходов, а также нефтесодержащих смесей. Даже при действующих запретах на сброс отходов в арктические воды с увеличением судоходства возрастёт риск загрязнения в результате аварийных случаев или халатности экипажей. Именно поэтому следует оборудовать арктические порты приёмными сооружениями для переработки сточных вод, отходов и нефтесодер-

жащих жидкостей, а также увеличить мощности уже существующих.

Другая проблема, возникающая при росте грузооборота по СМП – загрязнение окружающей среды дизельными двигателями судов. Приложением VI Конвенции МАРПОЛ 73/78 контролируются ряд параметров выбросов: содержание оксидов азота и серы. В настоящее время применяется стандарт Уровня III (3,4 г NOx на кВт/ч), устанавливаемый для районов контроля выбросов NOx. Районами контроля выбросов являются побережье США и Канады, а также район Карибского моря США [17]. Параметр выбросов NOx нормируется для судовых двигателей. После проведения испытаний на содержание оксидов азота в отработанных газах на стадии строительства судна и изготовления дизельного двигателя получают технический файл, содержащий нормы содержания в различных режимах работы двигателя. Содержание серы в топливе не должно превышать 0,5% при плаваниях во всём Мировом океане.

В отношении экологических требований к судовому топливу Российская Федерация придерживается международных стандартов. Соблюдение международных требований можно обеспечить переходом с более дешевого дизельного топлива на более качественное или же заменой дизельного топлива и флотского мазута на биодизельное топливо и сжиженный природный газ. Биодизельное топливо представляет собой топливо, изготовленное из новых или отработанных растительных масел и животных жиров. Так биодизельное топливо – это метиловый или этиловый эфир. Целесообразна модернизация систем очистки выхлопных газов установкой более совершенных моделей газоочистного оборудования.

Сопутствующим загрязнением окружающей среды является шумовое загрязнение, оказывающее негативное воздействие на биоту. Оно возникает в процессе работы двигателей судов, при подводной разведке углеводородов, включая сейсмическую, и при бурении скважин. Интенсивность судоходства в западном секторе СМП к западу от Енисейского залива практически постоянна в течение всего

года. В восточном секторе СМП интенсивность судоходства гораздо ниже, здесь пока существует различие между объёмами перевозок в летнее и зимнее время. Однако круглогодичная транспортировка сжиженного природного газа от завода в Сабетте в страны восточной Азии танкерами-газовозами серии «Кристоф де Маржери» сгладит это различие [18-22]. В долгосрочной перспективе шумовые загрязнения могут вынудить китообразных и ластоногих животных покинуть традиционные места обитания на трассах СМП.

Существенной проблемой является недостаток станций мониторинга состояния окружающей среды на акваториях СМП. Тщательный контроль загрязнения арктических морей и прибрежных территорий возможен только при развёртывании сети подобных станций.

Развитию арктических проектов в Российской Федерации на сегодняшний день отдается приоритетное значение. При существовавшем в последние десятилетия тренде улучшения ледовых условий плавания СМП становится более привлекательным и наименее затратным маршрутом доставки грузов. Повышение инвестиционной привлекательности СМП не только как оптимального маршрута для

внутренних грузоперевозок, но и как конкурентоспособной транзитной артерии, повлечёт за собой ряд требований к обеспечению не только безопасности мореплавания, но и к сохранению экосистем акваторий СМП. Такие крупные компании как Nike, немецкая компания Harap-Lloyd, французская CMA CGM, а также H&M, Gap и Columbia отказываются использовать СМП для своих грузоперевозок [23]. Организация по защите окружающей среды «Ocean Conservancy», к которой присоединились вышеуказанные компании, активно высказывает негативное отношение к морским грузоперевозкам в Северном Ледовитом океане, аргументируя это повышенными рисками загрязнения и без того уязвимых арктических экосистем. Вследствие этого конкурентоспособность СМП падает. Для повышения конкурентоспособности СМП необходимо аргументированное подтверждение безопасности интенсивного мореплавания по СМП для морских экосистем.

Отличным механизмом для сбора информации о состоянии арктических экосистем являются постоянные научные исследования особо охраняемых природных территорий и акваторий Арктической зоны Российской Федерации (рис. 4).

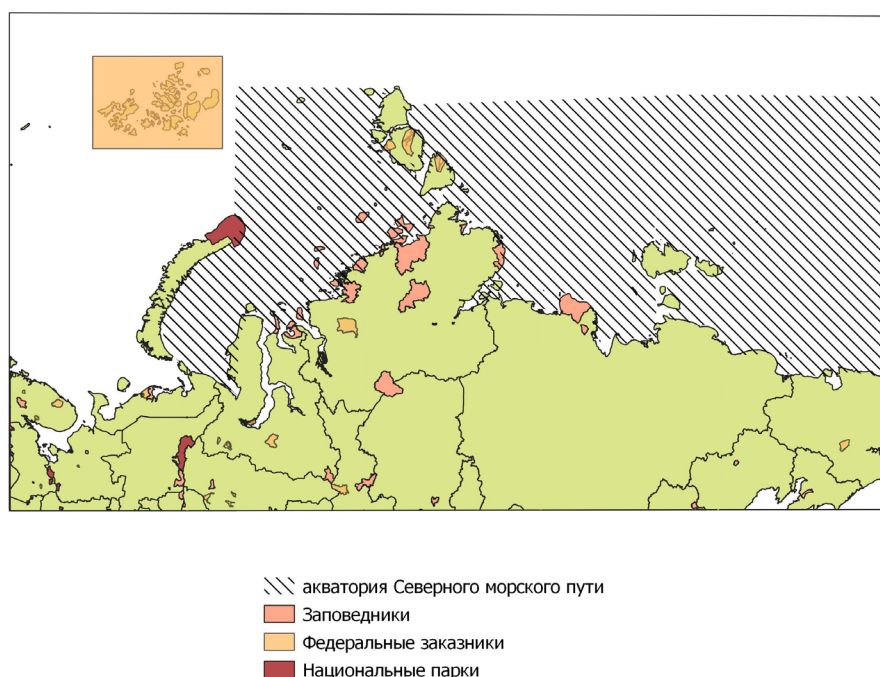


Рисунок 4 – Схема особо охраняемых территорий и акваторий

В Российской Арктике находятся 450 особо охраняемых природных территорий (ООПТ) с площадью около 95 млн га без учета морских акваторий (16,2% от площади Российской Арктики) [24]. Самыми крупными государственными природными заповедниками из них являются: «Большой Арктический», «Остров Врангеля», «Путоранский», «Таймырский», «Усть-Ленский», «Русская Арктика», «Гыданский», «Ненецкий», «Лапландский», «Кандалакшский», «Пасвик». Морские охраняемые природные акватории представлены заказником «Земля Франца-Иосифа», государственный природный заповедник «Остров Врангеля», а также Ямские острова в государственном природном заповеднике «Магаданский» и Командорский биосферный заповедник. Морские участки, прилегающие к сибирским рекам (Печора, Лена) также находятся под охраной в Ненецком заповеднике и Усть-Ленском заповеднике. В высокоширотном заповеднике «Русская Арктика» под охраной также находится 12-мильная морская акватория.

В ООПТ ведут учёт ландшафтного и биологического разнообразия. Проведение научных исследований, анализ полученной информации, составление прогнозов влияния происходящих процессов на состояние экосистем оформляется в документ под названием «летопись природы». Этот документ способствует расширению и дополнению мониторинговых данных, позволяет следить за динамикой загрязнения близлежащих акваторий, являющихся путями морских грузоперевозок. Необходимо отметить, что на ООПТ ведётся экологический мониторинг, позволяющий оценить эффективность проведения природоохранных мероприятий и степень антропогенного влияния на экосистемы. Возможно, такую научную деятельность следует распространить на примыкающие к ООПТ акватории. Необходимо формирование комплексной системы мониторинга экологического состояния арктических территорий и акваторий.

Источниками загрязнения акваторий и прибрежных территорий могут служить:

- атмосферный перенос загрязняю-

- щих веществ воздушными массами;
- сток сибирских рек;
- разведка, добыча и транспортировка нефти и газа, а также прочих природных ресурсов;
- судовые отходы и балластные воды;
- накопленный экологический ущерб, включая объекты военной и хозяйственной деятельности в Арктике, огромное количество металлолома, оставленную технику, отработанные судовые атомные реакторы и контейнеры с радиоактивными отходами на морском дне;
- активная постройка портов и терминалов.

В «Национальной Стратегии сохранения биоразнообразия России» отмечено, что многие экосистемы Российской Арктики всё ещё находятся в практически неизменном виде и могут служить эталонами природных комплексов и процессов. В первую очередь это относится к биомам тундр, северной и средней тайги, большинству арктических морей, мало измененным человеком (за исключением ряда отдельных районов интенсивного хозяйственного освоения) [25]. Однако разведка и освоение месторождений полезных ископаемых в Арктической зоне России, включая шельф морей Северного Ледовитого океана, интенсивная работа горнопромышленных и металлургических комбинатов, расположенных в бассейнах и на берегах, впадающих в арктические моря рек, могут привести к существенному загрязнению акватории СМП. Это создает угрозу для полноценного и стабильного функционирования экосистем Арктики. Совмещение различных негативных воздействий может привести к существенным нарушениям в структурах сообществ, потерям кормовых баз для многих видов, и к изменениям популяций [26]. Антропогенное воздействие в Арктике уже привело к следующим последствиям: эрозии арктических почв из-за механических нарушений растительного покрова автотранспортом, вытеснению арктических видов более южными видами, приспособленными к жизни в антропогенно нарушенных ландшафтах, загрязнению акваторий и прибрежных территорий

нефтепродуктами и горнопромышленными отходами, нарушениям биоценотической структуры и подрыву кормовой базы животных вследствие загрязнения окружающей среды и перевыпаса на оленьих пастбищах, неблагоприятному состоянию мест зимовок и путей миграции ряда видов животных [27].

При этом наблюдается отсутствие открытых данных о гидрохимических показателях морей Северного Ледовитого океана с 2005 года по данным Государственного океанографического института. Так, в 2005 году объём грузоперевозок по СМП составлял около 2 миллионов тонн. По отчётам Государственного океанографического института значение индекса загрязнённости воды в Карском море составляло 1,24, что относит их к «умеренно-загрязнённым», наблюдались превышения ПДК по нефтепродуктам и фенолам. Затем публикация результатов мониторинга в открытой печати прекратилась. Поэтому сложно исследовать взаимосвязи между повышением грузопотока по СМП со степенью загрязнённости его акватории. Проект Росгидромета «ТРАНСАРКТИКА» призван аккумулировать актуальную информацию об экологическом состоянии окраинных морей Северного Ледовитого океана. Проект проходил в четыре этапа, первый этап начался 20 марта 2019 года на научно-экспедиционном судне «Академик Трешников» из порта Мурманска. Четвёртый, заключительный, этап экспедиции завершился в конце сентября 2019 года, проходивший с востока на запад. На последнем этапе экспедиции научная программа включала в себя государственный мониторинг среды в акваториях от Чукотского до Баренцева моря [28].

Обязательным элементом развития не только СМП, но и всей Арктической зоны Российской Федерации должен стать системный мониторинг экологического состояния окраинных арктических морей и влияния на него навигации по СМП. Этот мониторинг должен также включать отслеживание влияния климатических изменений на экосистемы арктических акваторий и территорий, мониторинг геоэкологических параметров природных

систем и их биологического разнообразия, антропогенных воздействий.

Развитие комплексной системы экологического мониторинга потребует значительного финансирования из-за сложной логистической доступности и суровых условий климата. Для этого понадобится использование лучших доступных технологий, привлечение значительного числа специализированных кадров и международных компаний, заинтересованных как в использовании СМП, так и в сохранении естественных арктических экосистем [29]. Мероприятия по созданию сети мониторинга состояния окружающей среды требуют также тщательной координации и глубокой проработки планов реконструкции сети станций Росгидромета для максимальной репрезентативности результатов.

Одной из приоритетных задач развития СМП должно быть обеспечение безопасности экосистем. Развитие СМП обеспечивает строительство портов, разработку полезных ископаемых, в том числе со дна арктических морей, приводит к развитию инфраструктуры энергетики и социальных объектов.

Арктика является стратегически важным регионом России, использование её ресурсов обеспечивает национальные интересы. Для сохранения природной среды Арктики и обеспечения экономического развития России требуются всеобъемлющие данные, в том числе о текущем состоянии экосистем Арктики и тенденциях их изменения. Необходима разработка инструментов контроля антропогенного влияния на экосистемы арктических морей. Гибко реагирующий на меняющуюся ситуацию подход к организации и проведению мониторинга состояния окружающей среды сможет привести к более регулярному и своевременному анализу загрязнений. Такие мероприятия способны повысить конкурентоспособность СМП, и заручиться поддержкой его развития международными компаниями и организациями.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований - проект № 18-05-60291-Арктика.

Список литературы:

1. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»: Указ Президента Российской Федерации №204 от 7.05.2018 г. // Москва, Кремль. 2018. 7 мая.
2. Бабич С.В., Яковлева А.А., Транспортно-логистический потенциал Северного Морского Пути в Евроазиатском экономическом пространстве // Российская Арктика; Москва, № 4, с. 5-14, 2019.
3. «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части государственного регулирования торгового мореплавания в акватории Северного морского пути»: Федеральный закон № 132 от 28.07.2012 г. // Москва, Кремль. 2012. 30 июля.
4. Богоров В.Г. Вертикальное распределение зоопланктона и вертикальное расчленение вод океана // Труды института океанологии АН СССР. 1948. Т. 2.
5. Экология Земли. URL: <http://earthecology.ru/ekosistema/arkticheskie-ekosistemy-i-ix-uyazvimost.html>. (Дата обращения: 26.03.2020)
6. GO ARCTIC. URL: https://goarctic.ru/live/pridonnaya-zhizn-severnoykh-morey/?sphrase_id=1989. (Дата обращения: 26.03.2020)
7. Liyanarachchi W. A. de Silva, Hajime Yamaguchi, Numerical Study of Oil Spilled Behavior under Ice-Covered Area in the East Siberian Sea // Proceedings of the 24th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions June 11-16, 2017, Busan, Korea;
8. Hossein Babaei, David Watson and Richard Burcher, Verification and Validation of An ice Oil Spill Trajectory Model Based on Satellite-Derived Ice Drift Data // Proceedings of the 24th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions June 11-16, 2017, Busan, Korea.
9. Megan O'Sadnick, Chris Petrich, Nga Dang Phuong, The Entrainment and Migration of Crude Oil in Sea Ice, the Use of Vegetable Oil as a Substitute, and Other Lessons from Laboratory Experiments // Proceedings of the 24th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions June 11-16, 2017, Busan, Korea.
10. Aleksandr Tezиков, Andrei Afonin, Vitaly Kljuev, Research of Quantitative Indicators of Tightness of the Northern Sea Route (NSR) // Proceedings of the 24th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions June 11-16, 2017, Busan, Korea.
11. Третьяков В.Ю., Фролов С.В., Терентьева Д.В., Моделирование экологических рисков загрязнения окружающей среды углеводородами при их транспортировке в Карском море танкерами // Метеорологический вестник; Санкт-Петербург, Том 8, № 1, с. 59-87, 2016.
12. Третьяков В.Ю., Фролов С.В., Сарафанов М.И., Результаты компьютерного моделирования вероятности аварийных ситуаций из-за сжатий судов дрейфующими льдами на участке Северного Морского Пути // Российская Арктика, № 5, с. 4-11, 2019, DOI: 10.24411/2658-4255-2019-10051.
13. Лобанов В.А. Ледовые качества и ледовая аварийность флота внутреннего и смешанного плавания // Интернет-журнал «Наукосведение». 2013. № 4. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/70tvn413.pdf>. (Дата обращения: 25.04.2020)
14. Nickie Butt, Professor David Johnson, Dr. Kate Pike, Nicola Pryce-Roberts, Natalie Vigar. 15 Years of Shipping Accidents. // A review for WWF Southampton Solent University. 56 С., 2013.
15. Маценко С.В., Чура Н.Н., Бердников В.С. О вероятности крупномасштабных аварий танкеров в морских портах // Эксплуатация морского транспорта. – 2009. – №2(56). – 69-72 С.
16. Проблемы обеспечения экологической безопасности при развитии судоходства в Беринговом проливе // Научно-технический отчет. Владивосток. - 2015. –40 С.
17. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, измененной Протоколом 1978 года к ней (МАРПОЛ 73/78) (с изменениями на 26 сентября 1997 года) // АО «Кодекс», 1983. 2 октября.
18. Сайт проекта «Ямал СПГ». URL: <http://yamallng.ru/press/news/37034>. (Дата обращения: 05.05.2020).
19. Сайт компании «ASCO». URL: <https://www.ashipping.ru/geo/49/>. (Дата обращения: 05.05.2020).
20. Frédéric Jean Louis Hannon, Shipping LNG from the Arctic: A True Story // Proceedings of the Twenty-ninth (2019) International Ocean and Polar Engineering Conference, Honolulu, Hawaii, USA, June 16-21, 2019, p. 866-874.
21. Сайт информационного агентства «Вести Экономика» URL: <https://www.vestifinance.ru/articles/103595>. (Дата обращения: 06.05.2020).
22. Hyeok Geun Ki, Joong Hyo Choi, Sung Gun Park, Sung Kon Han, Ice Collision Analysis and Alternative Full Scale Impact Test for ARC 7 LNG Carrier // Proceedings of the 24th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions June 11-16, 2017, Busan, Korea.
23. Сайт SUPPLYCHAINDIVE. URL: <https://www.supplychaindive.com/news/nike-ocean-conservancy-pact-no-arctic-shipping/565920/>. (Дата обращения: 25.04.2020)
24. Стишов М.С. Особо охраняемые природные территории Российской Арктики: современное состояние и перспективы развития // WWF России, 2013. 409 С.
25. Национальная Стратегия сохранения биоразнообразия России. // М., 2001. 76 С.
26. State of the Arctic Marine Biodiversity: Key Findings and Advice for Monitoring. CAFF // Conservation of Arctic Flora and Fauna International Secretariat, Akureyri, Iceland, 2017. ISBN: 978-9935-431-62-2.
27. Мясков А.В. Методологические основы эколого-экономического обоснования сохранения

- естественных экосистем в горнопромышленных регионах // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. №1. С. 399-401.
28. Сайт ААНИИ URL: <http://www.aari.ru/transarctica2019/transarctica2019.html>. (Дата обращения: 25.04.2020)
29. Living Planet Report Summary // WWF, Gland, Switzerland, 2016. ISBN 978-5-906599-26-1

References:

- "On national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024": Decree of the President of the Russian Federation No. 204 of 7.05.2018 // Moscow, Kremlin. 2018. May 7. (In Russian).
- Babich S. V., Yakovleva A. A., Transport and logistics potential of the Northern Sea Route in the Euro-Asian economic space // Russian Arctic; Moscow, no. 4, pp. 5-14, 2019. (In Russian).
- "On amendments to certain legislative acts of the Russian Federation in terms of state regulation of commercial navigation in the waters of the Northern sea route": Federal law No. 132 of 28.07.2012 // Moscow, Kremlin. 2012. July 30. (In Russian).
- Bogorov V. G. Vertical distribution of zooplankton and vertical dissection of ocean waters // Proceedings of the Institute of Oceanology of the USSR Academy of Sciences, 1948, Vol. 2. (In Russian).
- Ecology Of The Earth. URL: <http://earthecology.ru/ekosistema/arkticheskie-ekosistemy-i-ix-uyazvimost.html>. (Date accessed: 26.03.2020) (In Russian).
- GO ARCTIC. URL: https://goarctic.ru/live/pridonnaya-zhizn-severnoykh-morey/?sphrase_id=1989. (Date accessed: 26.03.2020) (In Russian).
- Liyanarachchi W. A. de Silva, Hajime Yamaguchi, Numerical Study of Oil Spilled Behavior under Ice-Covered Area in the East Siberian Sea // Proceedings of the 24th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions June 11-16, 2017, Busan, Korea;
- Hossein Babaei, David Watson and Richard Burcher, Verification and Validation of An Ice Oil Spill Trajectory Model Based on Satellite-Derived Ice Drift Data // Proceedings of the 24th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions June 11-16, 2017, Busan, Korea.
- Megan O'Sadnick, Chris Petrich, Nga Dang Phuong, The Entrainment and Migration of Crude Oil in Sea Ice, the Use of Vegetable Oil as a Substitute, and Other Lessons from Laboratory Experiments // Proceedings of the 24th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions June 11-16, 2017, Busan, Korea.
- Aleksandr Tezиков, Andrei Afonin, Vitaly Kljuev, Research of Quantitative Indicators of Tightness of the Northern Sea Route (NSR) // Proceedings of the 24th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions June 11-16, 2017, Busan, Korea.
- Tretyakov V. Yu., Frolov S. V., Terentyeva D. V., Modeling of environmental risks of environmental pollution by hydrocarbons during their transportation in the Kara sea by tankers // Meteorological Bulletin; Saint Petersburg, Volume 8, no. 1, pp. 59-87, 2016. (In Russian).
- Tretyakov V.Yu., Frolov S.V., Sarafanov M.I., The results of computer simulation of the probability of accidents due to ship compressions by drifting ice along the Northern Sea Route // Russian Arctic, vol. 5, pp. 4-11, 2019. (In Russian).
- Lobanov V. A. Ice quality and ice accident rate of the inland and mixed navigation fleet // Internet-journal "science of Science". 2013. № 4. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/70tvn413.pdf>. (Date accessed: 25.04.2020). (In Russian).
- Nickie Butt, Professor David Johnson, Dr. Kate Pike, Nicola Pryce-Roberts, Natalie Vigar. 15 Years of Shipping Accidents. // A review for WWF Southampton Solent University. 56 C., 2013.
- Matsenko S. V., Chura N. N., Berdnikov V. S. On the probability of large-scale tanker accidents in seaports // Operation of sea transport. – 2009. – №2(56). – 69-72 C. (In Russian).
- Problems of ensuring environmental safety in the development of navigation in the Bering Strait // Scientific and technical report. Vladivostok. - 2015. 40 P. (In Russian).
- International Convention for the prevention of pollution from ships, 1973, as amended By the Protocol of 1978 thereto (MARPOL 73/78) (as amended on 26 September 1997) // Codex JSC, 1983. 2 October. (In Russian).
- Yamal LNG project Website. URL: <http://yamallng.ru/press/news/37034>. (Date accessed: 05.05.2020). (In Russian).
- ASCO Website. URL: <https://www.ashipping.ru/geo/49/>. (Date accessed: 05.05.20). (In Russian).
- Frédéric Jean Louis Hannon, Shipping LNG from the Arctic: A True Story // Proceedings of the Twenty-ninth (2019) International Ocean and Polar Engineering Conference, Honolulu, Hawaii, USA, June 16-21, 2019, p. 866-874.
- Website of the Vesti Ekonomika news Agency URL: <https://www.vestifinance.ru/articles/103595>. (Date accessed: 06.05.2020). (In Russian).
- Hyeok Geun Ki, Joong Hyo Choi, Sung Gun Park, Sung Kon Han, Ice Collision Analysis and Alternative Full Scale Impact Test for ARC 7 LNG Carrier // Proceedings of the 24th International

- Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions June 11-16, 2017, Busan, Korea.
23. SUPPLYCHAINDRIVE Website. URL: <https://www.supplychaindrive.com/news/nike-ocean-conservancy-pact-no-arctic-shipping/565920/>. (Data accessed: 25.04.2020)
 24. Stishov M. S. Specially protected natural territories of the Russian Arctic: current state and prospects of development // WWF Russia, 2013. 409 P. (In Russian).
 25. National strategy for biodiversity conservation in Russia. // Moscow, 2001. 76 P. (In Russian).
 26. State of the Arctic Marine Biodiversity: Key Findings and Advice for Monitoring. CAFF // Conservation of Arctic Flora and Fauna International Secretariat, Akureyri, Iceland, 2017. ISBN: 978-9935-431-62-2.
 27. Myaskov A.V. Methodological bases of ecological and economic substantiation of conservation of natural ecosystems in mining regions // Mining information and analytical Bulletin (scientific and technical journal). 2011. no. 1. Pp. 399-401. (In Russian).
 28. AARI Website URL: <http://www.aari.ru/transarctica2019/transarctica2019.html>. (Date accessed: 25.04.2020). (In Russian).
 29. Living Planet Report Summary // WWF, Gland, Switzerland, 2016. ISBN 978-5-906599-26-1/

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РЯДА ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА РОССИЙСКОЙ СТАНЦИИ В ПОСЕЛКЕ «БАРЕНЦБУРГ» (ШПИЦБЕРГЕН)

Демин В.И.¹, Иванов Б.В.^{2,3,4}, Ревина А.Д.²

¹ Полярный геофизический институт, Апатиты

² Арктический и антарктический НИИ, Санкт-Петербург,

³ Санкт-Петербургский государственный университет

⁴ Институт Физики Атмосферы РАН, Москва.

✉ demin@pgia.ru; b_ivanov@aari.ru; nfennni@gmail.com

Самые продолжительные инструментальные метеорологические наблюдения на архипелаге Шпицберген получены в российском поселке Баренцбург, где первая метеорологическая станция (МС) появилась еще в 1932 г. Все тесты указывают на климатическую однородность рядов среднемесячной приземной температуры воздуха (ПТВ). Однако использование этих данных в исходном виде осложнено перерывом в наблюдениях, связанных со Второй Мировой войной.

Было осуществлено восстановление отсутствующих данных о ПТВ для периода 1941-1947 гг. на основании анализа регрессионной зависимости с норвежскими МС «Isfjord Radio» и «Longyearbyen». Для периодов, когда наблюдения на архипелаге не проводились вовсе (период Второй Мировой войны), данные восстановлены с использованием реанализа NOAA-CIRES-DOE 20CrV3. Восстановление данных до декабря 1911 г. произведено на основе измерений, выполненных на норвежской МС «Green Harbor». В 2013 - 14 гг. проводились параллельные измерения двумя автоматическими метеостанциями на историческом месте метеоплощадки МС «Green Harbor» и на современной метеоплощадке ГМО «Баренцбург», что позволило установить характер статистической связи между значениями ПТВ в этих двух пунктах. В результате получены композитные ряды среднемесячных значений ПТВ начиная с 1911 г. для МС «Баренцбург», которые могут быть использованы для корректных оценок долговременных изменений климата в регионе в различные сезоны года. При этом для периода с 1911 по 2018 гг. доля оригинальных (измеренных) значений ПТВ превышает 75%, что является максимально возможным числом для любой другой реконструкции подобных рядов на Шпицбергене.

Ключевые слова: Шпицберген, приземная температура воздуха, временные ряды, проверка на однородность, заполнение пропусков, восстановление рядов.

RECONSTRUCTION OF AIR TEMPERATURE SERIES AT RUSSIAN STATION IN BARENTSBURG (SVALBARD)

Demin V.I.¹, Ivanov B.V.^{2,3,4}, Revina A.D.²

¹ POLAR GEOPHYSICAL INSTITUTE, APATITY

² ARCTIC AND ANTARCTIC RESEARCH INSTITUTE, SAINT-PETERSBURG,

³ SAINT PETERSBURG STATE UNIVERSITY

⁴ OBUKHOV INSTITUTE OF ATMOSPHERIC PHYSICS OF RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES, MOSCOW

The longest instrumental meteorological observations on the Svalbard archipelago were obtained in the Russian town Barentsburg, where the first meteorological station (MS) appeared back in 1932. All tests indicated homogeneous series of the monthly mean surface air temperature (SAT). The use of these data in its original form is complicated by the interruption in observations related to the World War II. Missing data on SAT were restored for the period 1941-1947 based on the regression analysis with the Norwegian MS "Isfjord Radio" and "Longyearbyen". For periods when observations on the archipelago were not carried out at all (the period of World War II),

V.I. Demin, B.V. Ivanov, A.D. Revina.

RECONSTRUCTION OF AIR TEMPERATURE SERIES AT RUSSIAN STATION IN BARENTSBURG (SVALBARD)

the data were restored using NOAA-CIRES-DOE 20CRv3 reanalysis. Data recovery from December 1911 was carried out on the basis of measurements made at the MS "Green Harbor". In 2013 - 14 parallel measurements were carried out by two automatic weather stations at the historical site of the weather site MS "Green Harbor" and at the modern weather site GMO "Barentsburg", which made it possible to establish the statistical relationship between the SAT values in these two points. As a result, composite series of average monthly SAT have been obtained since 1911 for the MS "Barentsburg", and it can be used for correct estimates of long-term climate changes in the region in different seasons of the year. Moreover, for the period from 1911 to 2018 the proportion of original (measured) SAT values exceeds 75%, which is the maximum possible number among any other reconstruction of such series on Svalbard.

Keywords: Svalbard, surface air temperature, time series, homogeneity analyses, missing data imputation, time series recovery

Статья получена: 29.04.2020

Принята к публикации: 19.05.2020

Опубликована онлайн: 15.06.2020

Введение

Первые сведения об инструментальных метеорологических наблюдениях на архипелаге Шпицберген относятся к последней четверти XIX века. Эти эпизодические наблюдения осуществлялись во время научных и промысловых экспедиций и зимовок. Некоторые метеорологические станции (МС), открытые на архипелаге в первой половине XX века, до настоящего времени не сохранились, а время непрерывной работы существующих МС часто ограничено последними десятилетиями. В результате, несмотря на довольно продолжительную историю метеорологических наблюдений на архипелаге, отсутствуют ряды, которые можно было бы использовать для изучения долговременных климатических изменений. Например, в глобальной системе наблюдений за климатом (Global Climate Observing System) Шпицберген представлена МС «Svalbard Airport», которая приступила к работе только в августе 1975 г. Перечень МС, работавших на Шпицбергене в разные годы, описание их местоположения и периодов работы приведено в работах [1, 2].

Отсутствие длительных непрерывных серий инструментальных наблюдений вынуждает прибегать к созданию композитных рядов, опираясь на данные нескольких МС. Такая процедура всегда сопровождается появлением дополнительных ошибок и неопределенностей. Поэтому МС с наиболее длительными

оригинальными (инструментальными) рядами наблюдений имеют очевидное преимущество.

На архипелаге Шпицберген самые продолжительные инструментальные метеорологические наблюдения получены в российском шахтерском поселке Баренцбург, где первая МС появилась еще в 1932 г. Однако использование этих данных в исходном виде осложнено перерывом в наблюдениях с августа 1941 по ноябрь 1947 гг. В то же время в непосредственной близости от Баренцбурга (на 1,5 км южнее на мысе Финнесет) с 1911 по 1930 гг. функционировала норвежская метеорологическая станция «Шпицберген Радио» («Green Harbor»).

Цель данной работы – восстановить отсутствующие данные о приземной температуре воздуха (ПТВ) в поселке Баренцбург и создать непрерывный ряд среднемесячных значений искомой величины, начиная с 1911 г., который можно использовать для объективных оценок климатических изменений на архипелаге в XX веке.

Использованные данные.

В работе использованы данные Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (ВНИИГМИ-МЦД, г. Обнинск, www.meteor.ru) и Норвежского Метеорологического института (Осло, www.met.no).

История метеорологических наблюдений в Баренцбурге.

Регулярные метеорологические наблюдения в Баренцбурге начались в августе 1932 г., после их переноса из рудника Грумант-Сити (залив Ис-фьорд), и проводились там по сентябрь 1933 г. по программе II Международного Полярного года, а после его окончания станция начала функционировать как гидрометеорологическая обсерватория (ГМО) «Баренцбург» в системе Гидрометслужбы СССР. Метеорологическая площадка располагалась тогда на северо-восточной окраине посёлка у подножья горы на высоте около 70 м над уровнем моря (н.у.м.) в 400–450 м от восточного берега залива Грен-фьорд. Во время II Мировой войны, в августе 1941 г. МС была законсервирована, персонал эвакуирован. Наблюдения возобновились только в декабре 1947 г. С 1 июня 1978 г. площадка перенесена на узкую прибрежную террасу с отметкой 22 м н. у. м. в 70–80 м от залива. Третий (последний) перенос площадки произошёл в феврале 1984 г. С этого момента и по настоящее время метеорологические наблюдения проводятся на южной окраине посёлка на расстоянии ~330 м от залива и на высоте 74 м н. у. м. Положение метеорологических площадок в разные годы показано на рис. 1 и 2.

Проверка климатической однородности.

Переносы метеорологической площадки в Баренцбурге в 1978 и 1984 гг. могли привести к появлению в рядах метеорологических данных неоднородностей методического характера. Для выявления указанных неоднородностей к имеющимся рядам среднемесячных значений ПТВ были применены известные тесты: SNHT, Буишанда, Петтитта и Фон-Ноймана [3,4]. В соответствии с существующими правилами ряд считается однородным, если не выполняется только один из использованных тестов. В случае, когда два теста отрицают однородность на 1% уровне вероятности, ряд считается сомнительным. Если наличие неоднородности ряда подтверждается тремя или четырьмя тестами, ряд считается неоднородным. Результаты проверки по указанным тестам подробно рассмотрены в работе [5]. Так, для периода декабрь 1947 - январь 1984 гг., внутри которого произошёл перенос площадки в 1978 г., тесты не показали нарушений однородности в рядах ПТВ, причём как в комплексе, так и каждый в отдельности. В период 1978 - 2018 гг., включающего в себя перенос площадки в 1984 г., статистические тесты показывают на присутствие сдвигов в отдельные месяцы, но позже 1995 г. Так как после 1984 г. переносов метеорологической площадки не было, и методика измерений не менялась,



Рисунок 1 – Посёлок Баренцбург (фото Владимира Арнаутова); отмечены положения метеорологической площадки ГМО:

1 – 1932-1978 гг.,

2 – 1978-1984 гг.,

3 – с 1984 г.,

4 – МС на мысе Финнесет

это следует рассматривать как реакцию тестов на современное потепление климата [3]. Ряды ПТВ в период 1978 - 2018 гг. также можно считать однородными. С учётом того, что измерения, выполненные в 1932–1941 гг., фактически являются дополнением ряда 1947–1978 гг., можно говорить об однородности рядов температуры и за весь период наблюдений с 1932 г.

Отсутствие признаков методической неоднородности является основанием для использования рядов ПТВ, полученных в ГМО «Баренцбург», для объективных исследований климатических изменений на архипелаге Шпицберген.

Восстановление пропущенных значений для периода 1941-1947 гг.

Для создания непрерывной серии с 1932 г. необходимо заполнить пропуски в период с августа 1941 по ноябрь 1947 г., вызванные отсутствием наблюдений.

В климатологии существуют различные методы, позволяющие рассчитать отсутствующие значения температуры воздуха по ее значениям на ближайших МС [6]. Один из возможных методов заключается в нахождении коэффициентов линейной регрессии, связывающих ПТВ на изучаемой МС с ПТВ на МС-аналоге в период их

совместной (параллельной) работы. Далее по полученному уравнению регрессии выполняется расчёт отсутствующих значений ПТВ на искомой МС по известным значениям ПТВ на МС-аналоге.

Ближайшая к Баренцбургу МС – МС «Isfjord Radio», расположенная ~14 км к западу на мысе Karpe Linne (норв.). Регулярные измерения здесь выполнялись с 1934 по 1976 г. и были возобновлены только в 1996 г. Вторая аналогичная МС – МС «Longyearbyen» (~37 км на северо-северо-восток) находилась на территории норвежского поселка Лонгйир и работала там с перерывами с 1916 по 1977 г. Их положение показано на рисунке 3. История наблюдений, оценка качества данных и подготовка гомогенизированных рядов для этих МС выполнена специалистами Норвежского Метеорологического института [7-10]. Периоды параллельной работы ГМО «Баренцбург» с МС «Isfjord Radio» и «Longyearbyen» составляют десятки лет: 46-48 лет в зависимости от месяца для пары ГМО «Баренцбург» – МС «Isfjord Radio» и 24-28 лет для пары ГМО «Баренцбург» – МС «Longyearbyen». Таким образом, характеристики регрессий получены по большим выборкам.

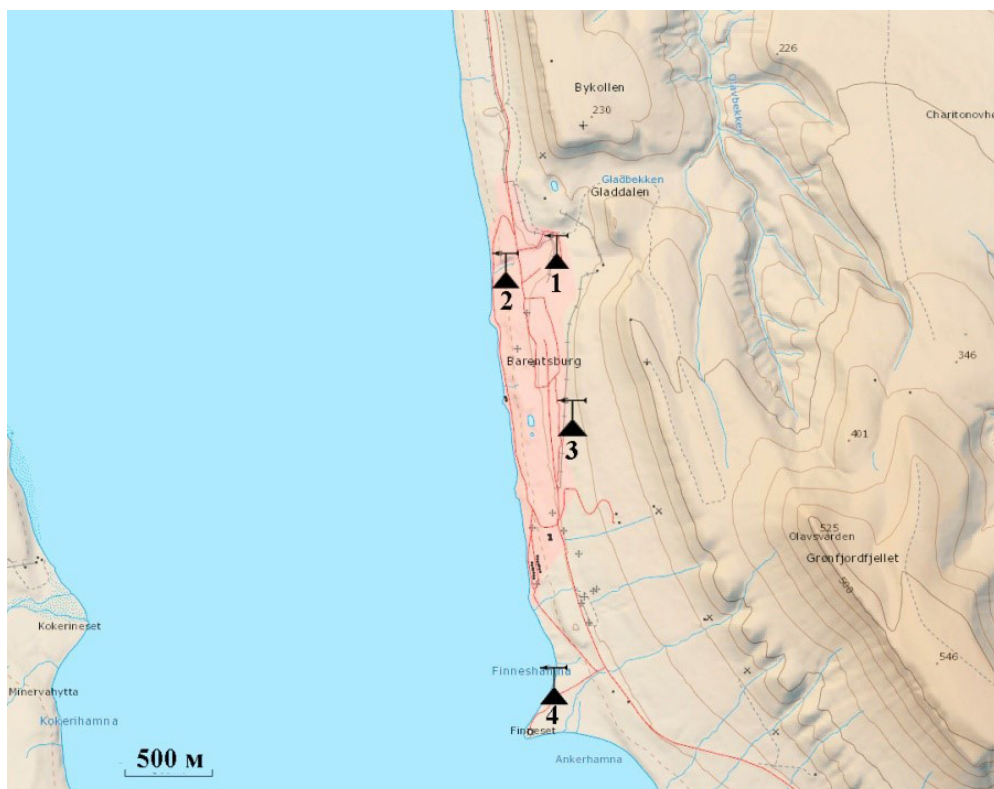


Рисунок 2 – Топографическая карта Баренцбурга и его окрестностей; отмечены положения метеорологической площадки в разные годы (номера соответствуют подписям к рис. 1)

Более сложная ситуация с заполнением пропущенных значений возникает для двух периодов: август 1941 – ноябрь 1941 и июль 1942 – август 1945 гг. В это время регулярные инструментальные наблюдения на всем архипелаге полностью отсутствовали, а ближайшие МС оказались удаленными на 900-1000 км. Только в короткий период с декабря 1941 по июнь 1942 гг. в поселке Longyearbyen функционировала немецкая автоматическая станция (www.met.no). Для заполнения пропусков в указанные периоды воспользуемся реанализом «NOAA-CIRES-DOE 20th Century Reanalysis V3» [11]. Корреляция среднемесячных значений ПТВ в ГМО «Баренцбург» с данными реанализа хуже, чем между данными ГМО «Баренцбург» и МС «Isfjord Radio» и «Longyearbyen» соответственно (табл. 1). Однако данная мера в нашем случае представляется неизбежной.

Мы выполнили исследования ряда среднемесячных значений ПТВ в Баренцбурге для периода 1932 - 2018 гг., в котором отсутствующие значения

с августа 1941 г. по ноябрь 1947 г. заменены расчетными. Основная цель - обнаружение сдвигов средних значений по методу, представленному в работе [12]. Выберем временной шаг, равный 7 годам, что соответствует продолжительности периода с наибольшей неопределенностью (1941-1947 гг.). Вариации средних значений ПТВ с указанием границ, когда происходит изменение среднего значения (для $p=0.05$ и 0.01), приведены на рис. 4. Сдвигов на границах исследуемого периода (вблизи 1941 и 1947 гг.), где отсутствующие значения ПТВ заменены расчетными по реанализу, обнаружено не было. Есть сдвиги в другие годы, вызванные, очевидно, естественными изменениями климата. В частности, хорошо заметно смещение среднего в начале XXI века, вызванного современным потеплением.

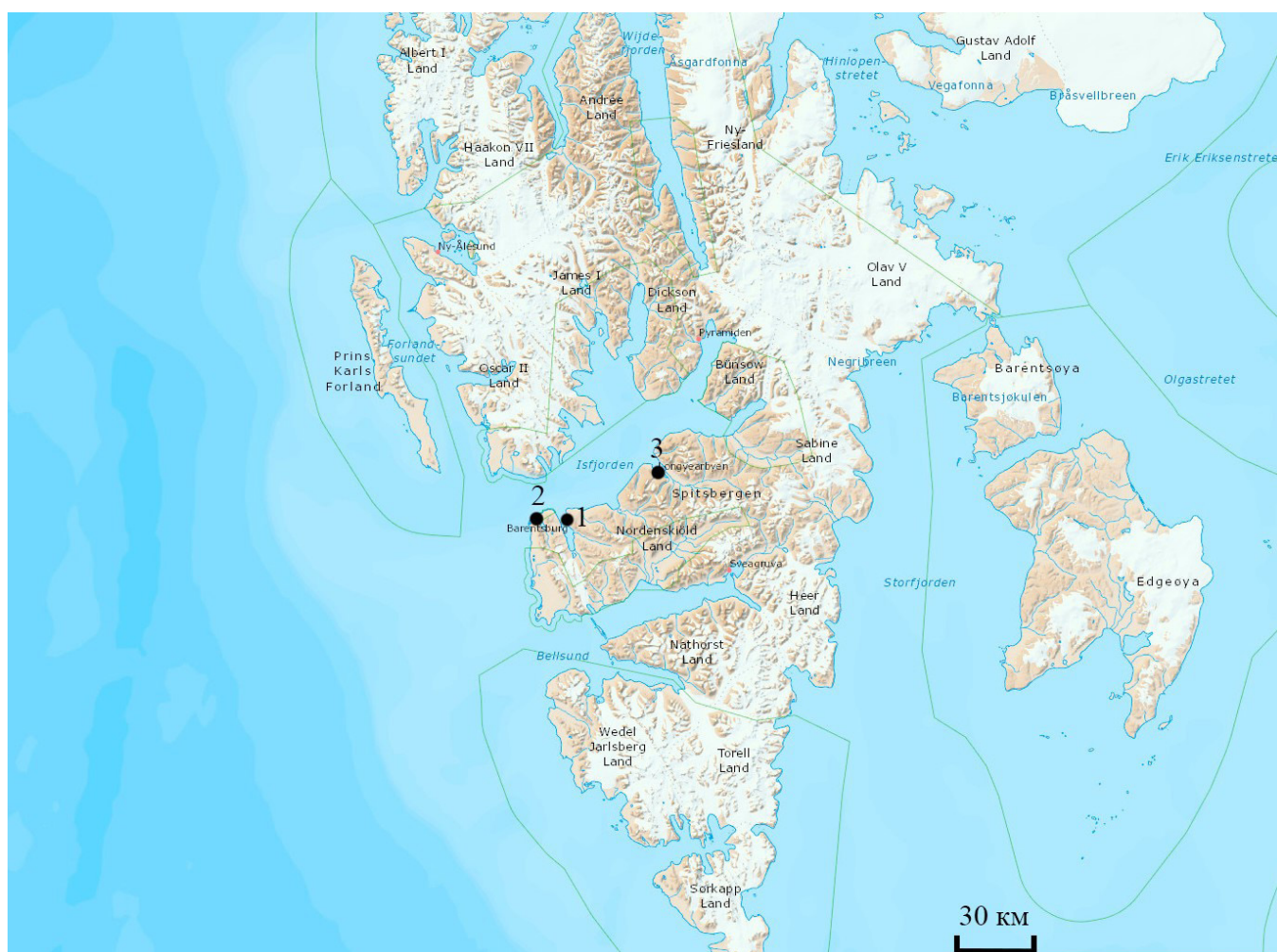


Рисунок 3 – Положение ГМО «Баренцбург» (1), МС «Isfjord Radio» (2), МС «Longyearbyen» (3)

Таблица 1

Коэффициенты корреляции (r) между среднемесячными значениями ПТВ ГМО «Баренцбург» и данными МС «Isfjord Radio», «Longyearbyen» и реанализа 20CRv3 соответственно, а также значения стандартной ошибки полученных уравнений линейных регрессий (δ)

Месяц	«Isfjord Radio»		«Longyearbyen»		Реанализ 20CRv3	
	R	Δ	r	δ	R	δ
январь	0,997	0,347	0,992	0,682	0,883	2,217
февраль	0,994	0,437	0,986	0,576	0,829	2,130
март	0,994	0,450	0,985	0,784	0,892	1,790
апрель	0,989	0,400	0,970	0,646	0,845	1,591
май	0,989	0,263	0,973	0,363	0,870	0,746
июнь	0,947	0,307	0,942	0,308	0,766	0,609
июль	0,873	0,493	0,940	0,259	0,579	0,696
август	0,954	0,270	0,944	0,232	0,732	0,580
сентябрь	0,981	0,273	0,973	0,279	0,945	0,466
октябрь	0,996	0,245	0,995	0,334	0,968	0,602
ноябрь	0,997	0,293	0,985	0,601	0,941	1,186
декабрь	0,997	0,315	0,993	0,550	0,926	1,589

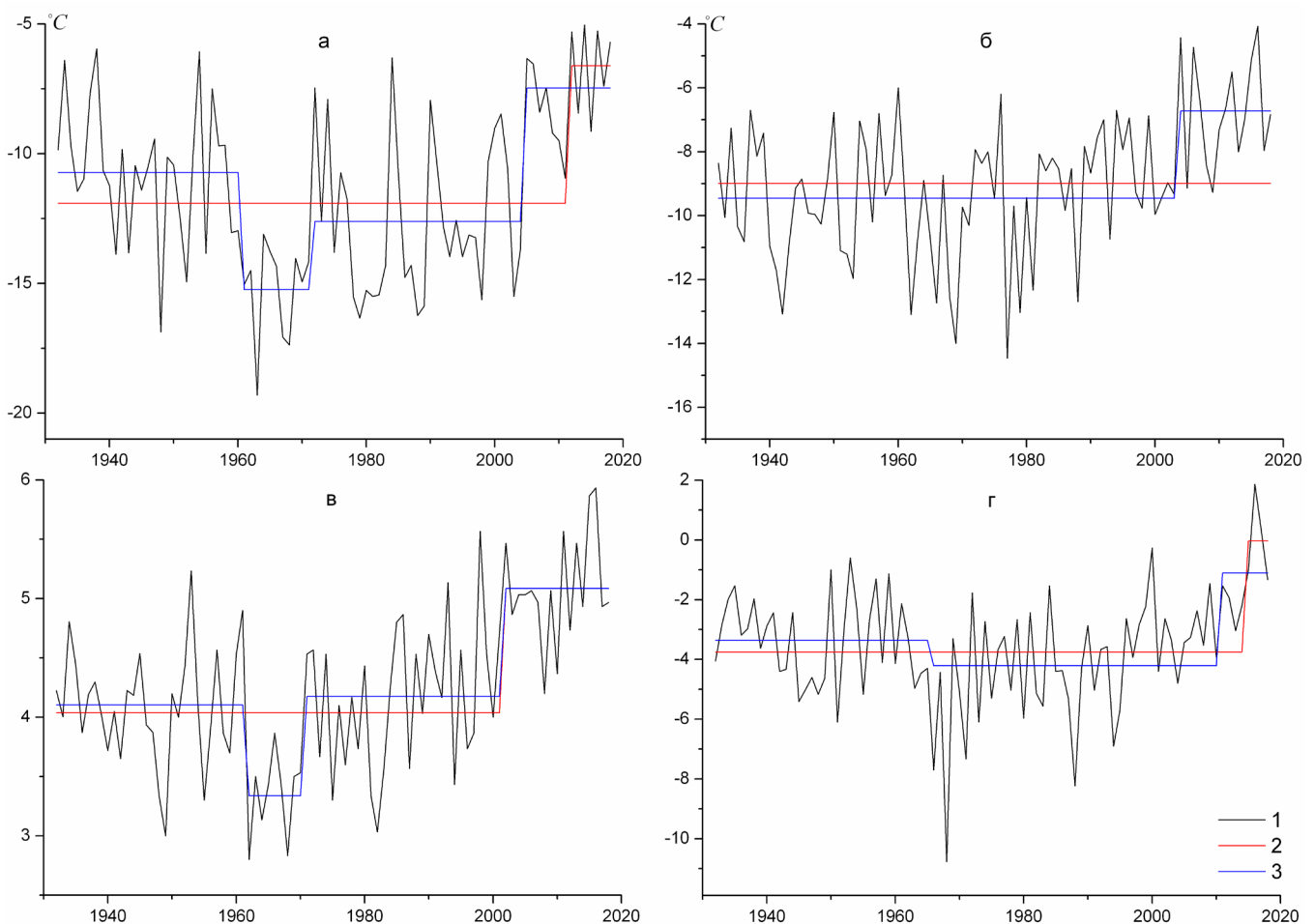


Рисунок 4 – Вариации сезонных значений температур воздуха в ГМО «Баренцбург» (1) и смещения среднего значения (шаг 7 лет) для $p = 0.01$ (2) и 0.05 (3)

а – зима, б – весна, в – лето, г – осень

Характер изменения разностей между средними сезонными значениями ПТВ в ГМО «Баренцбург» и ближайшими МС с однородными рядами («Бухта Тихая», Земля Франца-Иосифа и «Вардо», Норвегия) расположенными, соответственно, в 760 и 990 км от Баренцбурга, не меняется в период 1941-1947 гг. по сравнению с предыдущими и последующими годами (см. рис. 5). Таким образом, значения ПТВ, рассчитанные с помощью реанализа, представляются нам вполне корректными, поскольку не содержат явных выбросов.

Восстановление ряда для ГМО «Баренцбург» с 1911 г.

С декабря 1911 по август 1930 гг. на мысе Финнесет в заливе Грен-фьорд на базе норвежской радиостанции «Шпицберген Радио» проводились регулярные инструментальные метеорологические наблюдения. Расстояние между современным положением метеорологической площадки ГМО «Баренцбург» и местом, где ранее находилась метеоплощадка на мысе Финнесет всего около 1,5 км – в пределах прямой видимости (см. рис. 1-2). Данные

норвежской МС, получившей название Green Harbor, можно использовать для продления созданного нами ряда для Баренцбурга (1932-2018 гг.) на более ранний период, а именно, на период 1911-1931 гг. Такое продление представляет очевидный интерес в связи с имеющимися попытками сравнения масштабов «первого» потепления (1920-40 гг.) и «современного» и по данным МС «Longyearbyen» [13]. МС «Green Harbor» является фактически единственной МС на Шпицбергене, зарегистрировавшей «первое» потепление. МС «Longyearbyen» даже с учетом первых инструментальных наблюдений, выполненных немецко-австрийской научной экспедицией в 1911 г., содержит много пробелов и неопределенностей в рядах данных именно в этот период.

Метеорологические наблюдения на МС «Green Harbor» закончились, примерно, за 2 года до открытия ГМО «Баренцбург». В 2013 - 14 гг. на мысе Финнесет в месте, в историческом месте расположения метеорологической площадки МС «Green Harbor» в 1911-1930 гг., была установлена автоматическая МС (АМС), на высоте, порядка, 8 м н.у.м. и, примерно, в 35 м от

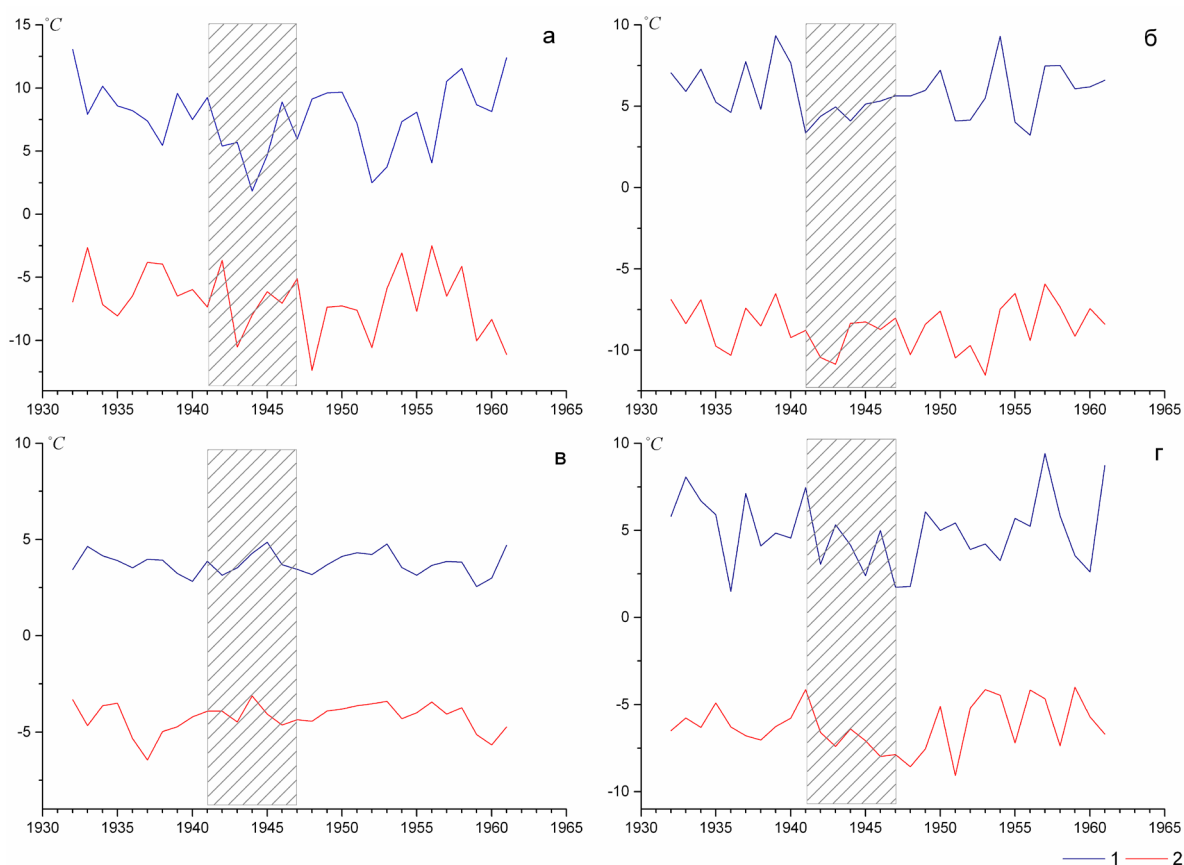


Рисунок 5 – Разности среднесезонных значений ПТВ в ГМО «Баренцбург» и МС «Бухта Тихая» (1) и «Вардо» (2): а – зима, б – весна, в – лето, г – осень; заштрихован период с расчетными значениями для ГМО «Баренцбург»

уреза воды. Вторая такая же АМС была размещена на метеорологической площадке ГМО «Баренцбург». Эти параллельные измерения позволили установить характер статистической связи между значениями ПТВ в этих двух пунктах. Коэффициент корреляции между значениями ПТВ, наблюдаемыми в основные синоптические сроки (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 час UTC), оказался равным 0,996. ПТВ на мысе Финнесет оказалась, примерно, на 0,4 градуса выше, чем на площадке ГМО «Баренцбург», что, по всей видимости, вызвано тепляющим влиянием залива в зимний период года. Поскольку температуры воздуха и воды в летнее время различаются незначительно, охлаждающее влияние залива в этот период года зафиксировано не было.

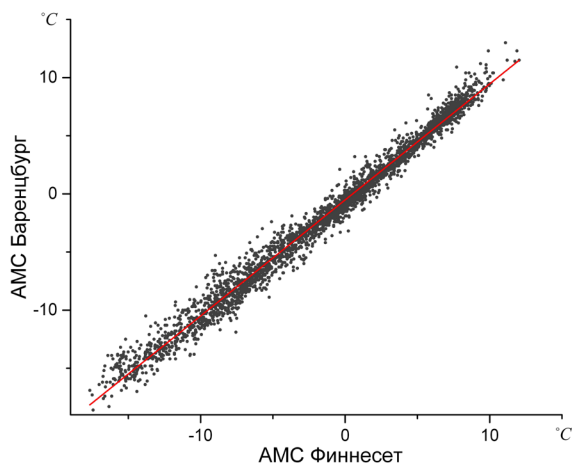


Рисунок 6 – Связь значений ПТВ в основные синоптические сроки на площадке ГМО «Баренцбург» и на мысе Финнесет, 2013-2014 гг.

Так как продолжительность параллельных измерений на ГМО «Баренцбург» и на мысе Финнесет лишь немного превышала один год, было получено общее уравнение регрессии (см. рис.6). Такой прием позволяет учесть разную повторяемость по месяцам погодных условий, благоприятных для проявления микроклиматических различий сравниваемых участков. Коэффициент корреляции между среднемесячными значениями ПТВ на площадке ГМО и на мысе Финнесет составил 0,994, а стандартная ошибка расчета среднемесячных значений ПТВ на ГМО по данным наблюдений на мысе Финнесет равна 0,146 °С. Это предполагает высокое качество реконструкции среднемесячных значений ПТВ на ГМО «Баренцбург» по данным МС «Green Harbor».

Наконец, для полного заполнения отсутствующих значений среднемесячной ПТВ в Баренцбурге для периода сентябрь 1930 – декабрь 1931 гг. (промежуток времени между закрытием МС «Green Harbor» и открытием МС «Баренцбург»), были заменены расчетными оценками, полученными по данным наблюдений на МС «Longyearbyen». В таблице 2 представлены периоды, для которых было проведено восстановление среднемесячных значений ПТВ для МС «Баренцбург» с указанием использованных для этого рядов.

Таблица 2

Периоды с отсутствием данных инструментальных наблюдений на МС «Баренцбург» и использованные для их восстановления источники данных.

Период с отсутствующими данными на ГМО «Баренцбург»	Источник данных для восстановления
Декабрь 1911– август 1930 гг.	МС «Green Harbor»
Сентябрь 1930 – декабрь 1931 гг.	МС «Longyearbyen»
Январь 1934 г.	МС «Longyearbyen»
Август 1941– ноябрь 1941 гг.	Реанализ 20CRv3
Декабрь 1941– июнь 1942 гг.	МС Longyearbyen
Июль 1942 – август 1945 гг.	Реанализ 20CRv3
Сентябрь 1945 – август 1946 гг.	МС «Longyearbyen»
Сентябрь 1946 – ноябрь 1947 гг.	МС «Isfjord Radio»

Сравнение рядов температуры воздуха на ГМО «Баренцбург» и МС «Svalbard Airport»

В настоящее время базовым рядом для оценок климатических изменений на Шпицбергене является композитный ряд среднемесячных значений температуры воздуха для МС «Svalbard Airport». МС «Svalbard Airport» - это пункт наблюдений, расположенный в непосредственной близости от взлетно-посадочной полосы аэропорта в норвежском поселке Лонгйир.

Измерения температуры воздуха собственноручно на МС «Svalbard Airport» проводятся только с 1975 г. Все остальные данные, которые продлены («восстановлены») до 1898 г. являются расчетными [10]. Они получены по данным других МС (в т.ч. и по данным ГМО «Баренцбург») по соответствующим уравнениям регрессии.

Представляет интерес сравнить ряды среднемесячной температуры воздуха на МС «Баренцбург» и МС «Svalbard Airport» в период 1911-2018 гг. Обе МС демонстрируют одинаковые тенденции, а коэффициент корреляции среднемесячных значений температуры воздуха для 1911-2018 гг. составляет величину 0.93 - 0.98. Однако есть факты, которые требуют более внимательного рассмотрения.

Западная часть архипелага Шпицбергена омывается теплым Западным Шпицбергенским течением. Зимние температуры воздуха, как правило, понижаются при продвижении от западных районов архипелага в его центральную часть [14]. Теоретически, должно выполняться следующее соотношение между средними зимними значениями ПТВ:

$$T_{\text{Isfjord Radio}} > T_{\text{Green Harbour}} > T_{\text{Баренцбург}} > T_{\text{Svalbard Airport}}$$

Первые два неравенства выполняются, а последнее – только на части ряда (см. рис. 7).

Выявить физические причины, по которым на МС «Svalbard Airport» зимы 1911-1930 гг. оказались примерно такими же и даже теплее, чем на МС «Green Harbor», довольно трудно. Можно предположить, что восстановленные для этого периода значения ПТВ на МС «Svalbard Airport» несколько завышены из-за более частой

реконструкции этого ряда. На МС «Svalbard Airport» доля оригинальных (измеренных) значений ПТВ для периода 1911-2018 гг., не превышает 40 %, причем все значения до августа 1975 г. являются восстановленными. Для сравнения, в аналогичном (с 1911 г.) композитном ряду для МС «Баренцбург» доля оригинальных значений превышает 75%. Так как всякое восстановление сопровождается определенными ошибками, ряд, полученный для МС «Баренцбург», должен иметь очевидное преимущество в климатологических задачах.

Выводы

Ряды среднемесячных значений ПТВ, полученные для МС «Баренцбург», являются методически однородными и сами продолжительными среди всех МС на архипелаге Шпицбергене.

С помощью данных ближайших МС и реанализа восстановлены отсутствующие значения среднемесячной ПТВ для периода 1941-1947 гг. Ряды продлены до декабря 1911 г. на основе измерений, выполненных на МС «Green Harbor», которая находилась в 1,5 км от современной метеорологической площадки в поселке Баренцбург.

Созданные композитные ряды среднемесячных значений ПТВ для МС «Баренцбург» могут быть использованы для корректных оценок долговременных изменений климата в регионе в различные

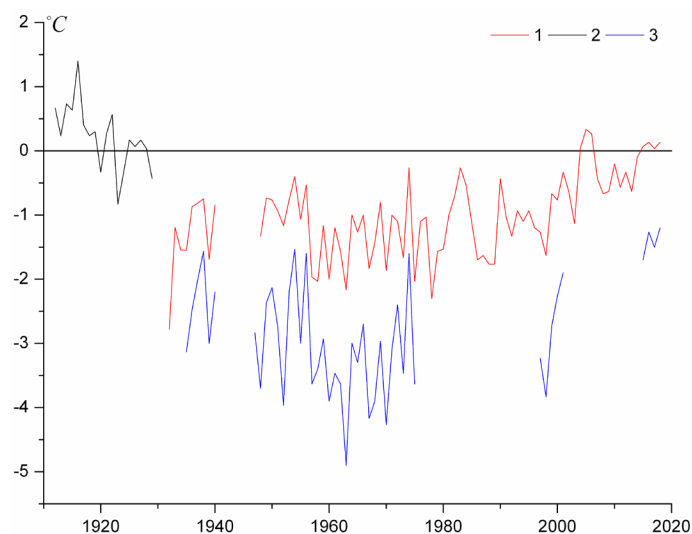


Рисунок 7 – Разности средних зимних значений ПТВ между МС «Svalbard Airport» и «Баренцбург» (1), «Шпицберген Радио» (2) и «Isfjord Radio» (3) соответственно

сезоны года. При этом для периода с 1911 по 2018 гг. доля оригинальных (измеренных) значений ПТВ превышает 75 %, что является максимально возможным числом для любой другой реконструкции подобных рядов на Шпицбергене.

Статья подготовлена в рамках плана НИТР/ОПР Росгидромета (проект 24, раздел 5.1.4 «Мониторинг состояния и загрязнения природной среды, включая криосферу, в Арктическом бассейне и районах научно-исследовательского стационара «Ледовая база Мыс Баранова», Гидрометеорологической обсерватории Тикси и Российского научно-го центра на архипелаге Шпицберген».

Данные о приземной температуре воздуха в поселке Баренцбург для периода 1941-1947 гг. были обработаны при финансовой поддержке гранта РФФИ №18-05-60291 «Адаптация Арктических лимносистем к быстрым изменениям климата» (рук. Федорова И.А.), обработка данных норвежских метеостанций была выполнена при финансовой поддержке российско-норвежского проекта "«Сотрудничество в области анализа климатических данных и данных по морскому льду в северной части Баренцева моря" (рук. Иванов Б.В.).

Список литературы:

1. Nordli Ø., Hanssen-Bauer I. & Førland E.J. 1996. Homogeneity analyses of temperature and precipitation series from Svalbard and Jan Mayen. Klima 16/96. Oslo: Norwegian Meteorological Institute.
2. Vikhamar-Schuler D, Førland E.J., Lutz J. and Gjelten H.M. 2019 Evaluation of downscaled reanalysis and observations for Svalbard - Background-report for Climate in Svalbard 2100. NCCS-report 4/2019. URL: www.klimaservicesenter.no.
3. Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами 2008. / Под редакцией д-ра геогр. наук, профессора Н.В. Кобышевой. – СПб., – 336 с..
4. European Climate Assessment & Dataset (ECA&D). 2013. Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD)// ECA&D: Project number: EPJ029135. Royal Netherlands Meteorological Institute KNMI. Version: 10.7. URL: <https://www.ecad.eu/documents/atbd.pdf>
5. Демин В.И., Иванов. Б.В. 2019. Проверка климатической однородности рядов температуры воздуха в Баренцбурге (Шпицберген) // Труды XVI Всероссийской научной школы. «Математические методы в естественных науках» - Апатиты, Геологический институт КНЦ РАН, 2019 г. с. 134-150.
6. Рубинштейн Е.С. Однородность метеорологических рядов во времени и пространстве в связи с исследованием изменения климата. Л., Гидрометеоиздат, 1979, 80 с.
7. Nordli Ø., Hanssen-Bauer I. & Førland E.J. 1996. Homogeneity analyses of temperature and precipitation series from Svalbard and Jan Mayen. Klima 16/96. Oslo: Norwegian Meteorological Institute.
8. Nordli Ø. The Svalbard Airport temperature series. //Bulletin of Geography, Physical Geography Series. 2010. 3. pp. 5 -25
9. Nordli O. and Isaksen K. Long-term climate variations on Svalbard using early instrumental observations // Geophysical Research Abstract (EGU2010 – 9122, 2010). Vol. 12, 2012.
10. Nordli Ø., Przybylak R., Ogilvie A. E.J. & Isaksen K. Long-term temperature trends and variability on Spitsbergen: the extended Svalbard Airport temperature series, 1898–2012 // Polar Research. 2014, vol. 33. 21349. <http://dx.doi.org/10.3402/polar.v33.21349>
11. NOAA-CIRES-DOE 20th Century Reanalysis V3 URL: https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.20thC_ReanV3.html
12. Rodionov, S.N., 2004: A sequential algorithm for testing climate regime shifts. Geophys. Res. Lett., 31, L09204, doi:10.1029/2004GL019448.
13. Ivanov B.V. Comparing the «earlier» and the «modern» warming in West Arctic on example of Svalbard. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Turbulence, Atmosphere and Climate Dynamics. 231 (2019) 012023 doi:10.1088/1755-1315/231/1/012023 URL: <https://iopscience.iop.org/issue/1755-1315/231/1>
14. Przybylak, R. et al. Spatial distribution of air temperature on Svalbard during 1 year with campaign measurements // Int. J. Climatol.34: 3702–3719 (2014)

References:

1. Nordli Ø., Hanssen-Bauer I. & Førland E.J. 1996. Homogeneity analyses of temperature and precipitation series from Svalbard and Jan Mayen. *Klima* 16/96. Oslo: Norwegian Meteorological Institute.
2. Vikhamar-Schuler D, Førland E.J., Lutz J. and Gjelten H.M. 2019 Evaluation of downscaled reanalysis and observations for Svalbard - Background-report for Climate in Svalbard 2100. NCCS-report 4/2019. URL: www.klimaservicesenter.no.
3. Rukovodstvo po specializirovannomu obsluzhivaniyu ekonomiki klimaticheskoy informaciy, produkciy i uslugami 2008. [Guidelines for specialized services to the economy with climate information, products and services 2008.] / / Edited by Dr. geogr. sciences, professors N.V. Kobysheva. – Saint Petersburg,– 336 p. (in Russian)
4. European Climate Assessment & Dataset (ECA&D). 2013. Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD)// ECA&D: Project number: EPJ029135. Royal Netherlands Meteorological Institute KNMI. Version: 10.7. URL: <https://www.ecad.eu/documents/atbd.pdf>
5. Demin V.I., Ivanov. B.V. 2019. Proverka klimaticheskoy odnorodnosti ryadov temperatury vozduha v Barenburge (Shpicbergen) [Checking the climatic uniformity of the air temperature series in Barentsburg (Spitsbergen)] // Proceedings of the 16th All-Russian Scientific School "Mathematical methods in the natural sciences" - Apatity, Geological Institute, KSC RAS, 2019, p. 134-150 (in Russian)
6. Rubinshtejn E.S. Odnorodnost' meteorologicheskikh ryadov vo vremeni i prostranstve v svyazi s issledovaniem izmeneniya klimata. [Homogeneity of meteorological series in time and space in connection with the study of climate change], Leningrad., Gidrometeoizdat, 1979, 80 p. (in Russian)
7. Nordli Ø., Hanssen-Bauer I. & Førland E.J. 1996. Homogeneity analyses of temperature and precipitation series from Svalbard and Jan Mayen. *Klima* 16/96. Oslo: Norwegian Meteorological Institute.
8. Nordli Ø. The Svalbard Airport temperature series. // *Bulletin of Geography, Physical Geography Series*. 2010. 3. pp. 5 -25
9. Nordli O. and Isaksen K. Long-term climate variations on Svalbard using early instrumental observations // *Geophysical Research Abstract (EGU2010 – 9122, 2010)*. Vol. 12, 2012.
10. Nordli Ø., Przybylak R., Ogilvie A. E.J. & Isaksen K. Long-term temperature trends and variability on Spitsbergen: the extended Svalbard Airport temperature series, 1898–2012 // *Polar Research*. 2014, vol. 33. 21349. <http://dx.doi.org/10.3402/polar.v33.21349>
11. NOAA-CIRES-DOE 20th Century Reanalysis V3. URL: https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.20thC_ReanV3.html
12. Rodionov, S.N., 2004: A sequential algorithm for testing climate regime shifts. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L09204, doi:10.1029/2004GL019448.
13. Ivanov B.V. Comparing the «earlier» and the «modern» warming in West Arctic on example of Svalbard. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Turbulence, Atmosphere and Climate Dynamics*. 231 (2019) 012023 doi:10.1088/1755-1315/231/1/012023 URL: <https://iopscience.iop.org/issue/1755-1315/231/1>
14. Przybylak, R. et al. Spatial distribution of air temperature on Svalbard during 1 year with campaign measurements // *Int. J. Climatol.* 34: 3702–3719 (2014)

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОЛОЖЕНИЯ ГРАНИЦ СТАРЫХ ЛЬДОВ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД И ОСТАТОЧНЫХ ЛЬДОВ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД В СЕВЕРНОМ ЛЕДОВИТОМ ОКЕАНЕ В ТЕКУЩЕМ КЛИМАТИЧЕСКОМ ПЕРИОДЕ

Е.С. Виноградная^{1,2}, Е.С. Егорова¹, Т.В. Шевелева², А.В. Юлин¹

¹ ГНЦ РФ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт», г. Санкт-Петербург, Россия

² Российский государственный гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург, Россия

✉ liza.vinogradnyaya@yandex.ru, egorova@aari.ru, bahus78@bk.ru, icefor@aari.ru

В работе рассматривается межгодовая изменчивость положения южной границы старых льдов в период максимального накопления ледяного покрова (в апреле), южной границы старых (многолетних и двухлетних) и остаточных однолетних льдов, сохранившихся после летнего таяния (в сентябре), а также изменение количества старых и однолетних льдов в балансе льдов Северного Ледовитого океана (СЛО). Изменение положения границ анализируется для наиболее динамичного Евразийско-алюскинского сектора СЛО.

Показано, что за последние два десятилетия наблюдается устойчивое сокращение площади старых льдов и смещение их южной границы на север. Это смещение меньше в западной части рассматриваемого сектора (0-1,0 градуса по широте или от 0 до 110 км) и более выражено в восточной части (2,5-5,0 градусов по широте или от 300 до 550 км). Изменение положения границы старых льдов за последние двадцать лет показывает, что на акватории океана, где ранее наблюдались преимущественно старые льды, произошло их замещение однолетними льдами.

Анализ положения южной границы дрейфующих льдов в конце периода таяния (в сентябре) также показывает её существенное смещение на север. Это смещение одинаково хорошо проявляется как в западной, так и в восточной частях рассматриваемого сектора, и составляет 1,0–2,0° по широте или 110–220 км. Акватория океана, которая до конца XX столетия в сентябре оставалась покрытой льдами, в течение двух последних десятилетий полностью и регулярно очищается ото льдов.

Проведенная экспертная оценка изменения количества старых и однолетних льдов в СЛО на период их максимального накопления показывает, что с 2002 г. в балансе льдов начинают преобладать однолетние льды, причем их преобладание носит нарастающий характер. За последние 5 лет количественное отношение между старыми и однолетними льдами в СЛО в конце зимнего сезона в среднем составляет примерно 37% и 63% соответственно.

Ключевые слова: Северный Ледовитый океан, ледяной покров, распространение старых льдов, распространение остаточных льдов, старые и однолетние льды.

VARIABILITY OF THE SPRING OLD ICE AND FALL RESIDUAL ICE BOUNDARY IN THE ARCTIC OCEAN OVER THE CURRENT PERIOD OF CLIMATE CHANGES

E.S. Vinogradnyaya^{1,2}, E.S. Egorova¹, T.V. Sheveleva², A.V. Yulin¹, Cand.Sc.

¹ State Scientific Center of the Russian Federation the Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

² Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia

The present study deals with interannual variability investigation of the April old and the September second-year ice southern boundaries, as well as the impact of the old and the first-year ice amount on the Arctic Ocean ice mass balance. The residual ice includes the old and

the residual first-year ice that has survived a summer's melt. The boundaries displacement is analyzed within the Eurasian-Alaskan sector, the most robust part of the Arctic Ocean.

It is noted that there is the steady reduction of the April old ice amount and its boundary shift toward the north over the recent two decades. The eastern part of sector studied demonstrates the greater displacement than the western one with the value of about 2,5–5,0 degrees of latitude or 300–550 km. The replacement of the old ice by the first-year ice is shown to occur over the current period of climate changes.

In addition, the September residual ice southern boundary have prominent shift to the north in both eastern and western parts of study area. This displacement is 1,0–2,0 degrees of latitude or 110–220 km. Until the end of the 20th century, this region has been covered by ice, but the complete and steady ice clearance exhibits over the two recent decades.

Since 2002, the first-year ice prevailed on the Arctic Ocean ice mass balance in April (63% vs 37% of the old ice coverage over the recent five years). It should be noted that the first-year ice amount has increased gradually from year to year.

Keywords: Arctic, ice cover, old ice boundary variability, residual ice boundary variability, old and first-year ice.

Статья получена: 04.06..2020

Принята к публикации: 01.07.2020

Опубликована онлайн: 03.07.2020

Введение.

Ледяной покров Северного Ледовитого океана (СЛО) является составной частью климатической системы «атмосфера-лед-океан». Изучение изменений, происходящих с ледяным покровом в СЛО, является важной задачей для понимания происходящих в океане климатических процессов.

Надежные данные о распределении и состоянии ледяного покрова СЛО имеются с 1978 г. — с начала регулярных спутниковых наблюдений. Современные методы спутникового мониторинга позволяют с большой точностью определять распределение льда и оценивать площадь ледяного покрова в течение всего годового цикла его развития. Менее успешно обстоят дела с дистанционным измерением толщины льда. Методов точной оценки толщины льда с помощью искусственных спутников Земли (ИСЗ) пока не существует. Это связано в первую очередь с отсутствием надежной измерительной аппаратуры, позволяющей дистанционно оценить разный по толщине ледяной покров [1, 2]. Кроме того, постоянно действующие динамические процессы приводят к механическому изменению толщины льда вследствие торошения, наслоения и появления разрывов, в результате чего ледяной покров становится неоднородным

E.S. Vinogradnyaya, E.S. Egorova, T.V. Sheveleva, A.V. Yulin

VARIABILITY OF THE SPRING OLD ICE AND FALL RESIDUAL ICE BOUNDARY IN THE ARCTIC OCEAN OVER THE CURRENT PERIOD OF CLIMATE CHANGES

по линейным размерам и толщине.

В настоящее время при построении ледовых карт надежно оценивают толщину льда по основным возрастным градациям: старые, многолетние, двухлетние, остаточные, однолетние, молодые и начальные льды. Каждая возрастная градация связана с определенным диапазоном толщины льда [3, 4].

Старые льды включают в себя многолетние и двухлетние льды. В связи со сложностью идентификации многолетних и двухлетних льдов зачастую выделяют одну общую группу — старые льды, средняя толщина которых может достигать 200–250 см и более.

Однолетние льды — это льды осенне-зимнего образования. Они включают в себя однолетние тонкие, средние и толстые льды в диапазоне толщин от 30 до 120 см и выше. Однолетние льды обычно выделяются по трем указанным группам на детализированных ледовых картах, но на обзорных ледовых картах объединяются в одну возрастную группу однолетних льдов.

Остаточные однолетние льды (остаточные льды) — это однолетние льды, которые сохраняются после летнего таяния и вступают в новую фазу осеннего ледообразования, а после 1 января нового года становятся двухлетними льдами и таким

образом пополняют общее количество старых льдов в океане.

Одним из наиболее важных показателей ледяного покрова, характеризующих его состояние, является распределение и количество старых и однолетних льдов в период их максимального накопления (в апреле), а также старых и остаточных льдов в конце периода разрушения (в сентябре). Эти показатели хорошо определяются по данным спутникового мониторинга и фиксируются на картах распределения льда [2, 3, 4].

Распределение льдов различного возраста имеет важное научное и практическое значение. Количество старых льдов и их распределение в СЛО в конце зимнего сезона накопления (в апреле) определяет мощность ледяного покрова перед началом летнего таяния. Эта характеристика используется в моделях и долгосрочных прогнозах ожидаемого типа ледовых условий в арктических морях в предстоящий летний период [5, 6].

Площадь старых и остаточных льдов в конце периода таяния (в сентябре) являются достоверным показателем интенсивности прошедших летних и начала осенних ледовых процессов. Граница дрейфующих льдов в сентябре очерчивает акваторию океана, на которой наблюдается нулевой теплозапас в поверхностном слое воды. Среди льдов, сохранившихся после летнего таяния, в первую очередь начинается устойчивое ледообразование при переходе температуры воздуха через ноль. Чем ближе к берегу располагается граница дрейфующих льдов в осенний период, тем быстрее начинается ледообразование в арктических морях и на путях плавания судов [5, 7].

И наконец, наиболее интересной проблемой является изменение количества старых и однолетних льдов в общем балансе в СЛО. Количество старых льдов в СЛО, несмотря на их большую толщину, не является постоянной величиной. Часть их, попавшая в результате дрейфа в южные и прибрежные районы арктических морей, может быть разрушена в результате таяния, а другая — вынесена в пролив Фрама. Основная же масса старых льдов сохраняется после летнего таяния,

и в процессе нового осенне-зимнего нарастания становится мощнее однолетних льдов, появившихся на акватории океана в осенний сезон. Однако, как показывают наблюдения, часть старых льдов площадью около 70–80 тыс. км² ежегодно безвозвратно исчезает из ледового баланса океана и замещается однолетними льдами. Таким образом, можно говорить об условно постоянной динамике старых льдов на акватории СЛО.

Однолетние льды, образующиеся осенью и зимой, носят сезонный характер. Например, припайные льды в районе Новосибирских островов, которые за осенне-зимний сезон могут нарастать до 210–240 см (по данным полярных станций Тикси, Котельный и Санникова), с повторяемостью 80% исчезают в результате летнего таяния (по данным наблюдений, с 1940 г.).

В связи с этим, проведенный в данной работе анализ распространения и количества старых, остаточных и однолетних льдов в СЛО является чрезвычайно полезным для оценки происходящих климатических изменений и решения целого ряда практических задач.

Исходные данные

Исходные данные были получены из открытых источников, размещенных на интернет-портале Государственного научного центра РФ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» (ГНЦ РФ «АНИИ»). Границы положения основных возрастных групп льдов в различные сезоны года — старые, однолетние, молодые и остаточные льды — отражены на картах распределения ледяного покрова, составленных по данным ИСЗ [8].

Для проведения анализа были использованы обзорные ледовые карты, содержащие в себе информацию о распределении ледяного покрова СЛО. Рассматривалось положение границы различных льдов в наиболее динамичном Евразийско-аляскинском секторе СЛО (между меридианами 0°–180° в.д.–150° з.д.).

При помощи ГИС технологий были получены данные о положении границ зоны с преобладанием старых льдов в апреле и

дрейфующих льдов в сентябре за период с 1999 по 2018 гг. (20-летний период). Для оценки площади ледяного покрова СЛО использовались среднемесячные значения площади льда за ряд наблюдений с 1978 по 2019 гг. Архив данных доступен на сайте ГНЦ РФ «АНИИ» по ссылке [9].

Постановка задачи

Многочисленные исследования изменения ледяного покрова в СЛО показывают, что на рубеже XX–XXI вв. наблюдается устойчивое сокращение площади льдов, как в зимний, так и в летний сезоны [10, 11, 12, 13]. Анализ динамики ледовых условий на трассах плавания по Северному Морскому пути за период с 1997 г. также показывает значительное сокращение и даже полное исчезновение участков со старыми льдами [14, 15].

На рисунке 1 приведен многолетний ход среднемесячных значений площадей ледяного покрова для трех наиболее характерных сезонов года: максимального накопления ледяного покрова (апрель), максимального сокращения ледяного покрова (сентябрь), а также среднегодовых значений за период наблюдений с 1978 по 2019 гг. Как следует из представленных графиков, изменение площади льда в СЛО проявляет устойчивую тенденцию к уменьшению. Линейное (по тренду) уменьшение площади ледяного покрова за 42-летний ряд составляет – 18 тыс. км² за год для апреля, – 80 тыс. км² за год для сентября и – 40 тыс. км² в целом за год (см. рис. 1). Однако, как отмечается рядом авторов [12, 13, 14], уменьшение площади ледяного покрова в СЛО происхо-

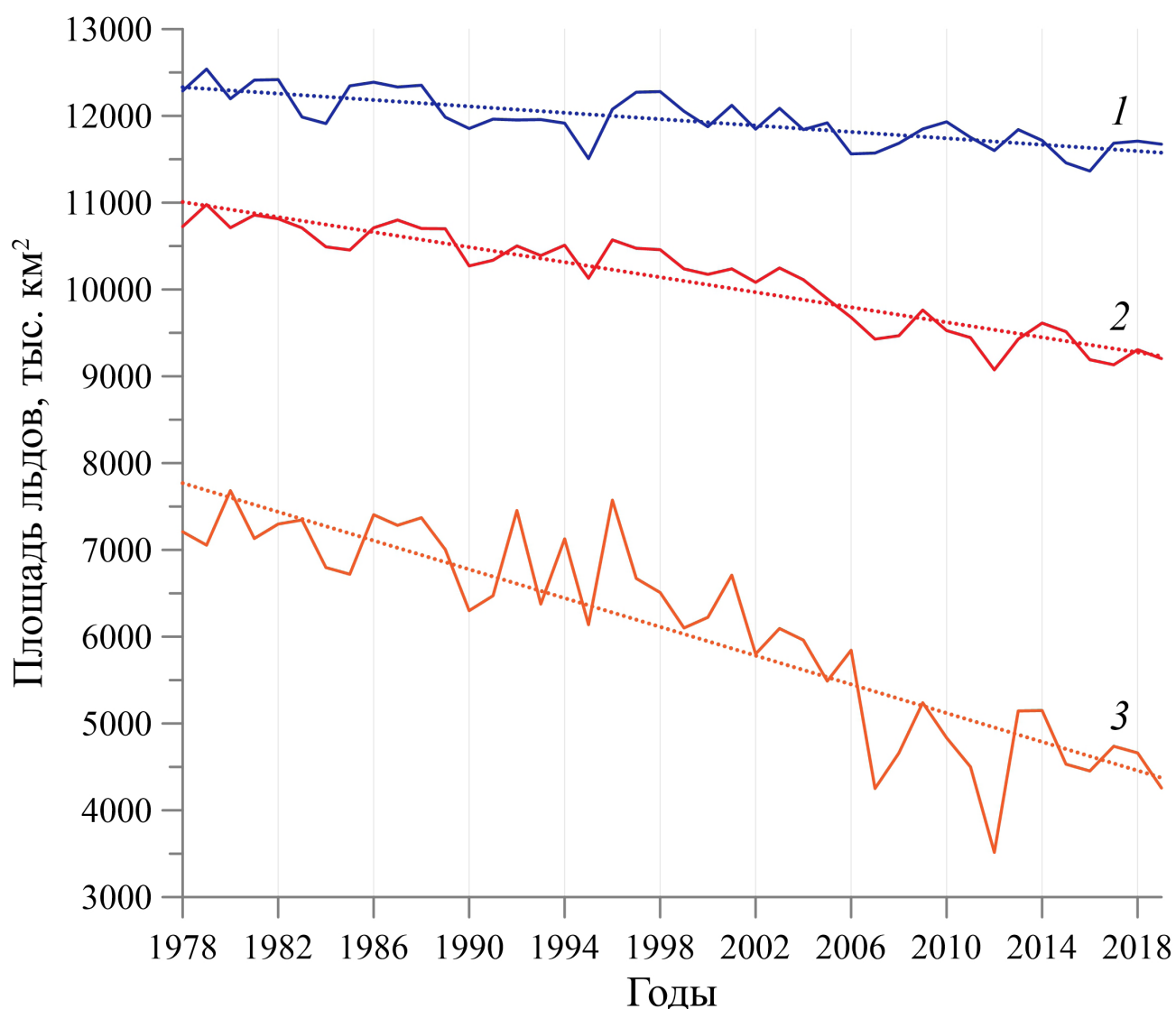


Рисунок 1 – Межгодовые изменения значений площади льда в СЛО: в конце зимнего сезона максимального накопления в апреле (1), среднегодовой площади (2), в конце летнего сезона максимального разрушения в сентябре (3), и их линейные тренды (пунктиром).

E.S. Vinogradnyaya, E.S. Egorova, T.V. Sheveleva, A.V. Yulin

VARIABILITY OF THE SPRING OLD ICE AND FALL RESIDUAL ICE BOUNDARY IN THE ARCTIC OCEAN OVER THE CURRENT PERIOD OF CLIMATE CHANGES

дит неравномерно. За последние 20 лет наблюдается ускорение сокращения площади морского льда, особенно хорошо выраженное в летний период (линия 3 на рис. 1).

За анализируемый 42-летний ряд произошло общее уменьшение площади льдов, наблюдаемых в СЛО. В зимний период они сократилась на 600–700 тыс. км², и, соответственно, на такую же величину увеличилась площадь чистой воды в западных морях Арктики (в Гренландском и Баренцевом). В летний период сокращение площади льдов составило 2500–3000 тыс. км² — на такую величину увеличилась площадь чистой воды по всем окраинным морям СЛО от Баренцева до Бофорта. В последнее десятилетие (2010–2019 гг.) СЛО в летний период начал очищаться почти на 2/3 (т.е. на 68%) своей акватории. Такое большое сокращение площади ледяного покрова в СЛО не могло не отразиться на распределении и общем количестве льдов различных возрастных групп в общем балансе льдов океана.

В настоящей работе рассматриваются три важных вопроса, относящихся к ледяному покрову СЛО:

- изменение положения границы старых льдов на месяц максимального накопления ледяного покрова (в апреле),
- изменение положения границы дрейфующих льдов (старых и остаточных однолетних) на месяц максимального сокращения ледяного покрова (в сентябре),
- изменение количества старых и од-

нолетних льдов в общем балансе льдов в СЛО за период спутниковых наблюдений.

Обсуждение результатов

Динамика положения границы старых льдов. На рисунке 2 приведено распределение ледяного покрова в апреле в годы с малым (2008 г.) и большим (2018 г.) количеством старых льдов. При приблизительно одинаковой площади льдов в СЛО в эти годы, составляющей около 11700 тыс. км², старые льды в первом случае занимают около 30% акватории океана, а их граница выходит из приполюсного района и значительно смещается к побережью Гренландии, а во втором — около 45% с положением границы, близким к северным границам российских арктических морей. В 70–80-е годы прошлого столетия по данным ледовых разведок установлено, что граница старых льдов зачастую проходила непосредственно по акватории российских арктических морей.

Для оценки изменений положения границы старых льдов в конце зимнего сезона в Евразийско-аляскинском секторе СЛО за последние 20 лет была определена ее широта на меридианах с шагом по долготе в 10°. Далее были рассчитаны основные статистики положения границы (среднее $\Gamma_{\text{ср}}$, минимальное $\Gamma_{\text{мин}}$ и максимальное $\Gamma_{\text{макс}}$ положение) и показатели статистической изменчивости (амплитуда A и среднеквадратическое отклонение σ), которые дают возможность оценить разброс положения границы старых льдов. Основные статистики представлены в та-

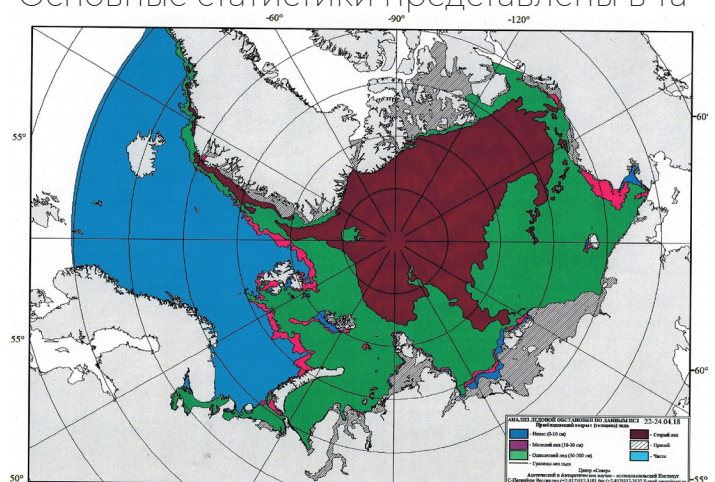
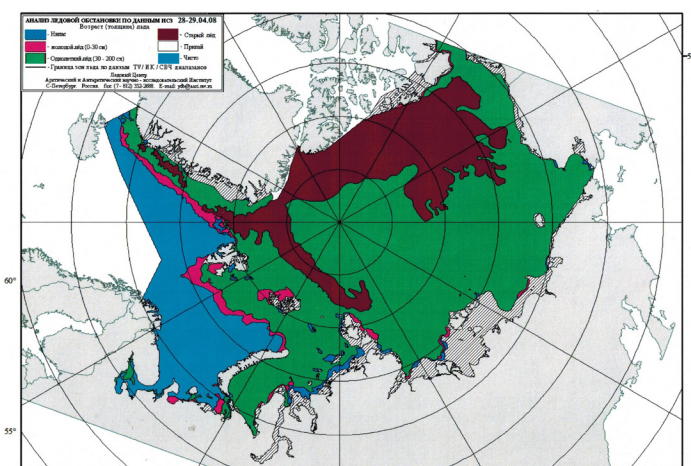


Рисунок 2 – Распределение ледяного покрова в СЛО и его морях в месяц максимального развития (апрель) с выделенной границей зоны преобладания старых льдов в годы малого a , слева) и большого их количества (б, справа).

Таблица 1

Положение границы старых льдов в месяц максимального накопления льда (апрель) на меридианах за ряд наблюдений 1999–2018 гг. (° с.ш.)

Параметр, °	Меридианы, ° долготы																					
	Восточная																		Западная			
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	170	160	150
Г _{ср}	80,6	81,6	82,7	83,4	83,9	84,3	84,7	85,0	84,9	85,0	84,5	84,9	85,5	85,3	85,0	84,1	80,7	80,4	78,6	77,8	76,8	75,0
Г _{мин}	79,0	80,0	80,5	80,5	80,0	82,0	82,0	81,5	78,8	81,9	81,0	77,5	79,5	78,5	77,5	76,5	74,0	73,5	73,0	72,0	71,5	71,0
Г _{макс}	82,9	86,9	89,1	89,2	89,2	89,1	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	87,4	87,8	88,0	88,2	88,1
Δ	3,9	6,9	8,6	8,7	8,2	7,1	8,0	8,5	11,2	8,1	9,0	12,5	10,5	11,5	12,5	13,5	16,0	13,9	14,8	16,0	16,7	17,1
σ	1,0	1,8	2,1	2,2	2,1	1,9	2,3	2,3	2,7	2,6	3,0	3,7	3,2	3,6	4,0	4,6	5,3	4,8	4,3	4,2	4,2	4,3

блице 1.

Из анализа данных таблицы 1 следует, что за последний 20-летний период наблюдаются значительные изменения в положении границы старых льдов. Размах изменений значительно возрастает с запада на восток. Если в районе меридианов 0–60° в.д. изменения положения границы по амплитуде составляет 4,0–8,0° по широте или 440–880 км, а среднеквадратическое отклонение равняется 1,0–2,0° широты или 110–220 км, то в районе меридианов 160° в.д. – 160° з.д. изменения в положении границы по амплитуде составляет 16,0–17,0° по широте или 1800–1900 км,

а среднеквадратическое отклонение — 4,0–5,0° широты или 440–550 км. Таким образом, колебания положения границы старых льдов в восточной части Евразийско-аляскинского сектора СЛО в четыре раза больше по сравнению с западной частью.

Полученные данные позволяют также провести сравнительный анализ положения границы старых льдов, в различные климатические периоды. На рисунке 3 приведено положение границы старых льдов за предшествующий период 1954–1991 гг. [15] и за текущий период 1999–2018 гг.

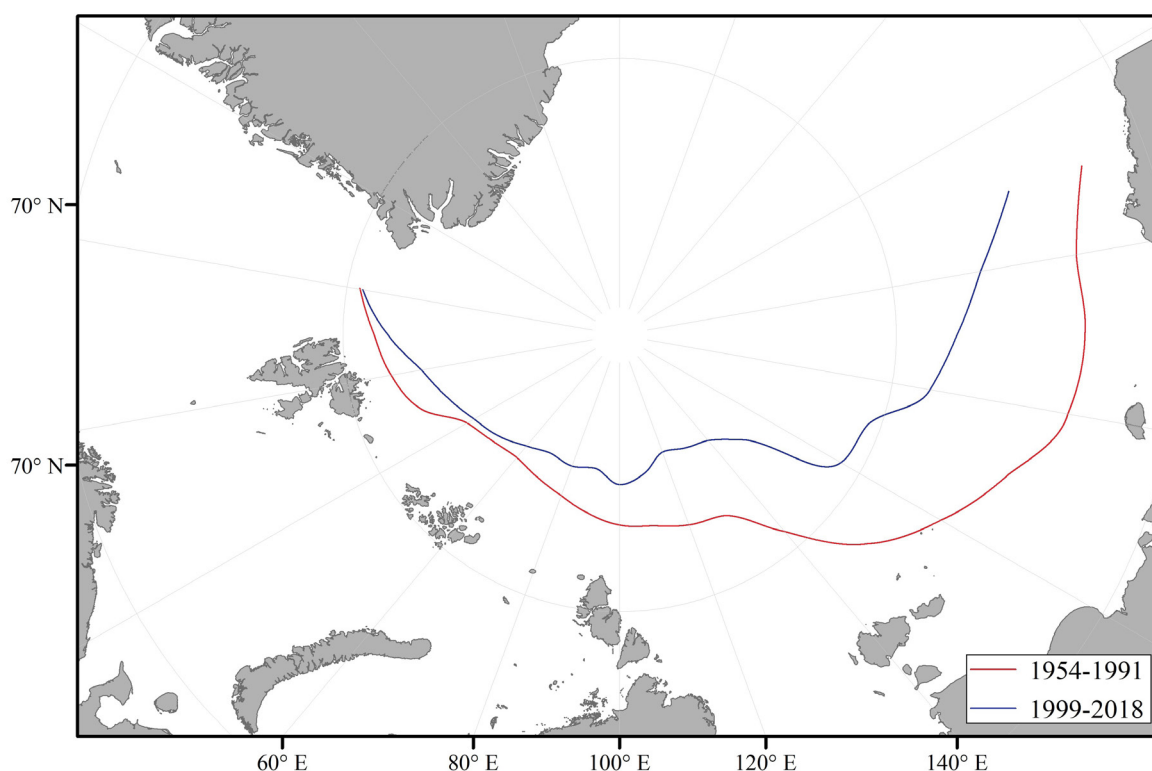


Рисунок 3 – Изменение положения границы старых льдов в СЛО в апреле для двух климатических периодов: 1954–1991 гг. (красная линия) и 1999–2018 гг. (синяя линия).

E.S. Vinogradnyaya, E.S. Egorova, T.V. Sheveleva, A.V. Yulin

VARIABILITY OF THE SPRING OLD ICE AND FALL RESIDUAL ICE BOUNDARY IN THE ARCTIC OCEAN OVER THE CURRENT PERIOD OF CLIMATE CHANGES

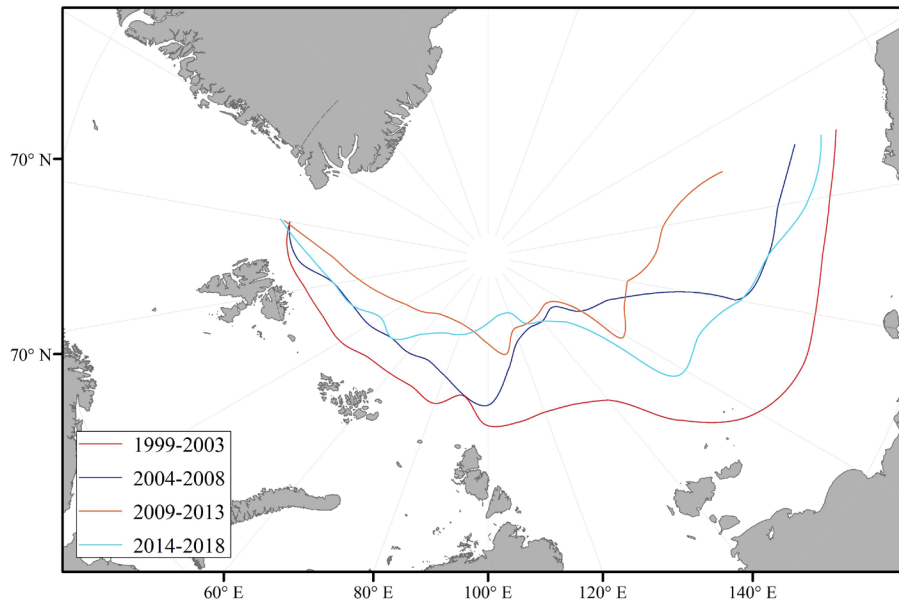


Рисунок 4 – Изменение положения границы старых льдов в СЛО в апреле для четырех пятилетий за период 1999–2018 гг.: 1999–2003 гг. (красная линия), 2004–2008 гг. (синяя линия), 2009–2013 гг. (оранжевая линия) и 2014–2018 гг. (бирюзовая линия).

Приведенное положение границы старых льдов за два климатических периода показывает, что за последнее 20-летие наблюдается смещение южной границы старых льдов к северу. Это смещение менее выражено в западной части Евразийско-аляскинского сектора СЛО (здесь оно составляет $0,0\text{--}1,0^\circ$ по широте или $0\text{--}110$ км) и более значительно выражено в восточной части (составляет $2,5\text{--}5,0^\circ$ или $300\text{--}550$ км). В восточной части Евразийско-аляскинского сектора СЛО смещение границы старых льдов носит более глубокий характер.

Смещение границы старых льдов на север подтверждает наблюдаемое общее сокращение количества старых льдов в СЛО. На акватории океана, на которой ра-

нее наблюдались старые льды, произошло их замещение однолетними льдами.

Для более детального анализа изменений в положении границы старых льдов за последнее 20 лет, исследуемый период был разбит на четыре промежутка по 5 лет. Такая детализация позволила установить, как изменялось положение границы старых льдов внутри рассматриваемого двадцатилетнего периода. На рисунке 4 приведено положение границы старых льдов в месяц максимального нарастания ледяного покрова, последовательно за пятилетия с 1999 по 2018 гг.

В первый пятилетний период 1999–2003 гг. смещение границы к северу было незначительным, и гра-

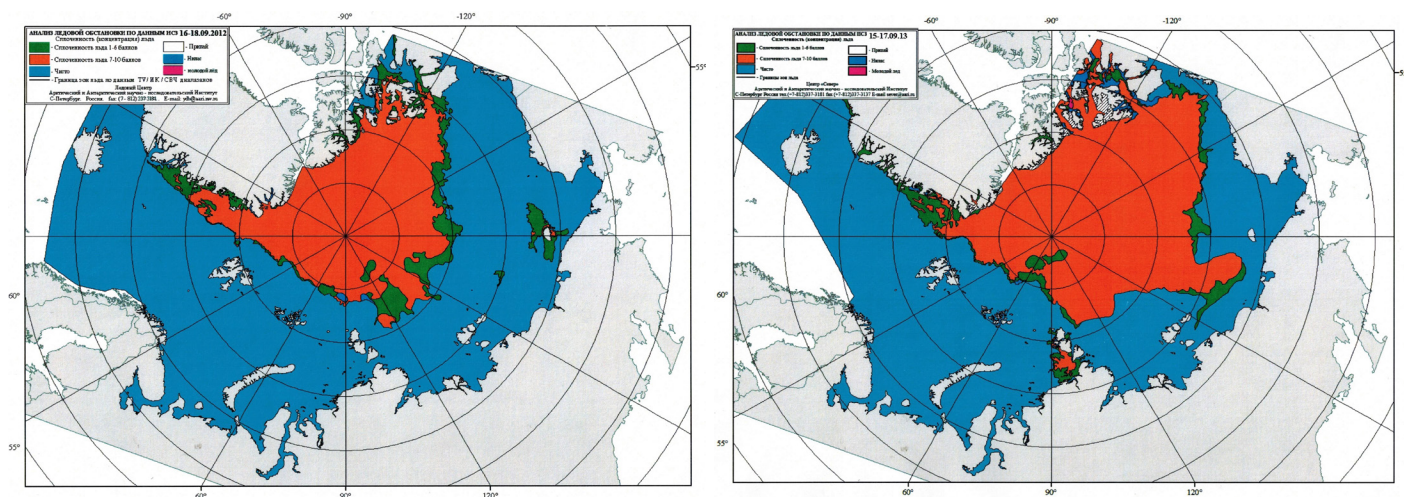


Рисунок 5 – Распределение ледяного покрова в СЛО и его морях в период максимального сокращения в сентябре в годы с малым (а, слева) и большим количеством старых и остаточных однолетних льдов.

ница старых льдов наблюдалась у северных границ российских арктических морей. Однако в последующие пятилетия смещение границы стало более существенным. Так, граница старых льдов начала последовательно смещаться на север в пятилетие 2004–2008 гг. В пятилетие 2009–2013 гг. это смещение достигло наибольшей величины. В последнее пятилетие 2014–2018 гг. наблюдалась стабилизация положения границы, и даже некоторое ее смещение в южном направлении, менее выраженное в западной части сектора и более — в восточной части. Тем не менее, общая тенденция направление смещения южной границы старых льдов к северу сохранялось. В период с 2004 по 2018 гг. тенденция в изменении положения границы усилилась, что подтверждает выводы, полученные рядом исследователей, об ускорении процессов потепления и усиления их последствий в последние 10–15 лет [16, 17, 18].

Динамика положения южной границы дрейфующих льдов (старых и остаточных однолетних) в конце летнего периода.

На рисунке 5 приведено распределение ледяного покрова в сентябре в годы с малым (2012 г.) и большим количеством (2013 г.) старых и остаточных льдов. В первом случае их площадь в середине сентября составила 4754 тыс. км², а во втором — 5983 тыс. км². Величина более чем в 1200 тыс. км² хорошо иллюстрируют большую разницу в площади старых и остаточных однолетних льдов, которые могут

сохраняться после летнего таяния в СЛО даже в последнее десятилетие малой ледовитости (см. рис. 5).

Сохранившиеся льды оказывают большое влияние на формирование ледовых условий в СЛО в осенний период. Как уже отмечалось выше, их южная граница очерчивает акваторию моря, на которой в первую очередь начинается осеннее ледообразование. Кроме того, с началом осеннего ледообразования толщина этих льдов быстро увеличивается, а после 1 января нового года остаточные однолетние льды переходят в градацию двухлетних льдов, пополняя количество старых льдов. Увеличение толщины остаточных льдов происходит более значительно по сравнению с молодыми льдами осеннего образования. Эти льды играют важную роль в ледовом балансе морей последующего навигационного периода.

Для оценки изменения положения границы дрейфующих льдов (старых льдов и остаточных однолетних) в Евразийско-аляскинском секторе СЛО в конце летнего сезона за последние 20 лет была определена ее широта на меридианах с шагом по долготе в 10°. Как и в предыдущем случае (см. выше табл. 1), кроме основных статистик (среднего $\Gamma_{\text{ср}}$, минимального $\Gamma_{\text{мин}}$ и максимального $\Gamma_{\text{макс}}$ положения) были рассчитаны показатели изменчивости (амплитуда A и среднеквадратическое отклонение σ), которые дают возможность оценить разброс положения южной границы дрейфующих льдов. Рассчитанные характеристики сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Положение южной границы дрейфующих льдов на период максимального нарастания льда (апрель–май) на выбранных меридианах за ряд наблюдений 1999–2018 гг. (° с.ш.)

Параметр, °	Меридианы, ° долготы																					
	Восточная																		Западная			
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	170	160	150
$\Gamma_{\text{ср}}$	80,6	81,6	82,7	83,4	83,9	84,3	84,7	85,0	84,9	85,0	84,5	84,9	85,5	85,3	85,0	84,1	80,7	80,4	78,6	77,8	76,8	75,0
$\Gamma_{\text{мин}}$	79,0	80,0	80,5	80,5	80,0	82,0	82,0	81,5	78,8	81,9	81,0	77,5	79,5	78,5	77,5	76,5	74,0	73,5	73,0	72,0	71,5	71,0
$\Gamma_{\text{макс}}$	82,9	86,9	89,1	89,2	89,2	89,1	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	87,4	87,8	88,0	88,2	88,1
A	3,9	6,9	8,6	8,7	8,2	7,1	8,0	8,5	11,2	8,1	9,0	12,5	10,5	11,5	12,5	13,5	16,0	13,9	14,8	16,0	16,7	17,1
σ	1,0	1,8	2,1	2,2	2,1	1,9	2,3	2,3	2,7	2,6	3,0	3,7	3,2	3,6	4,0	4,6	5,3	4,8	4,3	4,2	4,2	4,3

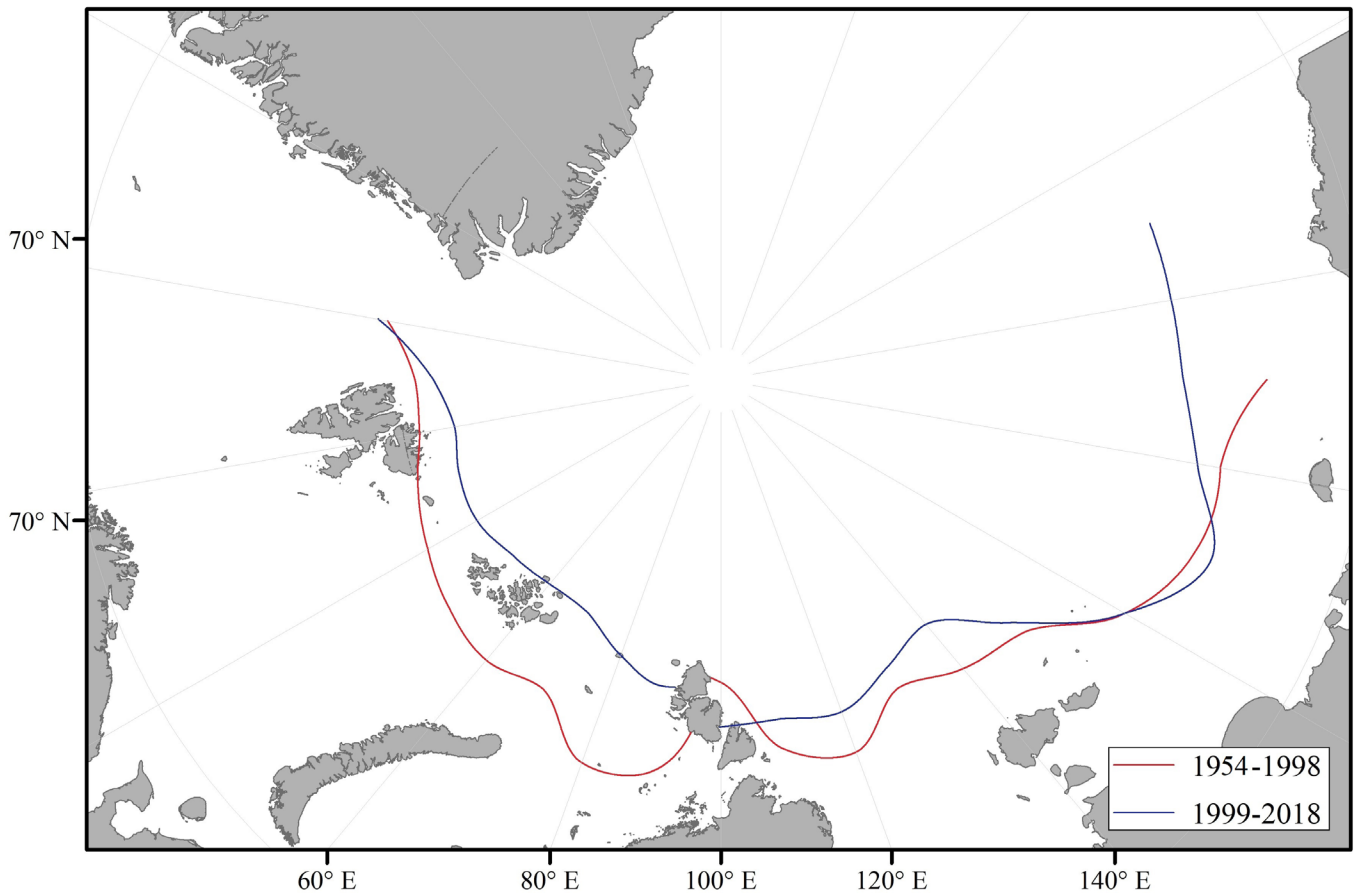


Рисунок 6 – Изменение положения южной границы дрейфующих льдов в сентябре для двух климатических периодов: 1954–1998 гг. (красная линия) и 1999–2018 гг. (синяя линия).

Как следует из таблицы 2, за последние 20 лет наблюдаются значительные изменения в положении южной границы дрейфующих льдов в конце летнего периода, которые увеличиваются с запада на восток. Если в западной части Евразийско-аласкинского сектора СЛО, в районе меридианов 0–60° в.д. изменения в положении южной границы льдов имеет амплитуду 2,0–7,0° по широте или 220–770 км, а среднее квадратическое отклонение составляет 0,6–1,9° широты или 70–220 км, то в восточной части изменения более существенны. Так, в районе меридианов 160° в.д. – 160° з.д. изменения в положении границы льдов по амплитуде составляет 9,0–16,0° по широте или 1000–1770 км, а среднее квадратическое отклонение — 2,0–4,0° широты или 220–440 км. Таким образом, изменения в положении южной границы дрейфующих льдов (старых и остаточных однолетних) в восточной части Евразийско-аласкинского сектора СЛО в 2 раза больше, чем в западной части.

Полученные данные позволяют также провести сравнительный анализ положе-

ния южной границы дрейфующих льдов в сентябре, в различные климатические периоды.

Положение южной границы дрейфующих льдов за предшествующий период 1954–1998 гг. [4, 15] и за период 1999–2018 гг. приведены на рисунке 6.

Сравнительный анализ положения границ дрейфующих льдов в разные климатические периоды показывает, что в последний двадцатилетний период с 1999 по 2018 гг. в Евразийско-аласкинском секторе СЛО наблюдается существенное смещение их южной границы на север (рис. 6). Это смещение одинаково хорошо проявляется как в западной, так и в восточной части рассматриваемого сектора и составляет 1,0–2,0° по широте или 110–220 км. Акватория океана, которая в предыдущий климатический период до 1999 г. в летний период была покрыта старыми и остаточными льдами, в два последних десятилетия полностью очищается ото льдов.

Для более детального анализа изменений в положении южной границы дрейфующих льдов в сентябре за период с

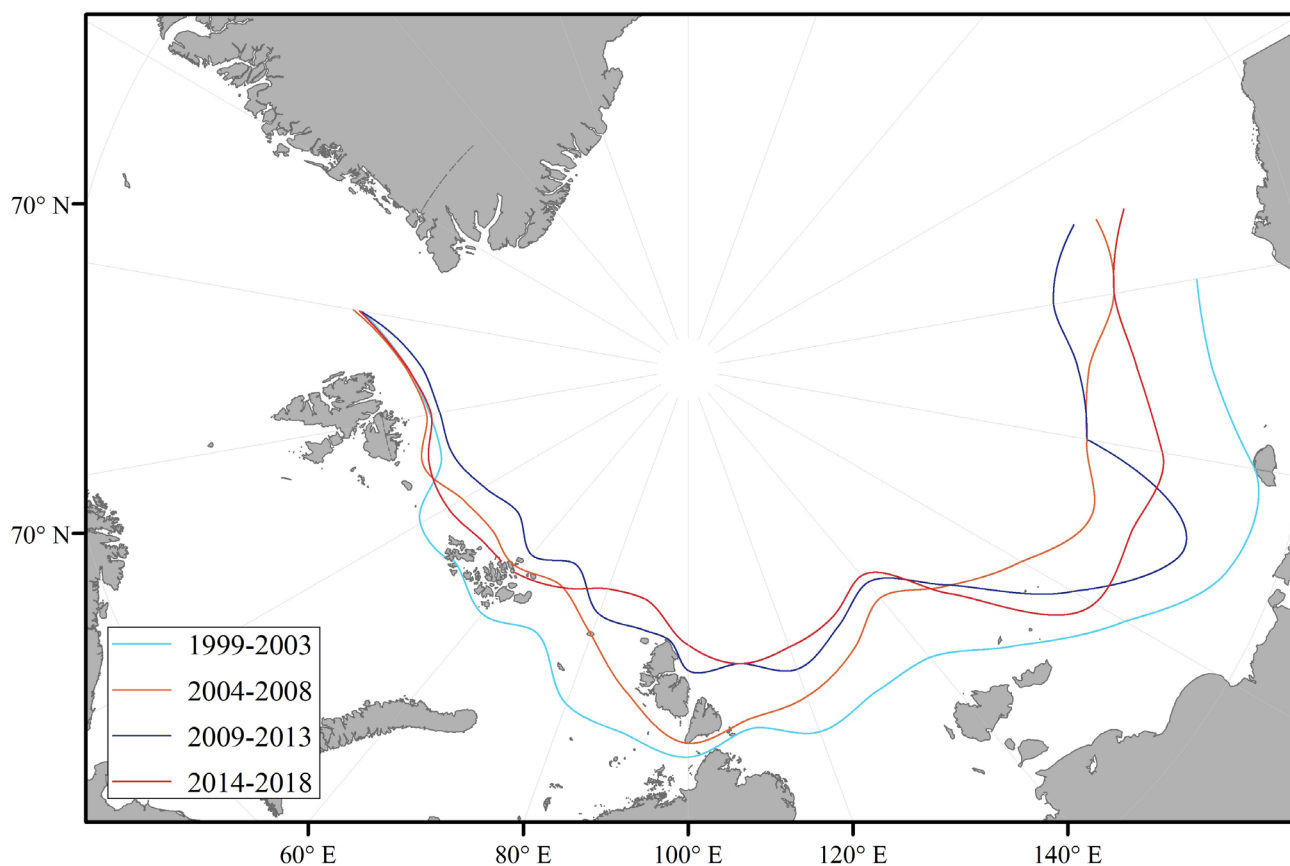


Рисунок 7 – Изменение положение границы дрейфующих льдов в СЛО в сентябре для четырех пятилетий за период 1999–2018 гг.: 1999–2003 гг. (бирюзовая линия), 2004–2008 гг. (оранжевая линия), 2009–2013 гг. (синяя линия) и 2014–2018 гг. (красная линия).

1999 по 2018 гг., исследуемый период был также разбит на четыре промежутка по 5 лет. Такая детализация позволила установить, как изменялось положение границы льдов внутри последнего двадцатилетнего периода. На рисунке 7 приведено положение границы дрейфующих льдов в конце летнего периода последовательно за пятилетия с 1999 по 2018 гг.

В первый пятилетний период 1999–2003 гг. смещение южной границы дрейфующих льдов было незначительным. Граница льдов устойчиво наблюдалась в северной части российских арктических морей. Однако в последующие пятилетия смещение границы льдов стало более существенным. Так, южная граница дрейфующих льдов в пятилетие 2004–2008 гг. существенно сместилась на север российских арктических морей и в море Бофорта. В 2009–2013 гг. граница льдов продолжила смещение на север и достигла своего экстремального положения во всех морях, кроме Восточно-Сибирского.

В последний выделенный пятилетний период 2014–2018 гг. наблюдались более сложные изменения. В этот период гра-

ница несколько опустилась в южном направлении в Баренцевом море, незначительно сместилась на север в морях Карском и Лаптевых и снова опустилась в южном направлении в восточной части Евразийско-аляскинского сектора СЛО.

Несмотря на это, общая тенденция к смещению южной границы старых и остаточных однолетних льдов к северу сохранялась. Граница дрейфующих льдов сместилась в северном направлении на 110–220 км и стала устойчиво наблюдаться в районе северных границ российских арктических морей.

Оценка отношения старых и однолетних льдов в общем составе льдов СЛО.

Вопрос о составе льдов в СЛО на момент их максимального накопления (апрель) вызывает большой интерес исследователей.

Так, старые льды в центральной части океана, у Гренландского и Североканадского побережья сохраняются после летнего таяния и переходят в новый цикл осенне-зимнего нарастания. Меж-

ду тем, в течение всего года и в летний сезон наблюдается сокращение некоторой части старых льдов в центральной части Арктического бассейна за счет их выноса в пролив Фрама, а также разрушения и замещения однолетними льдами. Поэтому основная часть старых льдов в СЛО носит условно постоянный характер.

Однолетние льды, особенно на акваториях арктических морей, от Баренцева моря до моря Бофорта, носят сезонный характер. Они появляются в осенний сезон ледообразования, нарастают в течение зимнего сезона, достигая значительных толщин (более 120 см, а в некоторых районах морей более 200 см), и полностью разрушаются в период летнего таяния. Только небольшая часть остаточных однолетних льдов, примыкающая к старым льдам в центральной части океана, может сохраняться до конца летнего сезона таяния, и после начала нового осеннего сезона пополнять количество старых льдов в океане. Роль остаточных однолетних льдов в СЛО очень велика, поскольку они являются основным поставщиком старых льдов.

До конца XX столетия в возрастном составе льдов преобладали старые льды. Переход к преобладанию однолетних льдов над старыми произошел в начале 2000-х гг. По некоторым оценкам это событие произошло в период 2002–2004 гг. [16, 17], согласно выводам других авторов — после 2004 г. [18]. Хотя все эти оценки получены экспертными методами или по результатам модельных расчетов, близость оценок скорее всего подтверждает их достоверность. Несколько настораживает короткий срок переходного периода, который составляет всего 1–2 года.

В последний климатический период было отмечено, что сокращение старых льдов и их замещение однолетними льдами в СЛО идет с возрастающей интенсивностью. Полученные целым рядом авторов оценки отношения старых и однолетних льдов показывают, что в настоящий момент времени в СЛО преобладают однолетние льды, составляющие от 60 до 70%. Часть старых льдов соответственно изменяется от 30 до 40% [12, 14, 16, 19].

Нами также была проведена эксперт-

ная оценка отношения старых и однолетних льдов в СЛО на момент максимального нарастания ледяного покрова (апрель) за ряд наблюдений 1978–2019 гг.

Площадь старых льдов, которые накапливаются в СЛО в апреле, оценивались из предположения, что они состоят из старых и остаточных однолетних льдов, сохранившихся в конце предшествующего летнего сезона таяния. Как уже упоминалось выше, остаточные однолетние льды, сохранившиеся после летнего таяния и вошедшие в новый цикл осенне-зимнего нарастания, после 1 января нового года становятся двухлетними льдами и, таким образом, пополняют количество старых льдов.

Следовательно, все льды, сохранившиеся после летнего таяния в сентябре (старые и остаточные однолетние), составят общее количество старых льдов, на момент их максимального накопления (в апреле). Единственным и очень важным условием этого предположения является обязательный учет выносимых льдов в пролив Фрама в результате дрейфа в осенне-зимний сезон (с сентября по апрель).

Общая площадь льдов, выносимых в среднем за месяц из центральной части Арктического бассейна в пролив Фрама, составляет около 67 тыс. км². Из них 40% составляют молодые и однолетние льды и 60% составляют старые льды [20]. Таким образом, за 7 месяцев с сентября по апрель площадь старых льдов в результате выноса в среднем уменьшается на 40 тыс. км² ежемесячно или на 280 тыс. км² за весь рассматриваемый осенне-зимний сезон. Отсюда следует, что площадь старых льдов в апреле будет равна площади старых и остаточных однолетних льдов в сентябре минус площадь старых льдов, вынесенных в пролив Фрама за период с сентября по апрель (280 тыс. км²). Доля молодых и однолетних льдов в СЛО в апреле составит разницу между общей площадью всех льдов в СЛО без площади старых льдов.

На рисунке 8 представлены кривые многолетнего хода изменения площадей старых и однолетних льдов в общей площади льда в СЛО в период максимального

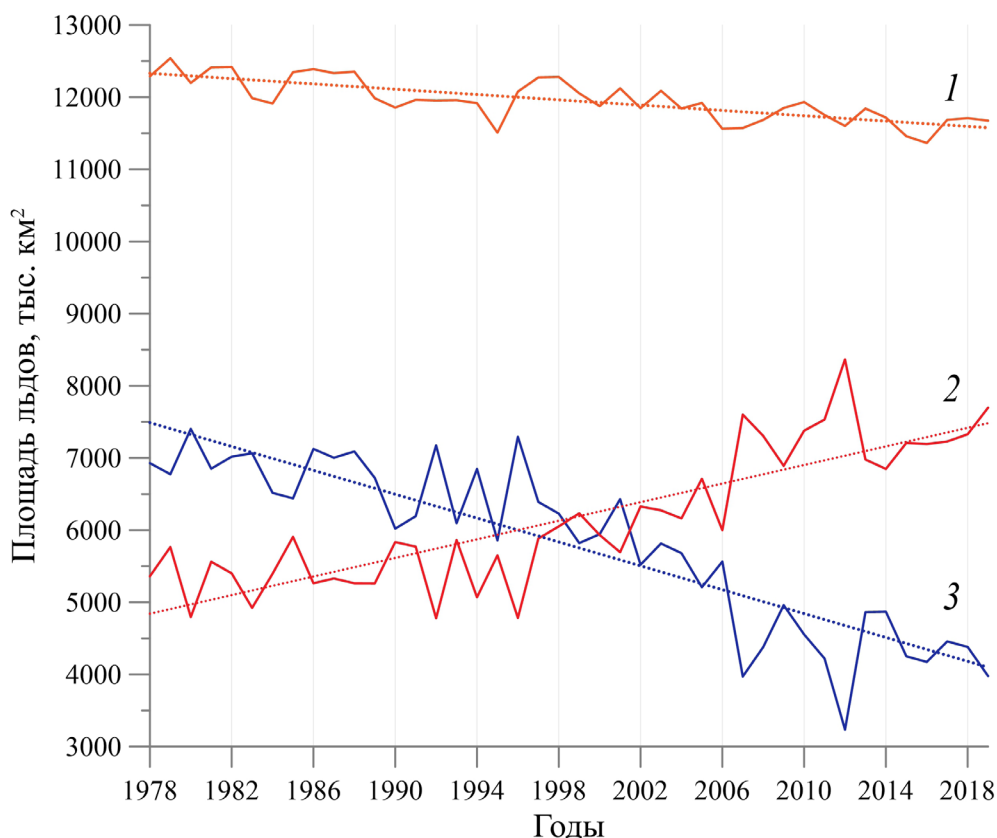


Рисунок 7 – Изменение положение границы дрейфующих льдов в СЛО в сентябре для четырех пятилетий за период 1999–2018 гг.: 1999–2003 гг. (бирюзовая линия), 2004–2008 гг. (оранжевая линия), 2009–2013 гг. (синяя линия) и 2014–2018 гг. (красная линия).

го накопления ледяного покрова (апрель). Ход кривых хорошо иллюстрирует тенденцию изменения доли старых и однолетних льдов в общем количестве льдов СЛО.

По ходу кривых можно выделить несколько характерных и важных периодов в развитии ледяного покрова СЛО:

- период до 1990 г., в котором наблюдается безусловное и значительное (до 2000 тыс. км²) преобладание старых льдов над однолетними,
- период с 1990 по 1997 гг., в течение которого также наблюдается преобладание старых льдов над молодыми, но величина этого преобладания значительно меньше (до 1000 тыс. км²),
- период с 1998 по 2001 гг., в течение которого наблюдается выравнивание количества старых и однолетних льдов в общем количестве льдов в СЛО,
- и, наконец, период с 2002 г. по настоящее время, в течение которого наблюдается устойчивое и все нарастающее преобладание однолетних льдов над старыми льдами.

Из приведенных данных следует, что, начиная с 2002 г., однолетние льды преоб-

ладают в СЛО, причем их преобладание носит нарастающий характер. В последнее пятилетие соотношение возрастного состава льдов между старыми и однолетними льдами в СЛО в конце зимнего сезона составляет примерно 37% и 63% соответственно.

Таким образом, в возрастном составе льдов СЛО наблюдаются кардинальные изменения. Если в период 1978–1997 гг. преобладали старые льды, то начиная с 2002 г., и по настоящее время преобладают однолетние и молодые льды, доля которых постоянно увеличивается. В настоящее время происходит постоянное и все нарастающее замещение старых льдов однолетними льдами. Это означает, что при сохранении нынешней тенденции, ледяной покров СЛО в скором времени может действительно стать сезонным как предполагают ряд авторов [16, 19].

Заключение

Проведенный анализ положения южной границы старых льдов за последние 20 лет показал, что наблюдается устойчивая тенденция смещения границы к северу. Это смещение менее выражено в за-

падной части Евразийско-аляскинского сектора СЛО (здесь оно составляет от 0 до 110 км) и более выражено в восточной части (от 300 до 550 км). На акватории СЛО, на которой ранее наблюдались старые льды, произошло их замещение однолетними льдами.

Проведенный анализ положения южной границы дрейфующих льдов (старых и остаточных однолетних) в сентябре за последние 20 лет показал, что наблюдаются устойчивая тенденция смещения границы к северу. Граница дрейфующих льдов сместилась в северном направлении на 110–220 км и стала устойчиво наблюдаться в районе северных границ российских арктических морей. Акватория СЛО, на которой ранее в летний период постоянно наблюдались дрейфующие льды, в два последних десятилетия полностью очищается ото льдов.

В возрастном составе льдов СЛО произошли кардинальные изменения. Если в период 1978–1997 гг. на момент максимального накопления льда (апрель) преобладали старые льды, то начиная с 2002 г. и по настоящее время наблюдается устойчивое преобладание однолетних и молодых льдов, количество которых постоянно увеличивается. В последнее пятилетие соотношение между старыми и однолетними льдами в СЛО в конце зимнего сезона составляет примерно 37% и 63% соответственно.

Полученные данные могут быть полезными для последующего сравнительного анализа состояния и распределения старых и однолетних льдов на акватории СЛО.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-60109.

Список литературы:

1. Смирнов В.Г., Бушуев А.В., Бычкова И.А., Захваткина Н.Ю., Лоцилов В.С. Спутниковый мониторинг морских льдов // Проблемы Арктики и Антарктики. 2019. Т. 85. № 2. С. 62–76.
2. Спутниковые методы определения характеристик ледяного покрова морей: практическое пособие / Под ред. В.Г. Смирнова. СПб.: Изд-во ААНИИ, 2011. 240 с.
3. Афанасьева Е.В., Алексеева Т.А., Соколова Ю.В., Демчев Д.М., Чуфарова М.С., Быченков Ю.Д., Девятаев О.С. Методика составления ледовых карт ААНИИ // Российская Арктика. 2019. Т. 7. С. 5–20.
4. Международная символика для ледовых морских карт и номенклатура морских льдов. Л.: Гидрометеиздат, 1984, с. 56.
5. Гудкович З.М., Кириллов А.А., Ковалев Е.Г., Сметанников А.В., Спичкин В.А. Основы методов долгосрочных прогнозов для арктических морей. Л.: Гидрометеиздат, 1972, с. 348.
6. Юлин А.В., Шаратунова М.В. Долгосрочный прогноз площади остаточных льдов в сентябре в Северном Ледовитом океане // Российская Арктика. 2018. № 2. С. 4–14.
7. Спичкин В.А., Тюряков А.Б., Юлин А.В. Характерные особенности осеннего ледообразования в морях сибирского шельфа // Труды ААНИИ. 1987. Т. 402. С. 103–121.
8. Архив обзорных ледовых карт Северного Ледовитого Океана на официальном сайте ААНИИ. URL: <http://www.aari.ru/projects/ECIMO/index.php> (дата обращения: 25.05.2020).
9. Информационные материалы по мониторингу морского ледяного покрова Арктики и Южного Океана на основе данных ледового картирования и пассивного микроволнового зондирования ледового картирования и пассивного микроволнового зондирования SSMR–SSM/I–SSMIS–AMSR2. URL: <http://wdc.aari.ru/resources/d0042> (дата обращения: 11.10.2019).
10. Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П., Ковалев Е.Г., Смоляницкий В.М. Научные исследования в Арктике, т. 2, Климатические изменения ледяного покрова морей Евразийского шельфа. СПб: «Наука», 2007, 136 с.
11. Алексеев Г.В., Александров Е.И., Глок Н.И., Иванов Н.Е., Харланенкова Н.Е., Юлин А.В. Эволюция площади морского ледяного покрова Арктики в условиях современных изменений климата // Исследование Земли из космоса. 2015. № 2. С. 5–19.
12. 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. 2019. № 7. С. 28–41.
13. Гудкович З.М., Карклин В.П., Миронов Е.У., Иванов В.В., Лосев С.М., Дымент Л.Н., Смоляницкий В.М., Фролов С.В., Юлин А.В., Усольцева Е.А. Развитие ледовых и метеорологических условий в Арктике в период 2007–2013 гг. // Проблемы Арктики и Антарктики. 2013. Т. 96. № 2. С. 90–103.
14. Третьяков В.Ю., Фролов С.В., Сарафанов М.И. Изменчивость ледовых условий плавания по трассам Северного морского пути за период 1997–2018 гг. // Проблемы Арктики и Антар-

- тики. СПб, 2019, том 65, № 3, с. 328-340. DOI: 10.30758/0555-2648-2019-65-3-328-340
15. Третьяков В.Ю., Сарафанов М.И., Фролов С.В. Межгодовая изменчивость ледовых условий плавания в морях Российской Арктики // Арктика: общество, наука и право: сб. статей / под ред. Н. К. Харламповеой. — СПб: С.-Петербур. гос. ун-т, 2020. С. 334-339
 16. Kwok R., Cunningham G.F., Wensnahan M., Rigor I., Zwally H.J., Yi D. Thinning and volume loss of the Arctic Ocean sea ice cover: 2003–2008 // *Journal of Geophysical Research*. 2009. Vol. 114. № C07005.
 17. Stroeve J.C., Serreze M.C., Holland M.M., Kay J.E., Malanik J., Barrett A.P. The Arctic's rapidly shrinking sea ice cover: a research synthesis // *Climatic Change*. 2011. Vol. 110. P. 1005–1027.
 18. Алексеев Г.В., Данилов А.И., Катцов В.М., Кузьмина С.И., Иванов Н.Е. Изменения площади морских льдов Северного полушария в XX и XXI веках по данным наблюдений и моделирования // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. 2009. Т. 45. № 6. С. 723–735.
 19. Иванов В. В., Алексеев В. А., Алексеева Т. А., Колдунов Н. В., Репина И. А., Смирнов А. В. Арктический ледяной покров становится сезонным? // *Исследование Земли из космоса*. 2013. № 4. С. 50–65.
 20. Егорова Е.С., Виноградная Е.С. Оценка дрейфа льда через пролив Фрама по результатам различных моделей // *Комплексные исследования Мирового океана. Материалы V Всероссийской научной конференции молодых ученых, г. Калининград, 18–22 мая 2020 г. (принята в печать)*.

References:

1. Smirnov V.G., Bushuev A.V., Bychkova I.A., Zahvatkina N.YU., Loshchilov V.S. Sputnikoviy monitoring morskikh l'dov [Satellite monitoring of the sea ice]. *Problemy Arktiki i Antarktiki [Arctic and Antarctic Research]*, 2019, vol. 85, no. 2, pp. 62–76. (In Russian).
2. Sputnikovye metody opredeleniya harakteristik ledyanogo pokrova morej [Satellite methods for determining the ice sea cover characteristics]. SPb.: Izd-vo AANII, 2011, 240 p. (In Russian).
3. Afanas'eva E.V., Alekseeva T.A., Sokolova YU.V., Demchev D.M., Chufarova M.S., Bychenkov YU.D., Devyataev O.S. Metodika sostavleniya ledovykh kart AANII [AARI methodology for sea ice charts composition]. *Rossiyskaya Arktika [Russian Arctic]*, 2019, vol. 7, pp. 5–20. (In Russian).
4. Mezhdunarodnaya simvolika dlya ledovykh morskikh kart i nomenklatura morskikh l'dov [International symbols on sea ice charts and sea ice nomenclature]. L.: Gidrometeoizdat, 1984, 56 p. (In Russian).
5. Gudkovich Z.M., Kirillov A.A., Kovalev E.G., Smetannikov A.V., Spichkin V.A. Osnovy metodov dolgosrochnykh prognozov dlya arkticheskikh morej [Basics of long-term forecasting methods for the Arctic seas]. L.: Gidrometeoizdat, 1972, 348 p. (In Russian).
6. Yulin A.V., Sharatunova M.V. Dolgosrochnyj prognoz ploshchadi ostatochnykh l'dov v sentyabre v Severnom Ledovitom okeane [Long-range forecast of residual ice area in the Arctic Ocean in September]. *Rossiyskaya Arktika [Russian Arctic]*, 2018, vol. 2, pp. 4–14. (In Russian).
7. Третьяков В.Ю., Фролов С.В., Сарафанов М.И. Изменчивость ледовых условий плавания по трассам Северного морского пути за период 1997-2018 гг. // *Проблемы Арктики и Антарктики*. СПб, 2019, том 65, № 3, с. 328-340. DOI: 10.30758/0555-2648-2019-65-3-328-340
8. Третьяков В.Ю., Сарафанов М.И., Фролов С.В. Межгодовая изменчивость ледовых условий плавания в морях Российской Арктики // *Арктика: общество, наука и право: сб. статей / под ред. Н. К. Харламповеой*. — СПб: С.-Петербур. гос. ун-т, 2020. С. 334-339
9. Spichkin V.A., Tyuryakov A.B., Yulin A.V. Harakternye osobennosti osennego ledoobrazovaniya v moryah sibirskogo shel'fa [Special features of autumn ice formation in the seas of the Siberian shelf]. *Trudy AANII [Proc. of AARI]*, 1987, vol. 402, pp. 103–121. (In Russian).
10. Arhiv obzornykh ledovykh kart Severnogo Ledovitogo Okeana na oficial'nom sajte AANII [Arctic overview ice charts archive available through the AARI official web-site]. (In Russian) Available at: <http://www.aari.ru/projects/ECIMO/index.php> (accessed 25.05.2020).
11. Informacionnye materialy po monitoringu morskogo ledyanogo pokrova Arktiki i YUzhnogo Okeana na osnove dannykh ledovogo kartirovaniya i passivnogo mikrovolnovogo zondirovaniya ledovogo kartirovaniya i passivnogo mikrovolnovogo zondirovaniya SSMR–SSM/I–SSMIS–AMSR2 [Monitoring of the Arctic and Southern Ocean sea ice cover on the basis of ice charting and SSMR-SSM/I-SSMIS-AMSR2 passive microwave information]. (In Russian). Available at: <http://wdc.aari.ru/resources/d0042/> (accessed 11.10.2019).
12. Frolov I., Gudkovich Z., Karklin V., Kovalev E., Smolyanitsky V. Climate Change in Eurasian Arctic Shelf Seas. Centennial Ice Cover Observations. Praxis Publishing Ltd. UK, Chichester, 2009, 164 p.
13. Alekseev G.V., Aleksandrov E.I., Glok N.I., Ivanov

E.S. Vinogradnyaya, E.S. Egorova, T.V. Sheveleva, A.V. Yulin

VARIABILITY OF THE SPRING OLD ICE AND FALL RESIDUAL ICE BOUNDARY IN THE ARCTIC OCEAN OVER THE CURRENT PERIOD OF CLIMATE CHANGES

- N.E., Harlanenkova N.E., Yulin A.V. Evolyuciya ploshchadi morskogo ledyanogo pokrova Arktiki v usloviyah sovremennyh izmenenij klimata [Arctic Sea Ice Cover in Connection with Climate Change]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa* [Earth exploration from space], 2015, no. 2, pp. 5–19. (In Russian).
14. Yulin A.V., Vyazigina N.A., Egorova E.S. Mezhgodovaya i sezonnaya izmenchivost' ploshchadi l'dov v Severnom Ledovitom okeane po dannym sputnikovyh nablyudenij [Interannual and seasonal variability of Arctic sea ice extent according to satellite observations]. *Rossijskaya Arktika* [Russian Arctic], 2019, no. 7, pp. 28–41. (In Russian).
 15. Gudkovich Z.M., Karklin V.P., Mironov E.U., Ivanov V.V., Losev S.M., Dymont L.N., Smolyanickij V.M., Frolov S.V., YULIN A.V., Usol'ceva E.A. Razvitie ledovyh i meteorologicheskikh uslovij v Arktike v period 2007–2013 gg. [Development of ice and weather conditions in the Arctic during 2007–2013]. *Problemy Arktiki i Antarktiki* [Arctic and Antarctic Research], 2013, vol. 96, no. 2, pp. 90–103. (In Russian).
 16. Kwok R., Cunningham G.F., Wensnahan M., Rigor I., Zwally H.J., Yi D. Thinning and volume loss of the Arctic Ocean sea ice cover: 2003–2008. *Journal of Geophysical Research*, 2009, vol. 114, № C07005.
 17. Stroeve J.C., Serreze M.C., Holland M.M., Kay J.E., Malanik J., Barrett A.P. The Arctic's rapidly shrinking sea ice cover: a research synthesis. *Climatic Change*, 2011, vol. 110, pp. 1005–1027.
 18. Alekseev G.V., Danilov A.I., Katcov V.M., Kuz'mina S.I., Ivanov N.E. Izmeneniya ploshchadi morskikh l'dov Severnogo polushariya v XX i XXI vekah po dannym nablyudenij i modelirovaniya [Changes in the Climate and Sea Ice of the Northern Hemisphere in the 20th and 21st Centuries from Data of Observations and Modeling]. *Izvestiya RAN. Fizika atmosfery i okeana* [Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics], 2009, vol. 45, no. 6, pp. 723–735. (In Russian).
 19. Ivanov V. V., Alekseev V. A., Alekseeva T. A., Koldunov N. V., Repina I. A., Smirnov A. V. Arkticheskij ledyanoj pokrov stanovitsya sezonnym? [Does Arctic Ocean Ice Cover Become Seasonal?]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa* [Earth exploration from space], 2013, no. 4, pp. 50–65. (In Russian).
 20. Egorova E.S., Vinogradnyaya E.S. Ocenka drejfa l'da cherez proliv Fram po rezul'tatam razlichnyh modelej [Sea ice drift estimation via the Fram Strait using the outcomes of various methods]. *Materialy V Vserossijskoj nauchnoj konferencii molodyh uchenyh «Kompleksnye issledovaniya Mirovogo okeana* [Proc. of V All-Russian Scientific Conference of young researchers «Global Ocean integrated exploration»]. Kaliningrad, 18–22 of May, 2020. (in print). (In Russian).

К ВОПРОСУ О СОХРАНЕНИИ ТРАДИЦИЙ НАЦИОНАЛЬНЫХ КУХОНЬ И ПИТАНИЯ НАРОДОВ РОССИЙСКОГО СЕВЕРА

У.М. Лебедева¹, Э.Н. Мингазова^{2,3}

¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», г. Якутск, Россия

²ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко», г. Москва, Россия

³ФГБУ ВО «Российский Национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова», г. Москва, Россия

✉ ulev@bk.ru, elmira_mingazova@mail.ru

В структуре питания населения, проживающего на северных и арктических территориях России, в течение последнего столетия произошли кардинальные изменения. Отход от традиционного типа питания населения привел к снижению в пищевых рационах белков и жиров, избыточному потреблению углеводов, что способствовало широкому распространению среди населения метаболической дезадаптации, формированию различных заболеваний. С целью выявления особенностей современных трансформаций в традициях питания народов, проживающих в этих территориях, был проведен социологический опрос профессионального сообщества работников общественного питания о происходящих изменениях в востребованности блюд национальной кухни и наблюдаемых трансформациях, происходящих в пищевой культуре городского населения (г. Якутск). Сотрудники предприятий общественного питания являются ключевыми специалистами в области популяризации культуры и традиций питания, поэтому результаты данного исследования дадут новый толчок к выработке механизма по подготовке конкурентоспособных специалистов для северных территорий Российской Федерации. Исследование выявило необходимость оптимизации питания населения Российского Севера, что на сегодняшний день требует мер государственной поддержки для популяризации традиционных рационов коренных народов при одновременном внедрении новых инновационных технологий переработки продуктов и блюд, совершенствования контроля качества производимой продукции, активной просветительской работы среди населения.

Ключевые слова: питание населения, национальная кухня, пищевая культура, метаболическая дезадаптация, трансформация, традиции питания народов, Российский Север.

ON THE ISSUE OF PRESERVING THE TRADITIONS OF NATIONAL CUISINES AND NUTRITION OF THE PEOPLES OF THE RUSSIAN NORTH

U.M. Lebedeva¹, E.N. Mingazova^{2,3}

¹FSBI HE North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

²FGBNU «N.A. Semashko National Research Institute of Public Health», Moscow, Russia

³FSBI HE «Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov», Moscow, Russia

In the structure of the nutrition of the population living in the northern and Arctic territories of Russia, dramatic changes have occurred over the past century. Departure from the traditional type of nutrition of the population led to a decrease in protein diets and fats in food diets, excessive consumption of carbohydrates, which contributed to the widespread metabolic maladaptation among the population, the formation of various diseases. In order to identify

U.M. Lebedeva, E.N. Mingazova

ON THE ISSUE OF PRESERVING THE TRADITIONS OF NATIONAL CUISINES AND NUTRITION OF THE PEOPLES OF THE RUSSIAN NORTH

the peculiarities of modern transformations in the nutritional traditions of the peoples living in these territories, a sociological survey of the professional community of public catering workers was conducted on the ongoing changes in the demand for dishes of national cuisine and the observed transformations taking place in the food culture of the urban population (Yakutsk). Employees of public catering enterprises are key specialists in the field of popularizing food culture and traditions, therefore the results of this study will give a new impetus to the development of a mechanism for training competitive specialists for the northern territories of the Russian Federation. The study revealed the need to optimize the nutrition of the population of the Russian North, which today requires government support measures to popularize the traditional diets of indigenous peoples while introducing new innovative technologies for processing foods and dishes, improving quality control of products, and active educational work among the population.

Keywords: population nutrition, national cuisine, food culture, metabolic maladaptation, transformation, peoples nutrition traditions, Russian North..

Статья получена: 22.05.2020

Принята к публикации: 09.07.2020

Опубликована онлайн: 09.07.2020

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Актуальность проблемы.

Одним из наиболее стабильных и устойчивых явлений, определяющих уровень развития общества на протяжении всей истории человечества, является этническая культура питания. Еда напрямую связана с эмоциональным миром человека и его самоидентификацией. Национальная кухня, как совокупность специфических представлений о пищевых предпочтениях народа, и в наши дни остается одним из ключевых факторов самосознания и идентичности представителей разных этносов, благодаря которым человек осознает себя частью той или иной культуры.

Процесс приготовления и принятия пищи лежит в основе многих общественных и межличностных отношений, с ним связаны важнейшие ритуалы и торжества в жизни человека, такие как рождение, свадьба, похороны. Зачастую, на фоне развивающейся глобализации и массовой миграции, пищевые предпочтения распространяются носителями культуры далеко за пределы собственной территории. При этом блюда национальной кухни способствуют идентификации страны или территории, остаются связующей нитью человека с исторической родиной и прочными проводниками семейных традиций. [1, 2, 3].

Пищевые предпочтения каждой

© U.M. Lebedeva, E.N. Mingazova

народности исторически формировались не только в зависимости от географического положения и экономического развития определенной территории, но также под влиянием культурных традиций и обычаев, определяющих образ жизни каждого этноса. Однако у различных народностей в результате расширения ассортимента доступных им пищевых продуктов на протяжении веков происходила вкусовая и качественная эволюция питания. Кроме того, в связи с изменением образа жизни и химического состава потребляемых блюд закономерно варьировало и количество используемых продуктов. Таким образом, несмотря на то, что с течением времени национальная специфика приготовления и приема пищи сохранялась значительно прочнее других видов материальной культуры, она также была подвержена значительным трансформациям, что обусловлено влиянием множества внешних условий на сложившиеся типы питания.

Вместе с тем, происходило постепенное нарастание влияния заимствований у других этносов, включение новых продуктов в повседневный рацион с последующей адаптацией, трансформацией и преобразованием в новые блюда. Особенно интенсивно происходят эти процессы в последние десятилетия. Поэтому

все отчетливее стала определяться задача своевременного выявления устойчивых тенденций к трансформации конкретной национальной кухни и принятие необходимых предупреждающих действий с целью сохранения идентичности и пищевой культуры определенной народности [4, 5].

Все выше сказанное, безусловно, характерно и для пищевой культуры коренных народов Российского Севера, которые на протяжении столетий сформировались как этнос, вели и ведут самобытный кочевой и полукочевой образ жизни на обширных территориях арктического и субарктического пространства. Стоит отметить, что благодаря сохранению традиционного образа жизни и особой хозяйственной деятельности большинство северных народностей на протяжении длительного времени поддерживали собственную этническую культуру питания неизменной. Исторически сложившееся проживание человека в северных условиях под воздействием целого ряда экстремальных факторов среды, таких как холод, сильные ветра, резкие перепады атмосферного давления и других, способствовало адаптации коренного населения к агрессивным условиям внешней среды, что в свою очередь отразилось на национальной кухне, повышающей адаптационные возможности организма [6, 7, 8, 9, 10].

Известно, что традиционная модель питания коренных народов Севера исторически основана на употреблении ими пищи, добытой в условиях дикой природы, таких как мясо животных, дичь, рыба, ягоды и растения. Чаще всего данная пища употреблялась в свежем, сыром либо замороженном виде, без какого-либо теплового воздействия. Поэтому вплоть до начала 1920-х годов в их питании преобладали продукты, связанные с охотой, оленеводством и рыболовством, очень редко использовались привозные мука и крупы, которые могли позволить себе лишь наиболее состоятельные семьи. В связи с чем у северных народностей сложился определенный тип метаболизма, для которого характерно высокое содержание в рационе белков и липидов [11, 12, 13].

Однако произошедшие в двадцатом

столетии в России фундаментальные экономические, политические и социальные преобразования, кардинально повлияли на развитие Севера и, естественно, отразились на этнической культуре и традиционном питании народов, живущих на этих территориях. Освоение северных территорий, рост хозяйственных и межкультурных контактов, модернизация технологий приготовления пищи, модификация набора продуктов способствовали значительной трансформации рациона коренных народов и максимальному его приближению к европейскому типу. [14, 15, 16, 17].

За последние 100 лет характер питания народов Севера резко изменился за счет существенного увеличения углеводной составляющей, при этом доля белка и жира значительно снизилась. Пища коренного населения на сегодняшний день не отличается достаточным разнообразием, в ней преобладают высококалорийные пищевые продукты с низким содержанием витаминов и минеральных веществ, также увеличилось потребление консервированных продуктов, фастфудов.

По мнению ученых-медиков нарушения принципов этнического питания коренными народами Севера является причиной высокой распространенности среди населения метаболических нарушений, эндокринной патологии, заболеваний сердечно-сосудистой системы, злокачественных новообразований. Причем в последние десятилетия происходит значительный рост показателей заболеваемости населения по данным классам болезней, что, безусловно, сказывается на региональных медико-демографических процессах [18, 19, 20].

Среди городского населения, проживающего на северных и арктических территориях, наиболее стремительно происходят пищевые трансформации, в том числе переход с традиционного на европейский тип питания. Сегодня данные изменения в первую очередь определяют работники предприятий общественного питания, выявляя каждый день пищевые предпочтения посетителей столовых, кафе, ресторанов.

Цель исследования:

на основании социологического иссле-

дования профессионального сообщества работников общественного питания оценить происходящие изменения в востребованности блюд национальной кухни народов и наблюдаемых трансформациях, происходящих в пищевой культуре населения г. Якутска.

Материалы и методы.

В социологическом исследовании были использованы анкеты, разработанные социологами совместно с этнографами и медицинскими работниками. В опросе приняли участие 256 работников системы общественного питания города Якутска: 6 ресторанов, 6 кафе, 4 столовых, 2 чайных. При выборе предприятий общественного питания учитывали наличие в меню блюд северных народов.

Результаты исследования.

Абсолютное большинство участников опроса (87,5%) указало, что на предприятиях общественного питания, где они работают, готовятся фирменные национальные блюда, являющие воплощение многовековой культуры и традиций народов Арктики и Субарктики. Из их числа наиболее популярными у посетителей являются мясные блюда, в том числе из жеребятины, оленины, зайчатины и дичи (харта, буотарак миинэ, кровяная колбаса (хаан), халахатыы, ойогос); затем следуют рыбные блюда (строганина, вяленая рыба, юкола, жареные караси, салат из мороженой рыбы «Индибирка»); мучные и кондитерские изделия (оладьи, лепешки, лапша, саламат), блюда с добавлением дикорастущих ягод и трав (брусника, смородина, голубика, земляника, морошка, клюква, дикий лук, щавель), в том числе – чай и напитки со сбором полезных трав и ягод. И наконец, посетители часто заказывают молочную и кисломолочную продукцию (суорат, куерчэх, кумыс, суумэх, чохоон (масло, сбитое с молоком и ягодами), кэбуэр (масло, сбитое с молоком до образования густого крема), ымдаан, сүүмэх (сыр), уут урумэтэ).

На вопрос о том, отмечают ли работники индустрии питания изменения в национальной пищевой культуре населения Якутии и народов Севера за последние

5-6 лет, 84,4% респондентов ответили положительно. Половина из них указали, что население стало больше употреблять полуфабрикаты, 12,3% отмечают сокращение потребления мясных блюд и увеличение популярности кондитерских изделий, 18,7% заметили рост популярности овощей и фруктов, в том числе и при приготовлении блюд. Лишь 6,7% опрошенных не заметили существенных изменений в предпочтениях своих клиентов за последние годы.

Большинство опрошенных отметило, что в основном клиенты их учреждений общественного питания предпочитают европейскую и восточную кухню. Среди наиболее популярных блюд, выбираемых клиентами, были отмечены купажоу, хинкали, хачапури, салаты. Критериями выбора у клиентов в абсолютном большинстве являются яркий, специфичный вкус и большие объемы (порции) блюд из предлагаемого меню. Однако, 9,4% опрошенных сотрудников общественного питания отметили, что посетители выбирают указанные блюда из-за любопытства, интереса, так как не пробовали эти блюда ранее. Есть мнения посетителей, что купажоу, хинкали, хачапури, салаты являются национальными блюдами народов Севера.

Особый интерес вызывают результаты ответов на вопросы, связанных с проведением национального праздника Ысыах. По обыкновению, он отмечается в дни летнего солнцестояния и сопровождается обрядом молений, танцами, народными играми и соревнованиями, а также обильным угощением. По мнению половины опрошенных именно еда играет ключевую роль в специфике и разнообразии проведения программ празднования Ысыаха. Однако не все предприятия общественного питания, принимающие участие в организации массовых мероприятий, связанных с празднованием Ысыаха, представляют на них блюда национальной кухни, а лишь 46,7% из их числа. Вместе с тем, у посетителей открытых праздничных площадок наибольшей популярностью, как отметили 62,5% респондентов, пользуются национальные блюда из мяса.

Наиболее важным фактором популяризации и расширения использования блюд национальной кухни 43,7% респондентов назвали доступность необходимых продуктов, фактическое их наличие на проживаемой территории. Другим, не менее важным фактором популяризации, по мнению 34,4%, опрошенных является яркий, насыщенный вкус блюд и экологическая чистота продуктов, а также возможность обработки и хранения специфических продуктов, наличие умений и знаний вариаций приготовления из них национальных блюд. В тоже время, 12,5% респондентов указали, что для популяризации имеет значение возможность приобретения северных продуктов в других регионах, а 18,7% участников опроса основным фактором популяризации северной кухни назвали непосредственное знакомство с блюдами, их опробование во время пребывания на Севере. Вместе с тем, 18,7% респондентов считают, что современными особенностями региональной пищевой культуры последних лет является заимствование в приготовлении блюд из различных кухонь народов Севера.

Главными отличиями национальной кухни народов Российского Севера, по мнению большинства респондентов, являются:

- простота в приготовлении большинства блюд, отсутствие трудоемкости в обработке продуктов,
- большая зависимость от сезона года при использовании натуральных продуктов питания (дичь, рыбы, ягоды, молоко),
- высокая калорийность национальных блюд, высокое содержание жирового и белкового компонентов,
- умение использовать внутренности (потроха, хатта) животных, рыб и птиц,
- широкое использование сырых продуктов (жеребятина, печень, рыба).

Основными преимуществами национальной кухни народов Российского Севера профессионалами общественного питания были названы: отнесение большинства блюд к категории здоровой и полезной для здоровья пищи; соответствие блюд привычному в регионе ритму и

образу жизни; уникальность национальных блюд, способствующая идентификации и выделению этносов (народов), проживающих на Севере испокон веков.

Технические сложности для регулярного приготовления и популяризации национальных блюд, по мнению большинства респондентов, проявляются:

- в большой зависимости от сезона года и невозможности приготовления традиционных блюд в течение всего года;
- в частой необходимости замещения в силу различных причин продуктов, необходимых для приготовления национальных блюд, что существенно меняет их конечный вкус;
- в излишней калорийности блюд, что снижает их востребованность среди населения, стремящегося к снижению или удержанию нормальной массы тела;
- в экспериментах по изменению технологии приготовления еды, что ведет к утрате уникальности национальных блюд.

Большинство опрошенных считают, что северная кухня может представлять интерес по ее продвижению только на территориях регионов Российской Федерации или стран бывшего СССР. Лишь 6,3% респондентов считают, что кухня якутская и других народов Российского Севера может представлять интерес для представителей народов, проживающих в дальнем зарубежье. При этом работники общественного питания отмечают, что наибольший интерес у посетителей из разных стран вызывают рыбные, кисломолочные и молочные блюда северных народов.

Основной причиной отсутствия или редкого применения блюд кухонь народов Севера на других не северных территориях профессионалы регионального общепита назвали невозможность приобретения необходимых для приготовления продуктов, а также отсутствие в северных регионах предприятий по изготовлению полуфабрикатов. Многие предполагают, что другие народы в принципе не знают о существовании национальной кухни народов Севера и считают, что в целях популяризации традиционной северной

кухни должна вестись специальная политика на федеральном и региональном уровнях, которая на сегодняшний день еще не разработана.

Участники социологического опроса также указали на риски, которые могут привести к исчезновению национальной кухни народов Севера. По мнению 21,9% опрошенных это изменение климата, и ухудшение экологической обстановки; 28,1% озабочены проблемами влияния частых в последние годы природных катаклизмов: наводнений, лесных пожаров, что, по их мнению, приводит к нарушению баланса сохранения рыб, дичи, а также содержания домашних животных. В то же время для 18,8% респондентов основная угроза сохранению национальной кухни представляется в недостаточной поддержке национальных традиций со стороны органов власти и общественных организаций. Однако 37,5% участников опроса убеждены, что в сохранении традиций и популяризации национальной северной кухни ничего не угрожает.

В заключении участники опроса оценили ближайшие перспективы развития культуры питания народов Российской Федерации на предстоящие 10-15 лет. Для 43,8% опрошенных вызывает опасение возможный рост цен на традиционные виды продуктов, что по их мнению может привести к масштабному потреблению более доступных, привозных продуктов питания. По мнению 25,0% респондентов в регионах Севера будет интенсивно развиваться перерабатывающая промышленность, что приведет к выпуску разнообразных полуфабрикатов, следовательно, натуральные продукты будут потребляться в меньших количествах. Интересно мнение 21,9% опрошенных, которые считают, что из-за климатических изменений сократится количество диких животных, дичи и рыбы, что существенно скажется на разнообразии традиционной кухни. Вместе с тем, другие 21,9% опрошенных счита-

ют, что каких-либо существенных изменений не произойдет.

Заключение. Таким образом, проведенное социологическое исследование среди работников общественного питания по изучению мнения об изменениях в востребованности блюд национальной кухни северных народов и наблюдаемых трансформациях, происходящих в пищевой культуре городского населения, демонстрирует значительное снижение использования традиционной национальной кухни коренных народов Севера. Серьезные изменения в структуре рациона населения, проживающего на северных территориях, свидетельствуют о перестройке типа питания, значительно отличающегося от традиционного характера питания населения Севера. Отход от традиционного характера питания характеризуется снижением в рационе наиболее биологически ценных белков и жиров наряду с избыточным потреблением углеводов, что приводит к развитию метаболической дезадаптации, формированию различных заболеваний.

Сотрудники предприятий общественного питания являются ключевыми специалистами в области популяризации культуры и традиций питания, поэтому результаты данного исследования дадут новый толчок к выработке механизма по подготовке конкурентоспособных специалистов для северных территорий Российской Федерации. Вместе с тем, исследование выявило необходимость оптимизации питания населения Севера, что на сегодняшний день требует мер государственной поддержки для популяризации традиционных рационов коренных народов при одновременном внедрении новых инновационных технологий переработки продуктов и блюд, совершенствования контроля качества производимой продукции, активной просветительской работы среди населения.

Список литературы:

1. Павловская А.В. Нужна ли нам наука о еде? // Еда и культура. По материалам I Международного научно-практического симпозиума «Традиционная культура в современном мире. История еды и традиции питания народов мира». Москва. 2015. С. 7-43.
2. Моисеева Д.П. «Oulivo» как идентификатор прованса в языке Ф. Мистралья // Вестник Московского университета. Серия 19: лингвистика и межкультурная коммуникация. 2019. № 3. С. 68-76.
3. Андреева Л.А., Хопияйнен О.А., Филимонова Н.В. Национальная кухня как фрагмент этнической идентичности. Историческая и социально-образовательная мысль. 2017. Том. 9. № 6. Часть 1. С. 121-126.
4. Арутюнов С.А. Этнография питания народов стран зарубежной Азии. М: Издательство Наука, 1981. С. 6-13.
5. Донченко, Л. В. Безопасность пищевой продукции. В 2 ч. Часть 1: учебник для академического бакалавриата / Л. В. Донченко, В. Д. Надыкта. — 3-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт. 2018. С. 19-25.
6. Фролова А.В. Русская северная кухня: традиции и современные тенденции // Еда и культура. По материалам I Международного научно-практического симпозиума «Традиционная культура в современном мире. История еды и традиции питания народов мира». Москва. 2015. С. 167-172.
7. Батулин А.К., Погожева А.В., Кешабянц Э.Э., Старовойтов М.Л., Кобелькова И.В., Камбаров А.О. Изучение питания, антропометрических показателей и состава тела у коренного и пришлого населения Российской Арктики // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 5. С. 11-16.
8. Роббек Н.С., Барашкова А.И., Решетников А.Д., Румянцева Т.Д., Саввин Р.Г. Роль оленины в питании коренного населения Севера // Аграрный вестник Урала. 2015. № 9 (139). С. 25-31.
9. Hassan A.A., Sandanger T.M., Brustad M. Selected vitamins and essential elements in meat of semi-domesticated reindeer (*Rangifer tarandus tarandus* L.) in mid- and northern Norway: Geographical variations and effect of animal population density // *Nutrients*. 2012. Vol. 4. P. 724-739.
10. Чашин В.П., Гудков А.Б., Попова О.Н., Одланд Ю.О., Ковшов А.А. Характеристика основных факторов нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике // *Экология человека*. 2014. № 1. С. 3-12.
11. Василенко Т.Ф., Муравьев В.В. Алиментарный комплекс культуры и формирование трудовых способностей человека // *Национальное здоровье*. 2019. № 3. С. 125-130.
12. Лебедева У.М. Основы рационального питания населения Якутии: монография // У.М. Лебедева, А.Ф.Абрамов. Якутск: Издательский дом СВФУ. 2015. 248 с.
13. Борисова И.З., Лебедева У.М., Винокурова Д.М., Винокурова А.А., Борисов Д.В., Осипова О.М. Алиментарная культура народов Якутии и феномен холода // В сборнике: Традиционная культура в современном мире. История еды и традиции питания народов мира материалы IV международного научно-практического симпозиума. 2019. С. 85-94.
14. Истомин А.В., Федина И.Н., Шкурихина С.В., Кутакова Н.С. Питание и север: гигиенические проблемы арктической зоны России (обзор литературы) // *Гигиена и санитария*. 2018. Т. 97. № 6. С. 557-563.
15. Rautio A., Poppel B., Young K. Human Health and WellBeing. In book: Arctic Human Development Report II - Regional Processes and Global Linkages // *Tema Nord*. 2014. P. 297-346.
16. Виноградова С.Н. Формирование государственной политики в отношении коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока: ретроспективный анализ // *Труды Кольского научного центра РАН*. 2010. С. 127-139.
17. Хамнагадаев И.И., Поликарпов Л.С., Ганкин М.И., Карпов Р.С. Питание коренного сельского населения Севера // *Терапевтический Архив*. 2003. Т.75. № 1. С. 34-37.
18. Лебедева У.М., Дохунаева А.М., Захарова Л.С. Питание и здоровье населения, проживающего в экстремальных условиях Арктики и Субарктики // *Проблемы сохранения здоровья и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Арктике: материалы II международной научно-практической конференции под ред. С.А.Горбанева, Н.М.Фроловой*. СПб.: Издательско-полиграфическая компания «Коста». 2019. С. 98-103.
19. Nilsson L.M., Destonuni G., Berner J., Dudarev A., Mulvad G., Odland J.O., Rautio A., Tikhonov, C., B. Evengård. A call for urgent monitoring of food and water security based on relevant indicators for the Arctic // *AMBIO A Journal of the Human Environment*. 2013. Vol. 42. P. 816-822.
20. Дедкова Л.С., Дедков К.В. Необходимость введения в меню образовательных организаций Ненецкого автономного округа традиционных блюд из северных пород рыб // В сборнике: Наука и образование материалы VI Международной научно-практической конференции. Научно-образовательное учреждение «Вектор науки». 2016. С. 26-27.

References:

1. Pavlovskaya A.V. Nuzhna li nam nauka o yede? [Do we need food science?] // Yeda i kul'tura. Po materialam I Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo simpoziuma «Traditsionnaya kul'tura v sovremennom mire. Istoriya yedy i traditsii pitaniya narodov mira». [Food and culture. Based on the materials of the I International Scientific and Practical Symposium "Traditional Culture in the Modern World. The history of food and nutrition traditions of the peoples of the world]. Moscow. 2015. pp. 7-43. (In Russian).
2. Moiseeva D.P. «Oulivo» kak identifikator provansa v yazyke F. Mistralya ["Oulivo" as an identifier of Provence in the language of F. Mistral] // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 19: lingvistika i mezhkul'turnaya kommunikatsiya. [Bulletin of Moscow University. Series 19: Linguistics and Intercultural Communication]. 2019. No 3. pp. 68-76. (In Russian).
3. Andreeva L.A. Hopiyaynen O.A., Filimonova N.V. Natsional'naya kukhnya kak fragment etnicheskoy identichnosti. [National cuisine as a fragment of ethnic identity]. Istoricheskaya i sotsial'no-obrazovatel'naya mysl'. [Historical and socio-educational thought]. 2017. Vol. 9. No. 6. Part 1. pp. 121-126. (In Russian).
4. Arutyunov S.A. Etnografiya pitaniya narodov stran zarubezhnoy Azii. [Ethnography of the nutrition of the peoples of foreign countries of Asia]. M: Izdatel'stvo Nauka [M: Publishing House Science], 1981. pp. 6-13. (In Russian).
5. Donchenko, L. V. Bezopasnost' pishchevoy produktsii. V 2 ch. Chast' 1: uchebnik dlya akademicheskogo bakalavriata. [Food safety. At 2 parts, Part 1: a textbook for academic undergraduate] / L.V. Donchenko, V.D. Nadykta. - 3rd ed., Rev. and add. M.: Publishing house Yurayt. 2018. pp. 19-25. (In Russian).
6. Frolova A.V. Russkaya severnaya kukhnya: traditsii i sovremennyye tendentsii. [Russian northern cuisine: traditions and modern trends] // Yeda i kul'tura. Po materialam I Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo simpoziuma «Traditsionnaya kul'tura v sovremennom mire. Istoriya yedy i traditsii pitaniya narodov mira». [Food and Culture. Based on the materials of the I International Scientific and Practical Symposium "Traditional Culture in the Modern World. The history of food and the nutritional traditions of the peoples of the world"] Moscow. 2015. pp. 167-172. (In Russian).
7. Baturin A.K., Pogozeva A.V., Keshabyants E.E., Starovoitov M.L., Kobelkova I.V., Kambarov A.O. Izucheniye pitaniya, antropometricheskikh pokazateley i sostava tela u korennykh i prishlogo naseleniya Rossiyskoy Arktiki. [The study of nutrition, anthropometric indicators and body composition in the indigenous and alien population of the Russian Arctic] // Voprosy pitaniya. [Nutrition issues]. 2017.V. 86. No. 5. pp. 11-16. (In Russian).
8. Robbek N.S., Barashkova A.I., Reshetnikov A.D., Rumyantseva T.D., Sawin R.G. Rol' oleniny v pitanii korennykh naseleniya Severa. [The role of venison in the nutrition of the indigenous population of the North] // Agrarnyy vestnik Urala. [Agrarian Bulletin of the Urals]. 2015. No. 9 (139). pp. 25-31. (In Russian).
9. Hassan A.A., Sandanger T.M., Brustad M. Selected vitamins and essential elements in meat of semi-domesticated reindeer (*Rangifer tarandus tarandus* L.) in mid- and northern Norway: Geographical variations and effect of animal population density. *Nutrients*, 2012, vol. 4, pp. 724-739.
10. Chashchin V.P., Gudkov A.B., Popova O.N., Odland Yu.O., Kovshov A.A. Kharakteristika osnovnykh faktorov narusheniya zdorov'ya naseleniya, prozhivayushchego na territoriyakh aktivnogo prirodopol'zovaniya v Arktike. [Description of the main factors of health disorders of the population living in the territories of active nature management in the Arctic] // *Ekologiya cheloveka*. [Human Ecology]. 2014. No. 1. pp. 3-12. (In Russian).
11. Vasilenko T.F., Muravyov V.V. Alimentarnyy kompleks kul'tury i formirovaniye trudovykh sposobnostey cheloveka. [Alimentary cultural complex and the formation of human labor abilities] // *Natsional'noye zdorov'ye*. [National Health]. 2019. No 3. pp. 125-130. (In Russian).
12. Lebedeva U.M. Osnovy ratsional'nogo pitaniya naseleniya Yakutii: monografiya [The basics of a balanced diet for the population of Yakutia: monograph] // U.M. Lebedeva, A.F. Abramov. Yakutsk: Izdatel'skiy dom SVFU. [Lebedeva U.M. / U.M. Lebedeva, A.F. Abramov. Yakutsk: NEFU Publishing House]. 2015. 248 p. (In Russian).
13. Borisova I.Z., Lebedeva U.M., Vinokurova D.M., Vinokurova A.A., Borisov D.V., Osipova O.M. Alimentarnaya kul'tura narodov Yakutii i fenomen kholoda. [Alimentary culture of the peoples of Yakutia and the phenomenon of cold] // V sbornike: Traditsionnaya kul'tura v sovremennom mire. Istoriya yedy i traditsii pitaniya narodov mira materialy IV mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo simpoziuma. [In the collection: Traditional culture in the modern world. The history of food and nutrition traditions of the peoples of the world materials of the IV international scientific and practical symposium]. 2019. pp. 85-94. (In Russian).
14. Istomin A.V., Fedina I.N., Shkurikhina S.V., Kutakova N.S. Pitaniye i sever: gigiyenicheskiye problemy arkticheskoy zony Rossii (obzor literatury). [Nutrition and the North: Hygiene Problems in the Arctic Zone of Russia (literature review)] // *Gigiyena i sanitariya*. [Hygiene and Sanitation]. 2018.Vol. 97. No. 6. pp. 557-563. (In Russian).
15. Rautio A., Poppel B., Young K. Human Health and WellBeing. In book: Arctic Human Development Report II - Regional Processes and Global Linkages. Tema Nord, 2014, pp. 297-346.
16. Vinogradova S.N. Formirovaniye gosudarstvennoy politiki v otnoshenii korennykh malochislennykh

- narodov Severa, Sibiri i Dal'nego Vostoka: retrospektivnyy analiz. [The formation of state policy in relation to the indigenous peoples of the North, Siberia and the Far East: a retrospective analysis] // Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN. [Transactions of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences]. 2010. pp. 127-139. (In Russian).
17. Khamnagadaev I.I., Polikarpov L.S., Gankin M.I., Karpov R.S. Pitaniye koren'nogo sel'skogo naseleniya Severa. [Nutrition of the indigenous rural population of the North] // Terapevticheskiy Arkhiv. [Therapeutic Archive]. 2003. V. 75. No. 1. pp. 34-37. (In Russian).
18. Lebedeva U.M., Dokhunayeva A.M., Zakharova L.S. Pitaniye i zdorov'ye naseleniya, prozhivayushchego v ekstremal'nykh usloviyakh Arktiki i Subarktiki [Nutrition and health of the population living in extreme conditions of the Arctic and Subarctic] // Problemy sokhraneniya zdorov'ya i obespecheniya sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Arktike: materialy II mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii pod red. S.A.Gorbaneva, N.M.Frolovoy. SPb.: Izdatel'sko-poligraficheskaya kompaniya «Kosta» [Problems of maintaining health and ensuring sanitary and epidemiological well-being of the population in the Arctic: materials of the II international scientific and practical conference / ed. S.A. Gorbaneva, N.M. Frolova. - SPb.: Publishing and printing company "Costa"]. 2019. pp. 98-103. (In Russian).
19. Nilsson L.M., Destonuni G., Berner J., Dudarev A., Mulvad G., Odland J.O., Rautio A., Tikhonov, C., B. Evengård. A call for urgent monitoring of food and water security based on relevant indicators for the Arctic. *AMBIO A Journal of the Human Environment*, 2013, vol. 42. pp. 816-822.
20. Dedkova L.S., Dedkov K.V. Neobkhodimost' vvedeniya v menyuu obrazovatel'nykh organizatsiy Nenetskogo avtonomnogo okruga traditsionnykh blyud iz severnykh porod ryb. [The need to introduce traditional dishes from northern fish species into the menu of educational organizations of the Nenets Autonomous Okrug] // V sbornike: Nauka i obrazovaniye materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Nauchno-obrazovatel'noye uchrezhdeniye «Vektor nauki». [In the collection: Science and Education, materials of the VI International Scientific and Practical Conference. Scientific and educational institution "Vector of Science"]. 2016. pp. 26-27. (In Russian).

«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.