



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Комплексного Управления Прибрежными Зонами
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(выпускная квалификационная работа)

На тему: Использование трассы Северного Морского Пути
с учетом различных ледовых условий

Исполнитель: Кушманбетов Ильшат Аликович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель доктор географических наук, профессор
(ученая степень, ученое звание)

Малинин Валерий Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

кандидат географических наук, доцент кафедры комплексного управления
прибрежными зонами
(ученая степень, ученое звание)

Плинка Николай Леонидович
(фамилия, имя, отчество)

«___» _____ 20__ г

Санкт-Петербург
2019

Оглавление

Сокращения.....	3
Введение.....	4
Глава 1.Определение Северного морского пути.....	6
1.1. История научного обеспечения судоходства в Арктике.....	13
1.2. Морские арктические грузоперевозки по СМП в XX веке.....	25
1.3. Морские перевозки по СМП на рубеже XX – XXI веков....	29
2. Построение маршрута с учетом различных ледовых условий.....	32
2.1. Изменение ледовых условий и продолжительности навигационного периода.....	41
2.2. Сроки наступления ледовых явлений в Арктических морях по данным полярных станций.....	43
3. Изменение климата Арктики и ПРМЛ.....	54
3.1. Факторы, влияющие на изменение площади морского льда.....	59
3.2. Вероятные последствия изменений ледяного покрова Северного Ледовитого океана.....	62
Заключение.....	66
Список используемых источников.....	67

Сокращения

СМП – Северный морской путь.

АСМП – Администрация Северного морского пути.

ААНИИ – Арктический и антарктический научно-исследовательский институт.

НГО – Навигационно-гидрографического обеспечения.

ПНП – Продолжительность навигационного периода.

ПРМЛ – Площадь распространения морского льда.

Введение

Изучение и освоение Арктики и Крайнего Севера в минувшем веке относятся к наиболее выдающимся достижениям России. Ведущее место в комплексе государственных мероприятий по этой проблеме принадлежит научно-техническому освоению Северного морского пути и превращению его в активнодействующую транспортную магистраль, которая объединила водные пути великих сибирских рек в великую систему.

Именно в XX веке, в период активного освоения Северного морского пути, небывало возросла мощь ледокольного и транспортного флота, а также полярной авиации. В это же время в Арктике происходили становление и стремительно развитие гидрометеорологической и гидрографической служб.

Целенаправленное комплексное изучение природы Арктики привело к тому, что к концу XX века Северный Ледовитый океан и его моря стали во многом даже более исследованными, чем другие районы мирового океана.

Успехи достигнутые в промышленно-транспортном освоении Арктики и СМП, были во многом обеспечены тем, что любое решение, будь-то проводка судов во льдах, освоение высокоширотных трасс (включая походы к северному полюсу), увеличение периода навигации, строительство ледокольного и транспортного флота, освоение шельфа арктических морей и другие практические мероприятия в Арктике, принималось только на основе детального научного изучения вопроса с учетом всех возможных влияющих факторов.

В последние 10-15 лет хозяйственная деятельность в Арктике переживает ощутимый упадок, перевозки по СМП сократились в 4,5 раза, а число гидрометеорологических станций уменьшилось более чем в 2 раза. Временная приостановка в социально-экономическом развитии России, и в частности Крайнего Севера и Арктики, ни в коей мере не означает, что Северный морской путь утратил свое значение и перспективы.

Целью моей работы была оценка ледовой обстановки на трассе СМП в связи с изменениями экологической и метеорологической ситуации. И существует ли зависимость между ухудшением экологической ситуации и изменением длительности навигации.

Основными задачами в работе для себя ставил это изучить и проанализировать непосредственно сам СМП, его историческое развитие, ледовую обстановку. Оценить изменения экологических условий на протяженности СМП. Существуют ли тенденция к увеличению навигационного периода.

1. Определение Северного морского пути

Северный морской путь (далее СМП) – считается кратчайшим путем по морю от Европейской части России до Дальнего Востока; законодательно он определен как «исторически сложившаяся национальная единая транспортная коммуникация России в Арктике». Так же он идет по водам Северного Ледовитого океана таким как: Восточно-Сибирское, Карское, Лаптевых, Чукотское и частично Тихого океана (Берингово), как показано на рис. 1.1.



Рис. 1. Границы арктических морей и их районов, по которым проходит трасса СМП

В документе «Концепция развития СМП на период до 2020 года» были показаны такие моменты как принципы, цели, и основные направления устойчивого развития и коммерческого использования СМП в условиях рыночной экономики, принимая во внимание необходимость транспортного обеспечения Арктической зоны, охраны окружающей среды и укрепления национальной безопасности России в Арктике. Правовой основой концепции

являются Конституция Российской Федерации, Федеральный закон "Об основах государственного регулирования социально-экономического развития Севера Российской Федерации", Концепция государственной поддержки экономического развития Севера, судоходная политика Российской Федерации, "Развитие транспортной системы России", ФЦП "Мировой океан", "Морская доктрина Российской Федерации на период до 2020 года".» [1].

28 июля 2012 г. был принят Федеральный закон № 132-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части государственного регулирования торгового мореплавания в акватории Северного морского пути».

Законом установлены границы акватории СМП, показанные на рис. 1.2. В соответствии со статьей 5.1 Кодекса торгового мореплавания под акваторией СМП понимается: «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 66⁰ сш мыса Дежнева в Беринговом проливе, с запада меридианом 168⁰58'37" зд мыса Желания до архипелага Новая Земля, восточной береговой линией архипелага Новая Земля и западными границами проливов Маточкин Шар, Карские Ворота, Югорский Шар».

В соответствии со статьей 5.1 Кодекса торгового мореплавания: под акваторией СМП понимается: «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 66⁰ сш мыса Дежнева в Беринговом проливе, с запада меридианом 168⁰58'37" зд мыса Желания до архипелага

Новая Земля, восточной береговой линией архипелага Новая Земля и западными границами проливов Маточкин Шар, Карские Ворота, Югорский Шар».

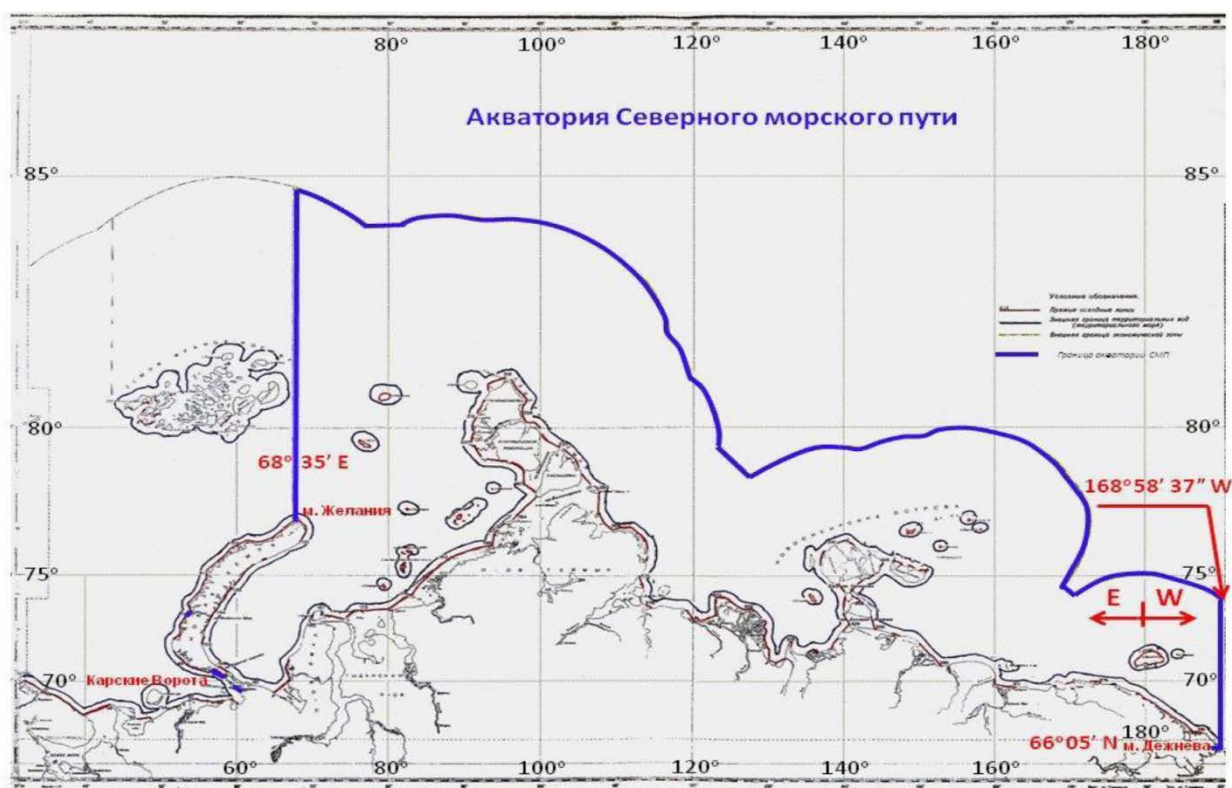


Рис. 2 Законом установлены границы акватории СМП.

Судоходство по трассе СМП, производится в соответствии с общепризнанными принципами и нормами международного права, с международными договорами РФ, ФЗ от 31.07.1998 № 155-ФЗ «О внутренних морских водах, территориальном море и прилежащей зоне РФ», и другими законами федерального значения и выпускаемые в согласовании с иными нормативными правовыми актами.

Законодательно организация плавания судов по трассе СМП возложена на Администрацию СМП (АСМП), сформированную в форме федерального казенного учреждения, и она призвана выполнять следующие основные функции:

- 1) по согласованию и проведению гидрографических работ в акватории СМП;
- 2) по выдаче удостоверений лицам и осуществлению ледовой лоцманской проводки судов, о праве ледовой лоцманской проводки судов в акватории СМП;
- 3) по получении разрешений, приему заявлений на плавание судов в акватории СМП и так же рассмотрению таких заявлений и выдаче разрешений на плавание судов в акватории СМП;
- 4) по содействию в проведении мероприятий по ликвидации последствий загрязнения с судов опасными и вредоносными элементами, сточными водами либо мусором;
- 5) по содействию в организации проведения поисковых и спасательных мероприятий в акватории СМП;
- 6) по использованию судов ледокольного флота в акватории СМП и формированию рекомендаций для разработки маршрутов плавания судов с учетом ледовой, гидрометеорологической и навигационной обстановки в указанной акватории;
- 7) по мониторингу ледовой, гидрометеорологической, и навигационной обстановке по трассе СМП;
- 8) по предоставлению информационных услуг (согласно трассы СМП) и в области организации плавания судов, требований по обеспечению безопасности плавания судов, по обеспечению реализации ледокольных проводок судов, навигационно-гидрографического обеспечения (НГО) плавания судов.

Для исполнения Распоряжения Правительства РФ от 15 марта 2013 г. № 358р было основано Федеральное государственное казенное учреждение

«Администрация СМП». С целью обеспечения безопасности мореплавания, избегания, уменьшения и сохранения контроля над загрязнением морской среды с судов Министерство транспорта РФ разработало и утвердило Правила плавания в акватории СМП от 17.01.2013 №7.

Эти правила в себя включают:

- порядок ледовой лоцманской проводки судов по трассе СМП;
- правила проводки судов по маршрутам в акватории СМП;
- последовательность и организация прохода судов по трассе СМП;
- принципы ледокольной проводки судов по трассе СМП;
- порядок обеспечения судов навигационно-гидрографической и гидрометеорологической информацией;
- предъявляемые требования к судам, которые касаются непосредственно сохранности самих судов и защиты морской среды от загрязнения с них же;
- порядок осуществления радиосвязи при плавании судов по трассе СМП.

Организационно СМП делится на:

Восточный сектор Арктики - проводку по нему осуществляют ледоколы Дальневосточного морского пароходства, его территория раскинута от Дудинки и до Чукотки.

Западный сектор Арктики – обслуживается ледоколами Мурманского морского пароходства проходит от Мурманска до Дудинки.

Выгоды использования СМП для транзитных перевозок, можно увидеть на рис. 1.3:

- существенная экономия топлива из-за гораздо более короткого маршрута;
- отсутствуют платежи за проход, но существует ледокольный сбор;
- малая продолжительность рейса как следствие уменьшает общее число расходов: оплата труда, горючее, стоимость фрахта судна;
- отсутствуют очереди (Суэцкий канал);
- отсутствует риск нападения пиратов;
- отсутствует ограничение на размер судов (Суэцкий канал не способен принимать суда с осадкой более 20.1 метров)

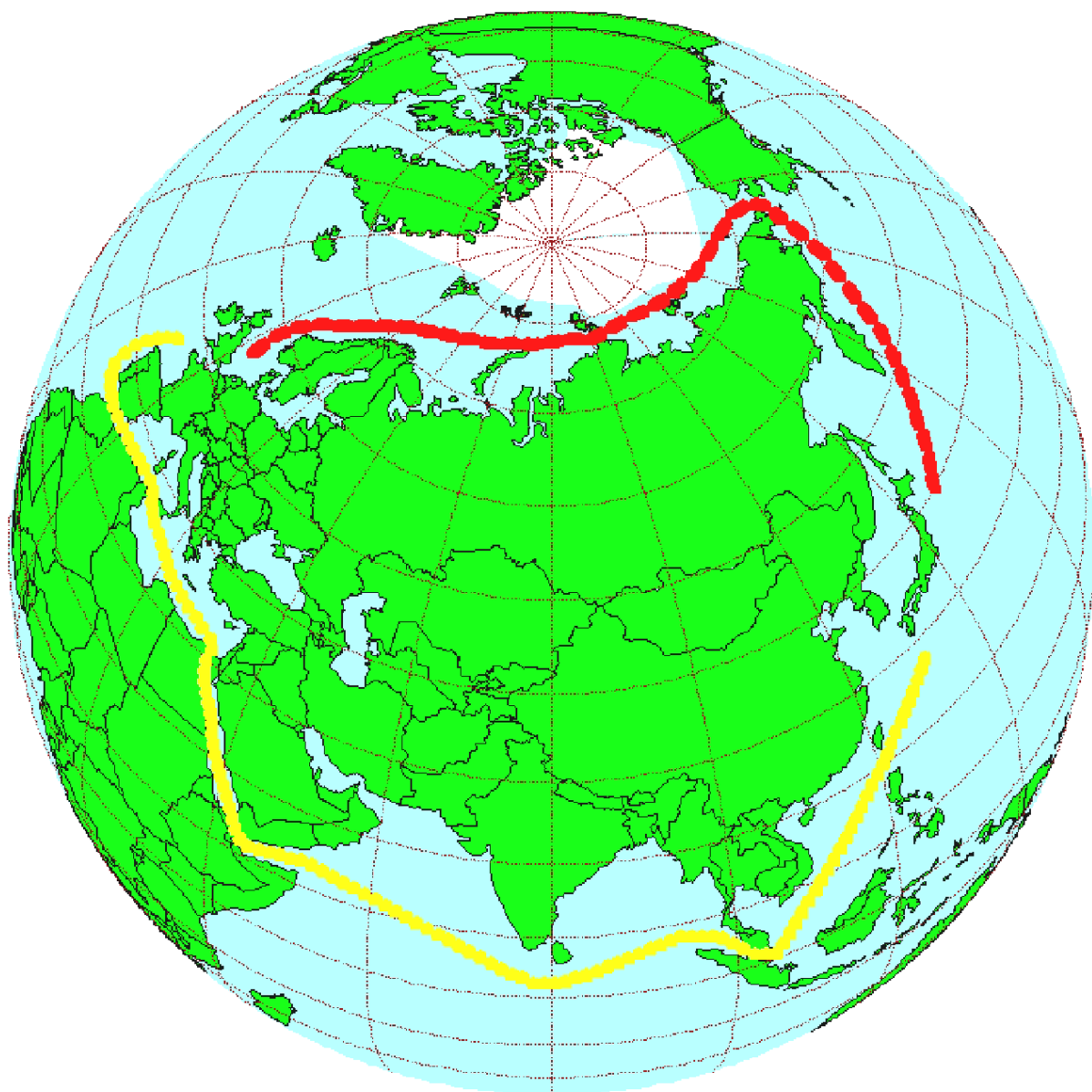


Рис. 3 Выгоды использования СМП для транзитных перевозок.

Объем перевозок грузов по Северному морскому пути (СМП) в 2018 году вырос по сравнению с предыдущим годом в два раза – до 20,2 миллиона тонн. А в 2019 г. он составит 26 млн. т. [2].

1.1. История научного обеспечения судоходства в Арктике.

Освоение северных территорий, несомненно, заняло особое место в богатой на события истории России. Начиная с экспедиций и географических походов первопроходцев XVI - XIX веков и до комплексного изучения и освоением Арктики в XX веке, пройден огромный путь. Невзирая на встреченные трудности, процесс изучения этого сурового края проходил последовательно и упорно.

Есть достаточно много литературы посвященной истории освоения Арктики, однако, равно как в основной массе этих публикаций, так и в отчетах конкретных ведомств об арктических экспедициях, существенное внимание, по обыкновению, уделялось или «большим» историческим событиям и фактам, или научным результатам исследования естественных процессов и явлений.

Краткий анализ деятельности в Арктике по годам в хронологической последовательности позволит вспомнить и воспроизвести как основные события на трассе СМП, так и имена руководителей морских операций и научных гидрометеорологических подразделений [3].

Обратиться именно сейчас, в начале XXI века, к событиям, которые происходили в Арктике в минувшем веке, представляется правильным, ибо из-за скоротечности времени даже совсем свежие факты мгновенно становятся историей. К тому же по известным социально-политическим причинам на трассе Северного морского пути сейчас многое изменилось как в отношении объемов перевозок, так и в системе научно-оперативного обеспечения.

Все началось с того, что в начале XX века, несмотря на то что на тот момент уже были великие экспедиции и открытия как отечественных, так и зарубежных исследователей высоких широт (В. Баренцева, С. Дежнева, С. Малыгина, А. Скуратова, Х. и Д. Лаптевых, В. Беринга, Ф. Врангеля и

многих других), становилось, очевидно, что знаний как об Арктике в частности, так и о северных морях в целом, совершенно недостаточно. На тот момент отсутствовали достаточно точные морские карты, не было данных о течениях и глубинах, ледовых и климатических условиях, не существовало тех или иных руководств по плаванию в арктических морях, на побережье не было гидрографических знаков, маяков и др.

В первые же годы минувшего века комиссией во главе с такими видными деятелями науки как: А. Н. Крыловым, А. И. Вилькицким, Ю. М. Шокальским было принято решение о потребности построить сеть полярных станций на северном побережье России, построить два ледокола и флот патрульных судов. С помощью данных мероприятий планировалось исследовать северные берега страны, определить глубины и начать практическое использование СМП.

В 1909 году была организована историческая комплексная Гидрографическая экспедиция Северного Ледовитого океана. В 1910 году ледоколами «Таймыр» и «Вайгач» был исследован Берингов пролив, в 1911 году — раной до реки Колымы, в 1912 году — район до реки Лены, в 1913 году — район до Северной Земли, в 1914 году — район до архипелага Норденшельда. В 1915 году после вынужденной зимовки суда завершили свой поход в Архангельске [4]. Здесь уместно заметить, что именно в период этой экспедиции (1914 год) в Арктике впервые появился самолет для производства разведывательных полетов, пилотом которого был поручик русской армии Л. И. Нагурский [5].

Заслуги этой экспедиции были, несомненно, весьма значительными [6], но на фоне событий, Первой мировой войны не были оценены по достоинству. Так, по словам великого Р. Амундсена, эта экспедиция «...в мирное время возбудила бы восхищение всего цивилизованного мира» [7].

Достаточно быстро после революции 1917 года правительство решило разработать новый комплексный план освоения Севера. Он состоял из комплексного изучения природных ресурсов, научных исследований арктических морей с помощью ледокольных пароходных ресурсов, научных исследований арктических морей с помощью ледокольных кораблей, самолетов и обширной сети гидрометеорологических станций. Именно для этого в 1920-1921 гг. Были созданы специальные научные учреждения - Северная научно-рыболовная экспедиция (руководителем которой был назначен Р. Л. Самойлович) и Плавучий морской научный институт.

С 1921 года на западе Арктики и с 1923 года на востоке Арктики стали предпринимать более активные попытки осуществления регулярных рейсов судов на север — знаменитые Карская и Колымская экспедиции [8, 4]. Безусловно, это было очень рискованное одиночное плавание судов без ледоколов и какой-либо научной поддержки. Однако в 1924 году во время Карских экспедиций для производства ледовой разведки впервые использовали самолет. Его пилотировал летчик Б. Г. Чухновский, а первым ледовым наблюдателем был уже известный Н. И. Евгенов, открывший Северную Землю в 1913 году [3, 6].

Интересно отметить, что в 1923 году в проливе Маточкин Шар на Новой Земле была построена первая в Арктике геофизическая обсерватория.

В марте 1925 года решением Правительства Северная экспедиция была преобразована в Институт по изучению Севера. Директором этого исследовательского учреждения стал к тому времени уже известный полярный исследователь Р. Л. Самойлович [9].

С 1926 года начальники морских экспедиций, которые в то время базировались на головных судах, начали постепенно привлекать гидрометеорологов к процессу обеспечения судовождения. Именно этот новый союз моряков и ученых стал прообразом как будущих научных и

оперативных групп в Штабах морских операций, так и будущих ледовых патрулей[8].

Именно этот наметившийся союз моряков и ученых явился прообразом как будущих ледовых патрулей, так и будущих научно-оперативных групп при Штабах морских операций [8].

В 1928 году в истории арктического мореплавания произошло событие, наглядно продемонстрировавшее роль ледокола при плавании в Арктике. Советский ледокол «Красин» и ледокольные пароходы «Малыгин» и «Г. Седов» блестяще выполнили операцию по спасению экипажа потерпевшего аварию дирижабля «Италия». Руководил спасательной экспедицией все тот же неутомимый Р. Л. Самойлович [9].

С 1929 года ледовую авиационную разведку начали проводить почти каждый год — впервые в Карском море, затем в Чукотском, и начиная с 1936 года — по всей трассе Северного морского пути [10].

На волне не виданного энтузиазма в деле освоения Арктики в эти годы был проведен ряд успешных плаваний судов в этих широтах, хотя их успешность была в значительной мере обусловлена благоприятной в это время ледовой обстановкой. В основном же плавание в Арктике оставалось весьма рискованным делом и часто приводило к зимовкам и даже к гибели судов, которые, конечно, в то время были плохо приспособлены для ледового плавания.

В 1930 году по решению Правительства нашей страны «Институт, но изучению Севера» был преобразован во «Всесоюзный арктический институт» (ВАИ), перед которым были поставлены конкретные задачи по исследованию основных Арктических природных явлений. Директором, которого назначали О. Ю. Шмидт.

В апреле 1931 года была создана авиационная служба Северного морского пути, впоследствии Полярная авиация.

Важным этапом научного изучения Арктики стало проведение в 1932—1933 годах Международного полярного года.

В 1932 году был осуществлен первый сквозной рейс с запада на восток в одну навигацию ледокольного парохода «А. Сибиряков» (капитан В. И. Воронин). Здесь уместно заметить, что этот проект, одобренный Правительством, был предложен директором Арктического института О. Ю. Шмидтом, который и возглавил экспедицию. Руководителем научных работ был назначен известный ученый В. Ю. Визе [11], а ведущими сотрудниками — П. П. Ширшов, Я. Я. Гаккель, А. Ф. Лактионов и др. [12].

Несомненно, успешному проходу «А. Сибирякова» почти по всему Северному морскому пути способствовали сложившиеся в 1932 году исключительно благоприятные ледовые условия. Правда, в Чукотском море судно все же обломало лопасти винта и даже гребной вал. Тем не менее, хотя и под парусами из брезента, но все же самостоятельно «А. Сибиряков» дошел до Берингова пролива [5].

В том же году ледокольный пароход «В. Русанов» достиг северной оконечности Азии — мыса Челюскин, где была создана метеорологическая станция.

Однако далеко не все плавания заканчивались столь же успешно. Ежегодно в Арктике происходили многочисленные аварии судов, иногда даже приводившие к зимовке. Так, к примеру, первая Северо-восточная полярная экспедиция Наркомвода в составе шести судов («Север», «Анадырь», «Урицкий», «Микоян», «Красный партизан» и шхуна «Темп») и ледореза «Ф. Литке» под руководством известного полярного ученого Н. И. Евгенова, направлявшаяся в 1932 году к устью Колымы, зазимовала на

берегу Чаунской губы. Кстати, именно построенные участниками этой экспедиции дома стали основой будущего поселка и порта Певек.

Подобные события способствовали формированию в умах полярных капитанов и ученых мыслей о необходимости научного подхода к организации мореплавания в Арктике.

Исключительную роль в этом плане сыграл О. Ю. Шмидт, который, руководя с 1929 года многими крупными экспедициями, одним из первых понял, что мореплавание в Арктике возможно только при системном (комплексном) подходе к этому вопросу. С этой целью 17 декабря 1932 года постановлением Совнаркома было создано Главное управление Северного морского пути (ГУСМП), начальником которого был назначен О. Ю. Шмидт. Основная задача ГУСМП состояла в обеспечении безопасного мореплавания в Арктике.

Для этого планировалось осуществить целый ряд мероприятий, главными из которых были следующие:

- «передать в ведение ГУСМП все существующие научные, метеорологические и радиостанции;
- развить и реконструировать сеть станций в Арктике;
- передать в ведение ГУСМП Всесоюзный арктический институт, с тем, чтобы исследование Северного Морского пути были основным стержнем его научной работы» [5].

Без преувеличения можно сказать, что в то время для исследований в Арктике это решение было судьбоносным. О динамике воплощения в жизнь правительственного постановления можно судить хотя бы по развитию сети полярных станций (табл. 1), которое шло невиданными темпами. Трудно даже представить, как в те далекие и сложные для страны годы в столь

сжатые сроки можно было построить, оборудовать, укомплектовать нужными специалистами отдаленные арктические станции и организовать там наблюдения.

Таблица 1. Полярные станции и год их открытия [3].

Станция	Год открытия	Станция	Год открытия
Бухта Тихая	1928	Мыс Косистый	1939
Маточкин Шар	1923	Тикси	1932
Мыс Желания	1931	Остров Муостах	1935
Амдерма	1933	Мыс Кигилях	1934
Марре-Саля	1914	Остров Котельный	1933
Остров Белый	1933	Мыс Шалаурова	1928
Мыс Лескина	1934	Алазея	1944
Диксон	1916	Бухта Амбарчик	1935
Остров Уединения	1934	Остров Айон	1941
Усть-Кара	1933	Валькаркай	1942
Мыс Стерлегова	1934	Певек	1939
Остров Русский	1935	Мыс Биллингса	1935
Остров Голомянный	1930	Остров Колючин	1943
Мыс Челюскин	1932	Мыс Шмидта	1932
Остров Малый Таймыр	1941	Остров Врангеля	1926
Остров Андрея	1942	Ванкарем	1934
Остров Преображения	1934	Уэлен	1915

Во Всесоюзном арктическом институте параллельно с развитием научно-исследовательских работ значительно расширилась экспедиционная

деятельность. В Арктике были открыты десятки новых островов, на карте Арктики появилось более 150 новых географических названий. Этому, конечно, способствовали два важнейших постановления Правительства, приняты в 1933 году, – по образованию Гидрологического управления и по передаче ГУСМП всего ледокольного флота.

Новая попытка совершить сквозное плавание в одну навигацию на пароходе «Челюскин» (капитан В.И.Воронин, начальник экспедиции О.Ю.Шмидт) в 1933 году и его трагическая гибель в Чукотском море в 1934 году окончательно сформировали у руководителей ГУСМП и ведущих ученых мнение о необходимости более активного использования науки в тактике морского плавания в Арктике.

Несмотря на гибель, безусловно, плохо приспособленного для ледового плавания парохода «Челюскин», на ледорезе «Ф. Литке» (капитан Н. М. Николаев, руководители экспедиции Д. С. Дуплицкий и В. Ю. Визе) было осуществлено новое, во многом обусловленное чисто политическими мотивами, сквозное плавание в Арктике, правда, на этот раз с востока на запад. Это дало основание газете «Правда» (от 22 октября 1935 года) опубликовать рапорт начальника Главсевморпути О. Ю. Шмидта о том, что «Северный морской путь превращен в нормально действующий путь» [5]. О том, что ледорез вернулся из Арктики в аварийном состоянии, тогда мало кто думал. Главное — цель была достигнута.

Значительным вкладом в научное обеспечение арктической навигации стала организация в 1935 году межведомственного бюро ледовых прогнозов, которое было попыткой объединить в значительной степени разрозненные силы ученых [11, 13].

Бюро прогнозов (председатель О. Ю. Шмидт) включало в себя таких видных ученых, в области метеорологии и ледовых прогнозов, как В. Ю. Визе, Н. Н. Зубов, Б. Л. Дзердзеевский и многие другие. Непосредственно

данное Бюро прогнозов стало первообразом грядущей системы обеспечения мореплавания в Арктике, которая окончательно сформируется только через несколько лет.

Кстати, по инициативе Всесоюзного арктического института с 1936 года в северные моря стали снаряжаться специальные экспедиции — Ледовые патрули, перед которыми стояла задача наблюдений за положением и изменением кромки льда и гидрологических наблюдений.

О темпах развития мореплавания и жизнедеятельности в Арктике достаточно ярко свидетельствуют следующие цифры. Если в самом начале века на Север пытались плавать лишь одиночные суда, то в навигацию 1934 года от Новой Земли до Берингова пролива плавало уже 85 судов, в 1935 году более 100, а в 1936 году — 160 судов. Интересно отметить, что в 1935 году сквозным путем с запада на восток прошло четыре судна, а в 1936 году в обоих направлениях — четырнадцать [12].

Вообще, следует заметить, что в результате наблюдавшегося в эти годы в Арктике потепления в навигационный период складывались исключительно благоприятные в ледовом отношении условия для плавания по Северному морскому пути. Некоторые суда почти беспрепятственно проходили практически по всей арктической трассе.

Однако как этого и следовало ожидать, ледово-навигационные условия от года к году квазициклически менялись, и определенные успехи сменялись огорчениями. Печальным итогом арктической навигации 1937 года явилась вынужденная зимовка в разных местах 25 транспортных судов и почти всего ледокольного флота. Из весьма жестких оценок итогов навигаций 1937 и 1938 годов окончательно пришло осознание того, что «к числу недостатков навигаций следует отнести все же слабое научное обеспечение» [5].

В 1937 году под руководством О.Ю.Шмидта была успешно реализована идея создания научной станции на дрейфующем льду в

Центральной Арктике. Возглавил станцию «Северный полюс-1» И.Д.Папанин. Как научные материалы этой станции, так и результаты наблюдений во время вынужденного дрейфа ледокольного парохода «Г.Седов» в 1937—1940 годах от Новосибирских островов через Центральную Арктику до пролива Фрама внесли первый существенный вклад в понимание метеорологических и океанологических процессов в Северном Ледовитом океане.

В 1938 году во Всесоюзном арктическом институте был создан отдел ледовой службы (позже отделение ледоведения). С 1955 года он был переименован в отдел ледовых прогнозов, а затем в отдел ледового режима и прогнозов. Из организованного в стенах Института отделения метеорологии, которое возглавляли сначала Е. И. Тихомиров, а потом Н. Н. Шпаковский, в 1945 году выделился отдел долгосрочных метеорологических прогнозов во главе с Г. Я. Вангенгеймом.

Кстати, в Москве для обеспечения информацией и прогнозами руководства ГУСМП в 1938 году была также создана оперативная группа, впоследствии преобразованная в Московское бюро льда и погоды (Гидрометбюро). С этого же года на арктической трассе краткосрочные ледовые прогнозы для флота стали составлять на острове Диксон (Б. И. Иванов), в Тикси (В. С. Назаров), на мысе Шмидта (П. А. Гордиенко).

В 1939 году «Всесоюзный арктический институт» был переименован в «Арктический научно-исследовательский институт» (АНИИ). В этом же году окончательно было принято решение о том, что при руководителях морских операций, которые в то время базировались на ведущих ледоколах «И. Сталин» и «Л. Каганович», должны постоянно находиться специалисты по гидрометеорологии. В 1939 году на ледоколе «И. Сталин» (Западного района Арктики) находился гидролог М. М. Сомов, а на ледоколе «Л. Каганович» (Восточного района Арктики) — гидрологи Д. Б. Карелин и Н. А. Волков и московский синоптик К. А. Радвиллович. Кстати, на Востоке Арктики в это

время постоянное обслуживание прогнозами погоды вели синоптики Шмидтовского бюро погоды Е. И. Толстиков и его жена Н. Н. Толстикова [14].

Очень важно отметить, что с этого года в практику работы Штабов морских операций были введены постоянные совместные диспетчерские совещания моряков и ученых.

Многие хорошие начинания, как в организации мореплавания, так и в научном обеспечении приостановила война, хотя и в трудные военные годы моряками, полярниками и учеными делалось все возможное, чтобы плавания по Северному морскому пути продолжались. Подтверждением этому служит героический подвиг легендарного парохода «А.Сибиряков», который вошел в историю как пример беззаветного мужества российских моряков, погибших в неравном бою с фашистами [5].

В начале войны АНИИ был эвакуирован из блокадного Ленинграда в Красноярск, где его сотрудники продолжали активно работать. Обратный Институт вернулся во втором полугодии 1944 года.

К концу 1945 года в Арктике уже работало 59 полярных станций.

Во второй половине 1941 года в Западном районе Арктики Штаб морских операций, сойдя с ледокола, обосновался в порту Диксон. В Восточном районе Арктики подобное произошло лишь в 1952 году, и Штаб стал базироваться в поселке Певек.

После того как Штабы морских операций оказались на берегу, к ним через наземные радиоцентры начали стекаться как многочисленные оперативные данные по ледоколам и судам, так и гидрометеорологическая информация. С этого же времени научно-оперативные группы, формируемые из сотрудников Арктического института и радиометцентров, смогли по

настоящему, развернуть анализ своих материалов и начать составление ледовых прогнозов и рекомендаций к ним.

С 1953 года с целью исследования дрейфа льдов и наблюдения за погодой в высоких широтах арктических морей начали с успехом применяться дрейфующие автоматические радиометеорологические станции (ДАРМС), которые расставляли весной и летом при помощи авиации и ледоколов [15].

Материалы дрейфующих станций «Северный полюс»[16] были чрезвычайно полезными для целей научно-оперативного обеспечения арктических навигаций.

Научные журналы «Труды АНИИ» и «Проблемы Арктики» печатали сотни статей специалистов, которые в основном были посвящены вопросам, связанным с арктическими навигациями. Иными словами, начиная со второй половины XX века судоходство в Арктике осуществлялось, при непосредственном участии ученых АНИИ и УГМС. Происходит постепенное превращение трасса СМП в активнодействующую транспортную магистраль с грузооборотом, достигающим миллионов тонн.

Однако появлялись новые более сложные задачи. В связи с бурным развитием горнодобывающей, а впоследствии и нефтедобывающей промышленности Севера возникла необходимость в продлении навигации. Возросшая мощь транспортного и ледокольного флота позволила с 1970 года начать осуществление в Западном районе Арктики сначала продленных, а потом и круглогодичных навигаций [17, 18], и это стало новой вехой в истории мореплавания в Арктике.

Несмотря на очевидные успехи в научном освоении Арктики и на постоянно возрастающую мощь транспортного и ледокольного флота, проблем на трассе Северного морского пути ежегодно хватало. Арктика, как и раньше периодически преподносила коварные сюрпризы, доказывая тем

самым, что к ней надо относиться весьма уважительно. Тяжелые навигации в 1958, 1963, 1966, 1969, 1974 и 1989 годах в Западном районе Арктики и в 1947, 1954, 1965, 1975 и, особенно, в 1983 году в Восточном районе тому пример [3].

1.2. Морские арктические грузоперевозки по СМП в XX веке.

Северный морской путь – единственная широтная магистраль, которая соединяет все арктические и субарктические регионы России (начиная Баренцевым морем на западе и заканчивая Беринговым проливом на востоке страны) и влияющая на освоение территорий, находящихся южнее от побережья Северного Ледовитого океана на сотни километров.

Совместно с множеством рек, впадающих в Северный Ледовитый океан, СМП формирует единую водотранспортную систему, по которой идет большая часть так называемых северных грузов. Только на Западе железные дороги обеспечивают связь СМП с транспортной системой остальной части страны. В Арктике почти нет автомобильных дорог. Вместо них, как правило, используют зимние ледовые дороги (зимники), многие из которых ведут портам СМП. Нефтепроводы и газопроводы, которые построены на Севере, работают по большей части в южном и западном направлениях (исключением является газопровод Мессояха – Норильск).

Если учитывать реально используемые маршруты плавания протяженность СМП составит от 2,2 до 3 тысяч миль.

Еще адмирал С.О. Макаров и Д.И. Менделеев в своих трудах оценивали Северный морской путь как морскую часть, составляющей единую транспортную систему России, которую у юга должна обрамляться Транссибирской железнодорожной магистралью, а с севера – Северным

морским путем. В меридиональном направлении эти два пути соединяются крупными российскими реками.

В истории коммерческого применения СМП выделяют четыре больших этапа:

1) Только начинаются регулярные коммерческие плавания (до 1932 года);

2) Организуются регулярные судоходства, строительства специального и портов (1932 год – начало 50-х годов):

3) Завершаются основные этапы освоения трассы СМП, и она превращается, в летне-осенний период навигации, в нормально действующую транспортную магистраль (50 – 70-е годы);

4) Начинается круглогодичное использование СМП (с конца 70-х годов).

Следует отметить, что одиночные (по сути экспериментальные) коммерческие плавания Карским морем к устью рек Оби и Енисея начались еще в 1876 году. По оценкам Н. Сибирцева [4], общий объем перевозок грузов за период 1876 – 1919 годы составил всего 55182 тонны.

В первые годы советской власти морской путь существенно упростил доставку продовольствия из Сибири в охваченные голодом районы европейской части России, и даже импортные товары из Западной Европы в Сибирь.

С 1921 года начинает систематически работать экспедиций по обмену товарами между Европой и Сибирью, которыми руководили Комитет Северного морского пути и открытое в Лондоне акционерное общество "Аркос". Использование этой трассы приносило прибыль, что создало предпосылки для создания в 1928 году Государственного акционерного

общества промышленности, торговли и транспорта «Комсевморпуть», которому было поручено «планомерного использования, всестороннего оборудования Северного морского пути и превращения его в артерию постоянной нормально экономической связи Сибири с Европой».

Уже в начале 20-х годов минувшего века получили устойчивое развитие морские грузоперевозки в морях Арктики (прежде всего, перевозки обь-енисейского направления). С запада в пункты бассейнов рек Оби и Енисея завозили продовольствие, товары народного потребления, технические грузы, а в обратном направлении – в основном зерно и лесоматериалы, в том числе и на экспорт. С 1923 года ежегодно в небольших объемах осуществлялся завоз продовольствия и других грузов из портов Приморья в регион реки Колымы. За период с 1921 по 1930 год грузоперевозки морскими судами в Арктике возросли более чем в 10 раз и достигли объемов 152,6 тыс. тонн, в том числе лес на экспорт, доставленный по рекам Оби и Енисею, – 129,8 тысяч тонн.

После создания в 1932 году ГУСМП стартовал этап комплексного и многостороннего изучения наиболее важной морской коммуникации России в Арктике. Стремительными темпами формируются металлургическая и горнодобывающая промышленность, лесопереработка, морской и авиационный транспорт, службы обеспечения. В кратчайшие сроки были созданы инфраструктура, и такие важные системы как навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения судоходства развивается ледокольный и транспортный флот. Так же по мере хозяйственного освоения Арктики и в соответствии с интересами национальной безопасности формируются задачи определяющие направление развития СМП.

В 1930-х годах развитие морских грузоперевозок в Арктике продолжалось. Более быстрыми темпами развивались грузоперевозки обь-

енисейского направления, устойчиво возрастали объемы завоза с востока в пункты Северной Чукотки и Якутии, появлялись новые грузопотоки – перевозка лесоматериалов от устья Лены. Как уже отмечалось выше, почти ежегодно осуществлялись транзитные рейсы с запада на восток и с востока на запад. В 1940 году в Арктике морскими судами было перевезено всего 225,4 тысячи тонн грузов, в том числе нефтепродуктов 1,6 тысяч тонн (завоз с востока и запада).

В годы войны (1941-1945) по СМП осуществлялась, эвакуация на восток промышленных предприятий из европейской части Советского Союза, поставка вооружения и других важнейших грузов для фронта, проводка военных кораблей таких как («Анадырь», «Белоруссия», «Ванцетти») проведенных в 1942 году с востока на запад. В 1943 году четыре корабля с грузом были отправлены из США в Норильск; два из них (пароходы «Архангельск» и «Сергей Киров») были потоплены фашистами в Карском море, два других (пароходы «Андрей Андреев» и «Моссовет») благополучно прибыли в пункт назначения [5]. К 1945 году по СМП было перевезено 444,1 тысяча тонн грузов, а к 1950 году грузооборот превысил 0,5 миллионов тонн. В последующем по 1987 год, включительно, грузоперевозки имели стабильную тенденцию непрерывного роста.

1.3. Морские перевозки по СМП на рубеже XX – XXI веков.

В начале 1970-х годов общий объем грузоперевозок по СМП уже составляет 3 миллиона тонн. К 1987 году он достиг наибольшего значения 6,58 миллионов тонн (Таблица 2). На трассах постоянно действовали 16 ледоколов (восемь атомных и восемь дизельных) и 380 транспортных судов (из них 20 судов класса УЛА, 108 судов класса УЛ, ядерный лихтеровоз «Севморпуть»). Получили развитие транзитные грузоперевозки по СМП, выполняемые исключительно российскими судами [1].

Таблица 2. Грузоперевозки морскими судами по Северному морскому пути в 1960 – 2005 годах (по материалам ОАО «Союзморниипроект») [5].

Год	Грузоперевозки тыс. т		Год	Грузоперевозки тыс. т		Год	Грузоперевозки тыс. т	
	Общий объем	Транзит, сухогруз		Общий объем	Транзит, сухогруз		Общий объем	Транзит, сухогруз
1960	963	0	1991	4804	–	1999	1580	0
1965	1455	0	1992	3909	–	2000	1587	0
1970	2980	0,1	1993	2966	209	2001	1801	17
1975	4074	0	1994	2300	–	2002	1600	0
1980	4951	0	1995	2362	100	2003	1695	0
1985	6181	38	1996	1642	18	2004	1718	0
1987	6579	1	1997	1945	0	2005	2023	0
1990	5511	115	1998	1458	0			

После распада СССР Северный морской путь полностью перешел под юрисдикцию России. Большинство же крупных морских портов в европейской части бывшего СССР отошли Литве, Латвии, Эстонии, Украине и Грузии. Железнодорожные, автомобильные и трубопроводные выходы из

России в Европу принадлежат теперь этим странам. Разумеется, эти порты и пути не закрыты для России, но они стали более дорогими и из-за резко возросших тарифов на транзит. Для обеспечения надежности и эффективности своих европейских связей Россия должна была усилить внимание к северным морям. Однако этого не произошло.

С начала 1990-х годов общие объемы грузоперевозок по СМП морскими судами начали снижаться:

Год.....	1990	1991	1992	1993	1994
Объем, тыс. т.....	5510,5	4804,0	3909,2	2966,3	2300,1

Исключение составил 1995 год, когда объем грузоперевозок возрос на 2,7%. Однако уже в навигацию 1996 года объем перевозок снизился по сравнению с предыдущим годом на 30,5%; при этом грузоперевозки сократились по всем направлениям. В последующие годы, вплоть до 2004, ежегодные объемы перевозок морскими судами не превышали 1,5 – 1,8 миллионов тонн. В 2005 году перевезено 2023 тысячи тонн.

С середины 1990-х годов получило существенное развитие плавание по СМП речных судов. Морской транспорт постепенно был вытеснен в юго-западной части Карского моря и от Хатангского залива до порта Певек. Тенденция массового переключения грузоперевозок с морского транспорта на речной была связана с благоприятными ледовыми условиями последних лет.

Наиболее оживленно перевозки речными судами продолжают развиваться в Карском и Баренцевом морях в связи с обустройством и подготовкой к освоению газоконденсатных месторождений полуострова Ямал, активизацией геологоразведочных работ на шельфе Баренцева моря и обустройством месторождения Приразломное, а также по причине расширения грузовых операций в Обской губе.

Грузоперевозки речными судами по морским трассам СМП производятся в основных направлениях:

– порты и пункты бассейна реки Оби – Новый Порт, пункты побережий Обской, Тазовской и Гыданской губ, порт Харасавый (сырая нефть, нефтепродукты, газовый конденсат, транспортные средства, строительные и технические грузы, продовольствие);

– порты и пункты бассейна реки Енисей – порт Диксон, пункты побережья Енисейского залива и западного побережья полуострова Таймыр до устья реки Пясины, пункты побережья Обской губы и порт Харасавый (нефтепродукты, газовый конденсат, уголь, строительные, технические и технологические грузы, транспортные средства, машины и оборудование, лесоматериалы и продовольствие);

– порты и пункты бассейна реки Лены – порт Хатанга, пункты побережья моря Лаптевых, бассейнов рек Анабар, Оленек, Яна, Индигирка, Колыма (нефтепродукты, строительные материалы, технические грузы, транспортные средства, продовольствие).

2. Построение маршрута с учетом различных ледовых условий.

При осуществлении плавания морского судна достаточно сильно влияют ветер и волнение, интенсивные встречные течения и другие гидрометеорологические факторы, влияющие на скорость и маршрут судов и соответственно на эффективность плавания. И что для нас более актуально это касается экстремальных природно-климатических условий Арктики в связи с дополнительными угрозами от воздействия ледовых образований.

На характер и скорость движения судов оказывают влияние [22]:

- сплоченность дрейфующего льда C_L ;
- толщина льда H_L ;
- торосистость T_R (устанавливается в виде степени покрытия поверхности льда торосами всех видов);
- форма и горизонтальные размеры льдин r ;
- степень разрушения в процессе таяния P_Z ;
- процессы сжатия (характеризуют сокращение расстояния между льдинами и повышение их сплоченности).

Плотность льда, его возраст и размеры льдин влияют на скорость судов и параметры их движения [23].

Например, при одной и той же сплоченности мелкобитого льда с увеличением толщины льда скорость движения судна будет существенно уменьшаться [24].

Скорость судна при плавании среди обломков полей будет гораздо ниже, чем при плавании во льдах, характеризующихся как мелкобитые.

При перемещении судна среди обломков полей влияние ветра практически отсутствует [24].

Основным воздействием на скорость судов во время ледового плавания является ледовое сопротивление. При перемещении между льдами, имеющими небольшие горизонтальные размеры, ветер тоже оказывает влияние на скорость, что вынуждает уменьшать ее во избежание повреждения судового корпуса [25].

Скорость судна при плавании в ледовой обстановке можно описать следующей формулой:

$$(1) \quad V_{LD} = V_0 - [(\Delta V_{LD} \pm \Delta V_U)] + k_{VL} \Delta V_{VL},$$

где V_0 — судовая скорость при перемещении по чистой воде;

ΔV_{LD} — потеря скорости судна, обусловленная ледовым сопротивлением;

ΔV_U — изменение скорости, обусловленное ветром;

ΔV_{VL} — вынужденное уменьшение скорости во льдах;

k_{VL} — число повторов уменьшения скорости, обусловленного процессами сжатия, горизонтальными размерами льдин и толщиной ледяного покрова.

Коэффициент трудности ледового плавания K_T описывается формулой:

$$(2) \quad K_T = \frac{V_0}{V_{PR}} \frac{S_{PR}}{S_0} + \frac{V_0}{V_{9-10}} \frac{S_{9-10}}{S_0} + \dots + \frac{V_0}{V_{1-3}} \frac{S_{1-3}}{S_0} + \frac{S_{CHV}}{S_0},$$

где V_0 — судовая скорость на чистой воде (узлы);

S_0 — общая протяженность маршрута во льдах (мили);

$S_{PR}, S_{9-10}, \dots, S_{CHV}$ — длина отрезков пути судна в припае (SPR), во льдах сплоченностью 9—10 баллов и на чистой воде (S_{CHV}) соответственно;

$V_{PR}, V_{9-10}, \dots, V_{1-3}$ — судовая скорость при эксплуатации.

С помощью коэффициента трудности ледового плавания устанавливаются пропорции между временными затратами при перемещении судна по маршруту при параметрах конкретного ледяного поля и при чистой воде.

В значительной мере эффективность перехода судов определяется выбором маршрута с благоприятными гидрометеорологическими условиями.

Показатели эффективности, такие как безопасные условия перемещения, уменьшение времени движения по маршруту, сохранность грузов и топливная экономия, позволят получить суммарный экономический эффект и определить рациональный маршрут [26].

Минимальная продолжительность маршрута с обеспечением безопасности плавания часто принимается в качестве определяющего показателя эффективности. В этом случае плавание выполняется по так называемому наивыгоднейшему пути [27].

Длительность движения судна будет изменяться в зависимости от степени воздействия гидрометеорологических факторов на отдельных отрезках маршрута.

В общем случае:

$$(3) \quad t = \frac{S_1}{V_1} + \frac{S_2}{V_2} + \dots + \frac{S_m}{V_m},$$

где $S_1, S_2, \dots, S_m$ — отрезки пути судна, на которых наблюдаются разные гидрометеорологические условия (мили);

V_1, V_2, V_m — абсолютная скорость судна, на соответствующих участках пути (узлы).

При перемещении по наивыгоднейшему пути время движения t_{RP} и выигрыш во времени движения Δt_{XN} описываются соотношениями:

$$(4) \quad t_{RP} = t_{OSN} + t_{ST}, \quad \Delta t_{XN} = +t_{XCP} - t_{XN},$$

где t_{XCP} — ходовое время рейса при свободном плавании (суток);

t_{XN} — ходовое время рейса при плавании наивыгоднейшим путем (суток);

t_{ST} — стояночное время (суток).

Ходовое время рейса при определенных гидрометеорологических условиях определяется соотношениями:

$$(5) \quad t_x = \sum_{i=1}^m S_i / k_{vi} \cdot V_{Ci},$$

$$(6) \quad k_g = \sqrt{1 + 2V'_{otn} \cdot \cos q_t} + (V'_{otn})^2,$$

где k_g — коэффициент скорости судна, учитывающий воздействие течения.

Из формулы (5) видно, что время перемещения на маршруте зависит от скорости ветра, волновых падений скорости, вынужденного снижения скорости на волнении при шторме, относительной скорости и угла течения по курсу.

Используя формулы (3) — (5), получим выражение, описывающее преимущество во времени при переходе по наивыгоднейшему пути S_N по сравнению со свободным путем S_{SV} :

$$(7) \quad \Delta t_{XN} = \frac{1}{24} \left[\sum_{k=1}^m \frac{S_{SV_i}}{k_{gSV_i}} - \sum_{i=1}^m \frac{S_m}{k_{gn_i} V_{An_i}} \right],$$

где $S_1, S_2, \dots, S_m$ — путь судна на отдельных отрезках (мили);

$k_{g1}, \dots, k_{gi}$ — коэффициенты скорости судна, определяющие действие течения на отдельных участках маршрута;

$V_{c1}, \dots, V_{ci}$ — скорость судна при ветре и волнении на участках маршрута с разными гидрометеорологическими условиями (узлы).

Из формулы (5) следует, что если основная задача — сокращение маршрутного времени, то нужно выбрать такой маршрут судна, при котором на отдельных участках суммарные ветроволновые потери скорости перемещения судна будут минимальными, а скорость попутного течения достаточно велика [28].

В ряде случаев необходимо обеспечение наименьшего расхода топлива при учете заданной продолжительности перехода по оптимальному пути.

Изменение скорости судна, обусловленное воздействием гидрометеорологических факторов, является переменной величиной — функцией текущего маршрута S .

Тогда расход топлива на отрезке пути S описывается формулой:

$$(8) \quad Q_i = \frac{S_i}{V_0 \pm \Delta V_{uh_i}} (a + k_c V_0^3),$$

где V_0 — скорость судна на спокойной воде (узлы);

a — постоянный расход топлива (кг/ч);

k_c — коэффициент, характеризующий тип судна.

Общий расход топлива определяется значением V_0 , принятым на каждом из участков маршрута S_i .

Прием выбора рационального пути — определение маршрута передвижения с учетом гидрометеорологической информации, которая поступает на судно [26, 27].

Общими принципами учета природных условий при разработке рекомендаций для плавания во льдах являются:

- обоснование рационального пути плавания в заданных ледовых условиях;

- определение наиболее благоприятного по природным условиям периода плавания судов различных классов на традиционных перспективных направлениях грузоперевозок;

- объективная оценка возможности организации круглогодичной навигации в замерзающих морях с использованием судов определенного типа и ледоколов.

При подготовке навигационных рекомендаций основным видом информации о ледяном покрове являются сведения авиаразведки, дополненные данными ИСЗ, а также данные наблюдений береговых гидрометеорологических станций и судов, представленные в виде карт распределения льда.

Кроме того, используются пособия и руководства по учету влияния характеристик ледяного покрова и метеорологических факторов на условия плавания.

Следует учитывать особенности исходной информации о состоянии ледяного покрова, а также возможности использования такой информации при расчетах скорости движения судов во льдах.

Неравномерность распределения льдов в разных морских акваториях и изменение их плотности со временем дают возможность определять разные варианты перемещения по морским акваториям.

На практике используют традиционные маршруты движения судов исходя из опыта, накопленного за длительное время, и учитывающего особенности распределения льдов в определенном районе [28].

Учитываются следующие основные параметры [26]:

- данные о ветре и волнении;
- данные о течениях, льдах, туманах и возможном обледенении.

С учетом основных эксплуатационных характеристик судна — скорости, водоизмещения, загрузки — определяются потери скорости перемещения на отдельных участках маршрута, после чего вычисляются суммарная потеря скорости на всем маршруте и соответственно средняя скорость судна [28].

Важным показателем при перемещении во льдах является коэффициент извилистости пути плавания, который представляет собой отношение длины пути во льдах по факту к длине заданного маршрута по чистой воде.

Постоянной географической привязки рациональный путь плавания не имеет. Его общая длина является переменной величиной, вследствие чего коэффициент извилистости всегда больше единицы, поскольку в районе перемещения имеются разнообразные ледовые условия. Дополнительное увеличение пути в старых льдах с учетом их обхода составляет 10—30 %.

Абсолютная скорость судна при спокойной воде и имеющемся течении определяется курсовым углом течения q_T и относительной скоростью течения $\frac{v_T}{V}$:

$$(9) \quad V = V_V \sqrt{1 + 2 \frac{v_T}{V_L} \cos q_T + \left(\frac{v_T}{V_L}\right)^2},$$

где V — абсолютная скорость судна (узлы),

V_L — скорость судна по лагу (узлы),

v_T — скорость течения (узлы).

Если на судно воздействуют ветер и течение, то его скорость по лагу V_L изменяется на значение суммарных потерь, обусловленных ветром и волнением (ΔV_C):

$$(10) \quad V'_L = V_L - \Delta V_C.$$

Тогда формула (9) принимает вид:

$$(11) \quad V = V_L - \Delta V_C \sqrt{1 + 2 \frac{v'_{otn}}{V'_L} \cos q_T + (v'_{otn})^2},$$

$$v'_{otn} = \frac{v_T}{V_L - \Delta V_C},$$

где v'_{otn} — относительная скорость течения при наличии ветра и волнения.

Из формулы (11) следует, что абсолютная скорость судна при воздействии течения, ветра и волнения зависит от скорости и курсового угла течения, а также от суммарных потерь скорости судна, обусловленных ветром и волнением.

Из всего выше можно сделать вывод, что при построении рационального маршрута плавания нет постоянной географической привязки, его общая длина является переменной величиной, и коэффициент извилистости всегда превышает единицу. Дополнительное увеличение пути в старых льдах за счет их обхода составляет 10—30 %.

В общем, выбор рационального маршрута плавания необходимо осуществлять в следующих случаях:

- при движении по кратчайшему пути через зоны, в которых общая сплоченность льда минимальна;
- там, где более всего молодых форм льда;
- при минимальной торосистости льда.

Основным критерием, используемым для выбора построения рационального маршрута, являются суммарные затраты времени на длительность перехода.

Так же на рациональный маршрут плавания влияет и то что Арктические регионы характеризуются самыми сильными и быстрыми климатическими изменениями — в последние десятилетия до $0,8 \text{ K}/(10 \text{ лет})$ и более для среднегодовой приповерхностной температуры и до $1 \text{ K}/(10 \text{ лет})$ и более для среднесезонной.

2.1. Изменение ледовых условий и продолжительности навигационного периода.

Скорость современного приповерхностного потепления в Арктике гораздо выше глобальной и полушарной скоростей. Более впечатляющие изменения связаны с достаточно быстрым уменьшением ледовитости Арктического бассейна, в особенности в конце лета — начале осени. Это свидетельствует о возможности перспективы отсутствия морских льдов в Арктическом бассейне в летне-осенние месяцы уже в первой половине XXI в. Изменение режимов распространения морских льдов в Арктике имеет большое значение в связи с тем что существует перспектива развития арктических морских транспортных систем и освоением шельфа

Быстрые изменения арктического климата требуют подробных исследований их причин с оценкой роли воздействия естественных и антропогенных факторов. Одна из значительных неопределенностей, оценок климатических изменений, в арктических регионах связана с сильной климатической изменчивостью в высоких широтах. На фоне долгопериодных тенденций проявляются существенные межгодовые и междесятилетние разновидности температурного и ледового режимов.

Исходя из работ [20,31] где были представлены оценки возможных изменений ПНП для СМП в XXI в. по расчетам с ансамблем нового поколения климатических моделей мною были произведены расчеты периодов навигации от полного очищения акватории до первого появления льда на основании данных полярных станции вдоль всей протяженности СМП.

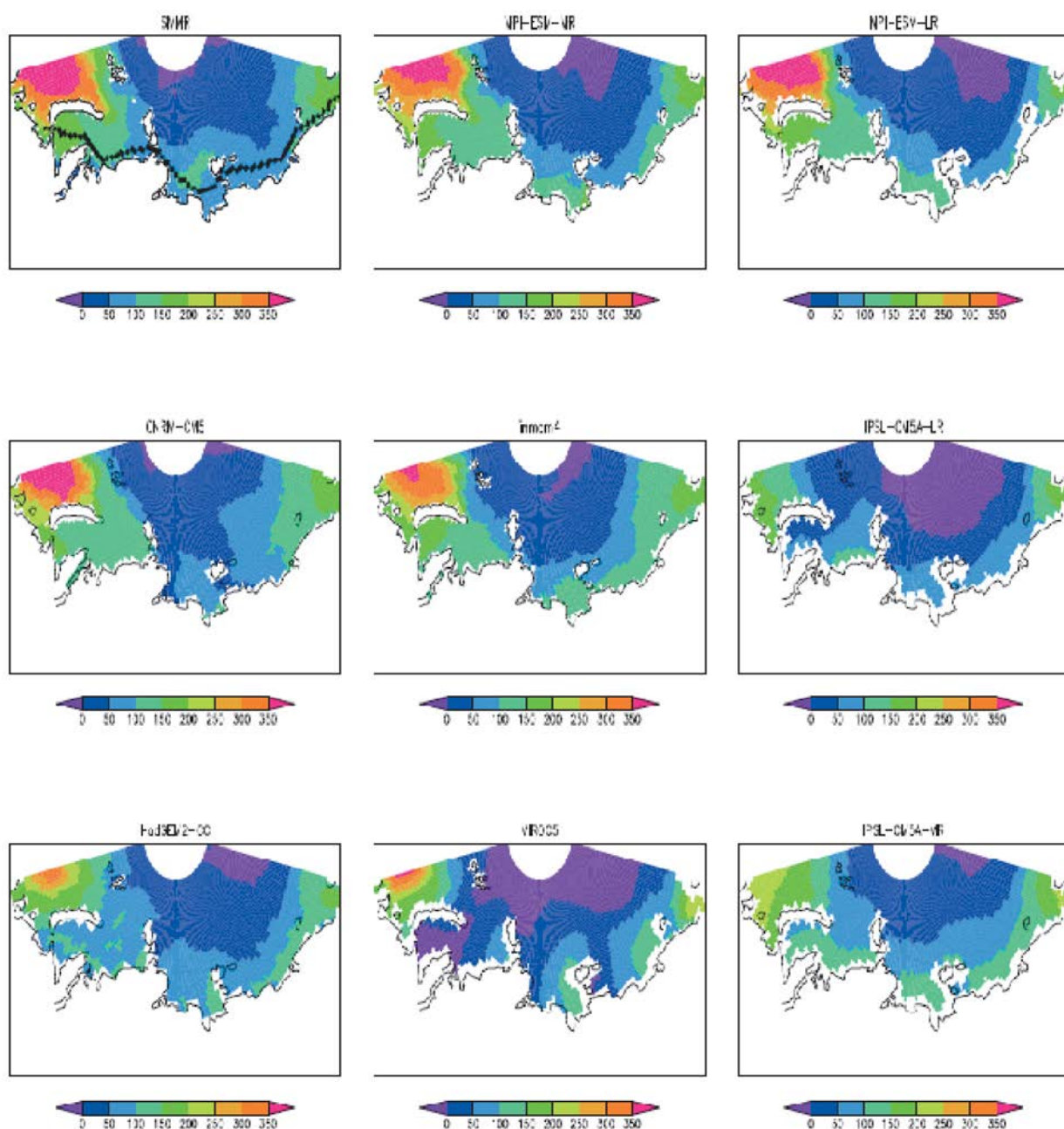


Рис.4 Средняя продолжительность навигационного периода (суток) при доле морских льдов не более 15% в 1980—2013 гг. по спутниковым данным (SMMR) и по расчетам с ансамблем климатических моделей. Отмечена также трасса СП, для которой оценивались изменения навигационного периода.

2.2. Сроки наступления ледовых явлений в Арктических морях по данным полярных станций.

Исходя из работ, где были представлены оценки возможных изменений ПНП для СМП в XXI в. по расчетам с ансамблем нового поколения климатических моделей мною были произведены расчеты периодов навигации от полного очищения акватории до первого появления льда на основании данных полярных станции вдоль всей протяженности СМП.

Таблица 3. Полное очищение акватории по Чукотскому морю.

Чукотское море			
	о.Врангеля	Ванкарем	Уэлен
2008-2009	18.07	13.07	4.07
2009-2010	4.08	4.08	1.08
2010-2011	н/д	25.07	22.06
2011-2012	н/д	4.09	24.07
2012-2013	н/д	19.07	24.06
2013-2014	н/д	н/д	н/д
2014-2015	н/д	н/д	13.06
2015-2016	н/д	н/д	н/д
2016-2017	н/д	10.07	23.06
2017-2018	н/д	18.07	28.06

Таблицы 4. Первое появление льда по Чукотскому морю.

Чукотское море			
	о.Врангеля	Ванкарем	Уэлен
2008-2009	10.10	20.10	09.11
2009-2010	23.10	09.11	15.11
2010-2011	08.10	03.11	09.11
2011-2012	н/д	02.11	17.11
2012-2013	н/д	22.09	18.10
2013-2014	н/д	21.10	20.11
2014-2015	н/д	23.11	08.12
2015-2016	н/д	н/д	н/д
2016-2017	н/д	13.11	15.11
2017-2018	н/д	18.11	08.12

Таблица 5. Полное очищение акватории по Восточно-Сибирскому морю.

Восточно-Сибирское море					
	Амбарчик	Рау-Чау	Айон	Певек	Валькаркай
2008-2009	17.06	16.08	08.08	30.06	29.06
2009-2010	13.06	19.07	20.08	31.07	23.08
2010-2011	16.06	02.07	05.07	02.07	21.07
2011-2012	17.06	04.08	13.08	11.08	27.08
2012-2013	25.07	25.07	30.07	31.07	н/д
2013-2014	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
2014-2015	30.06	17.07	03.07	н/д	н/д
2015-2016	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
2016-2017	06.07	17.08	31.08	29.06	н/д
2017-2018	18.06	20.08	18.06	30.06	06.08

Таблица 6. Первое появление льда по Восточно-Сибирскому морю.

Восточно-Сибирское море					
	Амбарчик	Рау-Чау	Айон	Певек	Валькаркай
2008-2009	11.10	14.10	14.10	14.10	21.10
2009-2010	01.10	05.10	17.10	06.10	28.10
2010-2011	01.10	16.10	15.10	19.10	23.10
2011-2012	01.10	05.10	05.10	13.10	13.10
2012-2013	07.10	18.10	24.10	22.10	н/д
2013-2014	04.10	03.10	05.10	07.10	09.10
2014-2015	14.10	19.10	25.10	21.10	03.11
2015-2016	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
2016-2017	18.10	26.10	06.11	10.11	11.11
2017-2018	07.10	22.10	26.10	25.10	27.10

Таблица 7. Полное очищение акватории по морю Лаптевых.

море Лаптевых					
	Тикси	Котельный	Санникова	Кигилях	Дунай
2008-2009	н/д	24.07	25.08	26.08	31.08
2009-2010	06.08	25.07	03.08	н/д	09.08
2010-2011	15.07	26.07	27.08	15.07	22.07
2011-2012	09.07	29.07	04.08	26.07	н/д
2012-2013	25.07	35.07	30.07	31.07	н/д
2013-2014	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
2014-2015	28.07	22.06	н/д	25.07	н/д
2015-2016	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
2016-2017	06.07	17.08	31.08	29.06	н/д
2017-2018	05.07	30.07	27.08	13.08	н/д

Таблица 8. Первое появление льда по морю Лаптевых.

море Лаптевых					
	Тикси	Котельный	Санникова	Кигилях	Дунай
2008-2009	08.10	11.10	12.10	19.10	10.10
2009-2010	08.10	11.10	10.10	05.10	07.10
2010-2011	08.10	12.10	12.10	9.10	01.10
2011-2012	08.10	14.10	09.10	12.10	н/д
2012-2013	07.10	18.10	24.10	22.10	н/д
2013-2014	05.10	10.10	10.10	09.10	н/д
2014-2015	08.10	18.10	18.10	18.10	н/д
2015-2016	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
2016-2017	09.10	15.10	14.10	19.10	н/д
2017-2018	04.10	04.10	05.10	04.10	н/д

Таблица 9. Полное очищение акватории по северо-восточной части Карского моря.

Северо-восточная часть Карского моря					
	м.Стерлегова	о. Известий	о. Виде	о.Голомянный	м.Челюскен
2008-2009	26.07	26.07	06.08	02.10	04.07
2009-2010	06.08	25.07	03.08	н/д	09.08
2010-2011	07.07	03.07	н/д	23.08	25.07
2011-2012	18.07	11.07	23.06	01.09	31.07
2012-2013	15.08	06.06	24.07	н/д	н/д
2013-2014	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
2014-2015	24.07	н/д	н/д	н/д	04.08
2015-2016	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
2016-2017	01.08	18.08	17.08	01.08	н/д
2017-2018	18.07	30.07	30.07	06.08	11.07

Таблица 10. Первое появление льда по северо-восточной части Карского моря.

Северо-восточная часть Карского моря					
	м.Стерлегова	о.Известий	о.Виде	о.Голомянный	м.Челюскен
2008-2009	09.10	13.10	29.10	ост.лед	30.09
2009-2010	29.10	27.10	04.11	21.10	23.10
2010-2011	08.10	12.10	12.10	09.10	01.10
2011-2012	20.10	26.10	05.10	21.10	22.10
2012-2013	19.10	27.10	03.11	29.10	21.10
2013-2014	07.10	14.10	19.10	05.10	30.09
2014-2015	н/д	14.10	09.10	06.10	11.10
2015-2016	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
2016-2017	09.10	15.10	14.10	19.10	н/д
2017-2018	14.10	19.10	13.10	09.10	09.10

Таблица 11. Полное очищение акватории по юго-западной части Карского моря.

Юго-западная часть Карского моря						
	Болван Нос	Амдерма	Марре Сале	о.Белый	о.Вилькицкого	о.Диксон
2008-2009	23.06	08.07	27.07	02.08	19.07	14.07
2009-2010	н/д	28.06	22.07	17.07	22.07	24.07
2010-2011	20.06	08.07	30.07	н/д	03.07	09.07
2011-2012	06.06	29.05	23.06	н/д	н/д	03.07
2012-2013	08.07	16.07	10.08	22.07	н/д	24.07
2013-2014	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
2014-2015	н/д	12.06	25.06	06.07	н/д	15.07
2015-2016	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
2016-2017	27.06	02.07	27.07	21.07	н/д	15.07
2017-2018	29.06	н/д	20.08	14.06	н/д	01.07

Таблица 12. Первое появление льда по юго-западной части Карского моря.

Юго-западная часть Карского моря						
	Болван Нос	Амдерма	Марре Сале	о. Белый	о.Вилькицкого	о. Диксон
2008-2009	14.01	27.11	08.11	16.10	20.10	09.10
2009-2010	01.12	16.11	07.11	23.10	24.10	22.10
2010-2011	02.12	27.11	14.11	н/д	11.10	01.10
2011-2012	19.11	20.11	02.11	03.11	н/д	14.10
2012-2013	06.12	29.11	03.11	29.10	н/д	12.10
2013-2014	05.11	01.11	03.10	18.10	н/д	09.10
2014-2015	17.11	20.10	17.10	17.10	н/д	09.10
2015-2016	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
2016-2017	23.12	24.11	03.11	06.11	н/д	31.10
2017-2018	23.12	24.11	03.11	06.11	н/д	31.10

На основании приведенных данных, а так же исследования можно говорить, что существует тенденция к увеличению продолжительности навигационного периода.

Отметим, что распределение трендов опосредованно учитывает физико-географические особенности регионов и особенности воздействия на ПРМЛ различных гидрометеорологических факторов, которые уже довольно хорошо изучены [3, 21, 27 и др.] Если они были бы одинаковыми, то тренды для всех регионов совпадали и выход на безледный режим стал бы одновременным. Например, отмечается существенное расхождение в полном очищении акватории Баренцева, Карского морей. В первом случае указанные моря находятся под сильным влиянием притока теплых атлантических вод и теплых воздушных масс с Норвежского моря, во втором случае Гренландское море находится в основном под воздействием арктических воздушных масс и холодного Восточно-Гренландское течения, которое выносит в море большие массы арктического льда. Это существенно замедляет процесс очищения моря от льда.

3. Изменение климата Арктики и ПРМЛ

Как известно, для Арктики характерен ярко выраженный годовой ход ледовитости, амплитуда которого обычно существенно превышает ее среднегодовые значения. При этом максимум ПРМЛ практически везде отмечается в марте, а минимум – в сентябре. Однако изменчивость ледовитости в указанные месяцы сильно различается. Межгодовая изменчивость мартовских значений ПРМЛ по сравнению с сентябрьскими значительно меньше. Арктический бассейн к концу зимы также практически полностью покрыт морским льдом.

Помимо того, что Арктика является очень трудным районом для изучения, она также является одним из четырех регионов мира, которые по оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) являются наиболее уязвимыми для изменения климата (наряду с малыми островными государствами, Африкой и мегадельтами африканских и азиатских рек) [19]. Происходящее, а в частности, ожидаемое влияние этих изменений на природу Арктики, является значительным, и, в отличие от множества других регионов мира, в том числе других, более уязвимых для изменения климата, регионов планеты, которые могут иметь значительное влияние на глобальный климат, что означает глобальную значимость изменения климата в Арктике.

Арктика представляет собой средоточие множества до сих пор, мало изученных, но климатически значимых процессов, и климатических обратных связей которые функционируют в климатической системе [20]. Существенная часть климатических обратных связей приносится в высокие широты криосферой, а конкретно - морским льдом со всей присущей ему сложностью термодинамических и динамических процессов. Наравне с криосферой, отличительные черты образования облачности и атмосферного пограничного слоя, низкая влажность атмосферы, необычная стратификация Северного Ледовитого океана. Своеобразная значимость субарктических

морей Северной Атлантики в глобальной термохалинной циркуляции (формируемой за счет градиентов плотности, и вследствие разнородности распределения температуры и солёности вод океана) и многие другие характерные черты делают Арктику очень сложным объектом с точки зрения прогнозирования, физико-математического моделирования и построения климатических сценариев [19, 21].

(Климатический сценарий, следуя определению МГЭИК, здесь относится к наиболее вероятной будущей эволюции климата, в соответствии с предположениями о будущих эмиссиях (сценариях эмиссий) парниковых газов и других атмосферных примесей, таких как сульфатный аэрозоль, и с существующим представлением, о влиянии изменений концентрации, этих примесей, на климат.

Соответственно, при сценарии изменения климата предполагается разница между климатическим сценарием и текущим состоянием климата. Поскольку сценарии выбросов формируются на основе определенных предположений о будущем экономическом, технологическом, демографическом и т. д. развитии человечества, климатические сценарии, а также сценарии изменения климата следует рассматривать не как прогноз, а только как внутренне согласованные модели вероятных будущих состояний климатической системы.

Признание международным сообществом важности и актуальности, вышеупомянутых научных проблем, в минувшие годы нашло отражение в ряде широкомасштабных инициатив. Согласно исследованиям арктического климата и его изменений - как на национальном, так и на международном уровнях. Изменение климата в Арктике и итоги этих процессов, разбираются в оценочных отчетах, одним из наиболее полных и детальных на сегодняшний день остается доклад, «Оценка климатических воздействий в Арктике» (ACIA). Который был опубликован в 2005 году [19]. В нем приводятся оценки отмечаемых и прогнозируемых изменений арктического

климата, а кроме того их влияние на экосистемы, людей и промышленные объекты.

В 2010 году были опубликованы оценки рабочей группы «Арктического совета по сохранению арктической флоры и фауны» (CAFF) [29], которые подтверждают выводы, сделанные в докладе упомянутом выше. Согласно этим оценкам, изменение климата становится наиболее значительным долгосрочным фактором, влияющим на биоразнообразие Арктики.

На протяжении прошедших десятиков лет непрерывно истощение отдельных редких мест обитания арктической флоры и фауны: в частности, в связи с таянием и уменьшением площади морского льда, который играет достаточно важную роль в жизнедеятельности ряда вида птиц и животных. Регистрируется начало тенденции к снижению численности их популяции. Похожие процессы происходят и на суше. «Динамика индекса трендов арктических видов» (Arctic Species Trend Index, ASTI) демонстрирует, что за эти три с половиной десятилетия популяция позвоночных сократилась на 10%. А численность таких видов как северный олень и северный канадский олень - на треть всего за десятилетие, при том что, популяция большинства видов, исследуемых CAFF, в целом остается стабильной или даже растет. На суше отмечается наступление древесной растительности на традиционные экосистемы тундры, включая травы, мхи, лишайники, площадь которых сокращается [30].

Выводы этих и некоторых других исследований и отчетов об оценке текущих и ожидаемых изменений арктического климата и их последствий в XXI веке фиксируют высокую вероятность сохранения тенденции ускоренного потепления в арктическом регионе по сравнению с планета в целом [19]. Естественная и техногенная среды Арктики и ее жители весьма чувствительны к изменениям климата. И, равно как отмечалось выше,

Арктика считается не только объектом и индикатором, но и достаточно важным фактором изменения глобального климата.

Арктический регион это ярким примером того как научных проблем превращаются в политические. Быстрые изменения в арктическом климате, наблюдаемые в последние десятилетия, и еще большие изменения, ожидаемые в XXI веке, могут радикально ухудшить существующие или породить новые межгосударственные проблемы, связанные с поиском и разработкой источников энергии, использованием морских транспортных путей и биологических ресурсов, делимитация континентального шельфа, состояние окружающей среды и т.д. Они также могут стать фактором дестабилизации морской (в том числе военно-морскую) деятельности в этом районе.

Быстрее и масштабнее, нежели на остальной части Земли в Арктике, последние десятилетия, происходили изменения климата.

По данным Гидрометцентра России [29] в 2011 г. среднегодовая температура в Арктике достигла абсолютного максимума (за период с 1891 г.). В то же время, насколько это возможно для оценки данных наблюдений, а также косвенных данных, позволяющих на основе анализа и использования моделей с разной степенью достоверности восстановить отдельные климатические характеристики далекого прошлого, [29] климат Арктики всегда характеризовался активной природной изменчивостью.

В этом контексте, особого внимания заслуживает дискуссия о двух масштабных эпизодах потепления в Арктике в двадцатом веке. Один, из которых был отмечен в первой половине столетия. Второй (все еще продолжающийся и уже превосходящий первый) начался в 1970-х годах. Предлагаются разные механизмы, объяснения первого арктического потепления [29]. Однако нет никаких сомнений в том, что это было связано с естественными причинами. Во втором потеплении некоторые исследователи

также не видят ничего, кроме естественной изменчивости, в то время как другие полагают, что, по крайней мере, частично, это потепление вызвано антропогенными воздействиями в виде повышенных концентраций парниковых газов в атмосфере [29]. Если это так, то, с точки зрения предсказуемости, или, конкретнее, воспроизводимости в модельных расчетах, эти два эпизода потепления в Арктике принципиально различны.

В таком случае стоит упомянуть и то обстоятельство, что географическое распределение ожидаемых изменений температуры качественно не изменяется на протяжении всей истории использования глобальных моделей общей циркуляции атмосферы, и океана для различных сценариев антропогенного воздействия в виде выбросов парниковых газов в атмосферу. Такая ситуация с присущим ей более сильным потеплением суши по сравнению с океаном, а кроме того максимальным потеплением в Арктике. (Рис. 4).

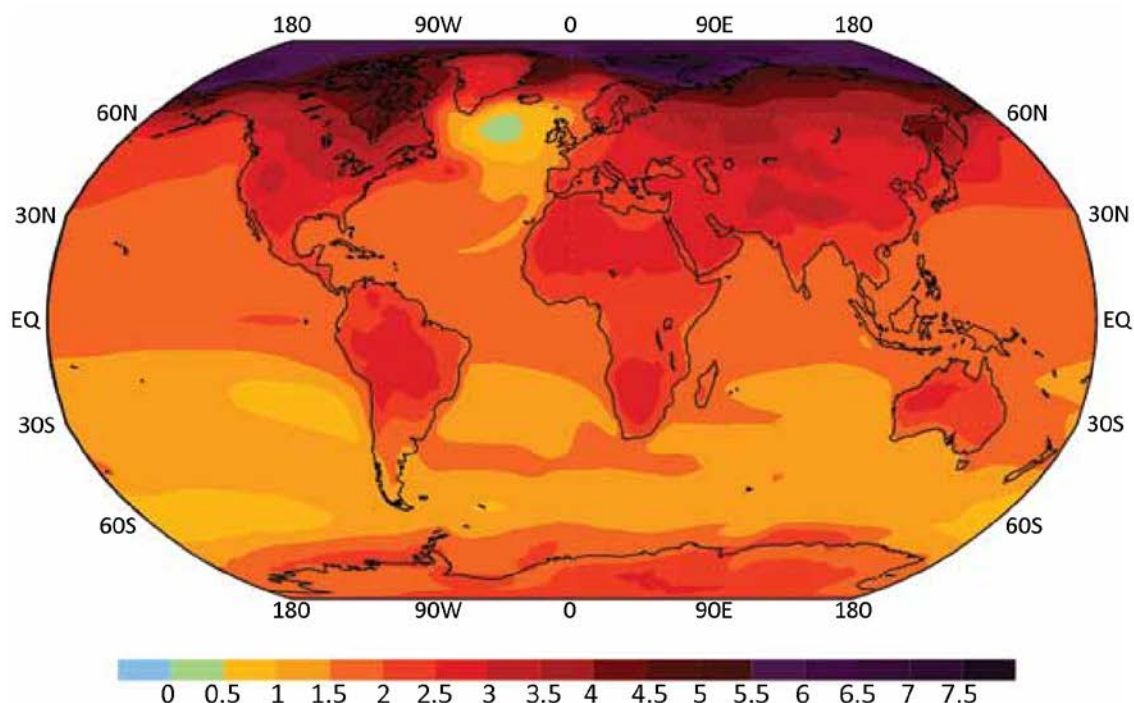


Рис. 4. Потепление

Что касается прогнозируемых изменений атмосферных осадков, то Арктика относится к числу регионов мира, где их относительное усиление в текущем столетии максимально. Все современные физико-математические модели прогнозируют рост выпадения осадков на протяжении XXI в., по крайней мере, на большей части территории Арктики [12]. Модели указывают также на понижение атмосферного давления в Арктике в XXI в.

Особую тревогу вызывает скорость таяния ледяного покрова Северного Ледовитого океана. Рекордный минимум за тридцатилетие спутниковых наблюдений был, достигнут в 2007 г.; показатель 2011 г. (4.33 млн. кв. км) - второй в этом ряду рекордов.

3.1. Факторы, влияющие на изменение площади морского льда.

За период спутниковых, т.е. наиболее надежных, наблюдений за ледяным покровом Мирового океана площадь сентябрьского льда в Северном Ледовитом океане сокращалась с ускорением - к 2011 г. скорость этого сокращения по отношению к периоду 1979-2000 г. превысила 12% за десятилетие (рис. 5).

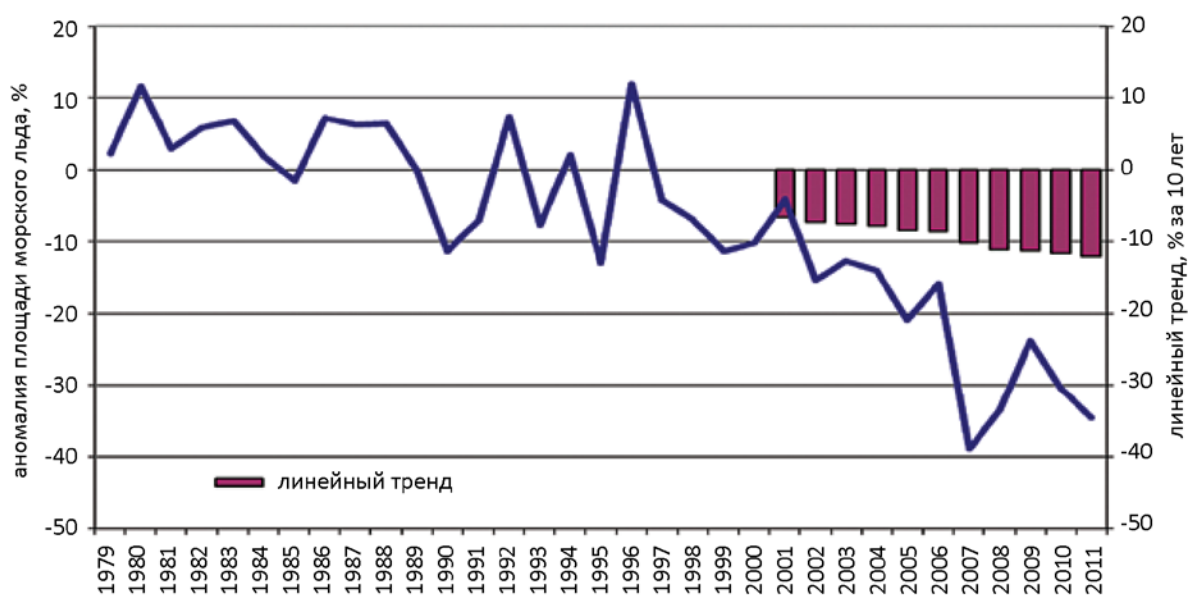


Рис. 5. Изменение площади морского льда.

Еще одним важным следствием и одновременно фактором изменения климата является деградация вечной мерзлоты. На северной территории России, на многих ее участках, с конца XX в. происходило увеличение температуры многолетней мерзлоты и глубины протаивания. В Сибири за последние 30 лет произошло смещение зоны активной деградации мерзлоты в восточном направлении - «заозеренность» Западной Сибири сократилась, а Восточной Сибири - выросла. В то же время состояние мерзлоты в Восточном секторе Арктики можно считать пока стабильным [30].

Помимо разнообразных воздействий на разные сектора экономики (прежде всего России, но не только ее), ожидаемые изменения вечной мерзлоты некоторые исследователи связывают с опасностью резкого увеличения потока в атмосферу парниковых газов естественного происхождения, содержащегося в вечной мерзлоте, что должно способствовать усилению парникового эффекта. Оценки положительной обратной связи между глобальным потеплением и указанными выбросами парниковых газов варьируют от пренебрежимо малых до катастрофических. Неопределенность усугубляется недостаточным пониманием роли арктических экосистем в глобальном углеродном цикле [30].

Глобальный характер присущ еще двум последствиям изменений климата в Арктике. Во-первых, возможным изменениям крупномасштабной циркуляции Мирового океана в результате увеличения экспорта пресной воды из Арктики в Северную Атлантику (в частности, возможно ослабление меридионального переноса тепла в Северной Атлантике из низких в высокие широты с соответствующими последствиями для климата в Европе). Во-вторых, росту уровня Мирового океана вследствие таяния Гренландского ледникового щита, который содержит достаточно воды для подъема уровня до 7 м. При потеплении в

интервале 2-5°C это таяние может происходить медленно - многие сотни и даже тысячи лет. Однако не учитываемые в современных климатических моделях динамические процессы в ледниковом щите, по мнению ряда экспертов, могут существенно ускорить поступление массы льда и воды в океан. Количественные оценки указанных факторов в настоящее время весьма затруднены.

Перечисленные проблемы, без сомнения, исключительно серьезны и важны, прежде всего, как факторы значительной неопределенности в оценках будущих изменений климата разных пространственных и временных масштабов. В том числе: будущего арктического льда (десятилетия?); судьбы углерода, содержащегося в вечной мерзлоте (десятилетия, столетия?); глобальных последствий изменений пресноводного бюджета Северного Ледовитого океана (от десятилетий до тысячелетия?); роли динамики ледниковых щитов в подъеме уровня океана (столетия, тысячелетия?).

Изменения климата уже оказывают серьезные воздействия на природные, хозяйственные и социальные системы российской Арктики. Вероятность усугубления этих воздействий высока; ряд ожидаемых последствий - крайне негативен. В то же время, потепление климата повлечет за собой увеличение части так называемых климатических ресурсов Арктического региона и улучшение климатических условий его развития, хотя сам регион останется в числе территорий с наиболее суровыми погодно-климатическими условиями. Все эти предполагаемые и уже происходящие перемены в условиях хозяйствования имеют огромное значение, учитывая геополитическую и геоэкономическую роль российской Арктики; в частности, то, что именно в этом регионе сосредоточено 60% добычи российской меди, 80% - природного газа, более 90% никеля, кобальта и платиноидов.

3.2. Вероятные последствия изменений ледяного покрова Северного Ледовитого океана

Изменения ледяного покрова важны как для экосистем, так и для экономики, социальной сферы и национальной безопасности Российской Федерации [2; 20]. Наиболее существенными представляются следующие последствия, вероятность которых достаточно высока. Прежде всего, увеличение продолжительности летней навигации и развитие в связи с этим морского судоходства [20; 21], включая морские перевозки грузов, а также туризма (включая экотуризм), в первую очередь по Северному морскому пути. При этом высокая степень изменчивости ледовой обстановки может затруднять многие виды морских операций.

Кроме того, облегчится доступ по морю к природным ресурсам Арктики, включая место - рождения энергоносителей на шельфе Северного Ледовитого океана, на который, по некоторым оценкам, приходится до 13% мировых запасов нефти [30]. Это откроет новые возможности для развития экономики, создания новых рабочих мест, но одновременно породит дополнительные проблемы для окружающей среды и хозяйственной деятельности.

В частности, уменьшение ледяного покрова арктических морей, особенно ранней осенью, усиливает разрушительное воздействие штормов на береговую зону, ущерб расположенным в ней хозяйственным объектам, прежде всего инфраструктуре, и угрозы жизни проживающих там людей. Кроме того, более ранние сроки таяния и более поздние сроки восстановления ледяного покрова делают его более хрупким, существенно увеличивая риск, сокращая сроки и эффективность охоты коренных жителей региона [30].

Потепление климата может привести к развитию некоторых рыбных промыслов, включая вылов сельди и трески, при этом районы обитания и

пути миграции многих видов рыбы изменятся. В то же время, ожидаемые изменения ледяного покрова Северного Ледовитого океана могут резко ухудшить условия и среду обитания некоторых видов фауны, таких, например, как белый медведь.

Одной из важнейших экономических проблем, возникающих в связи с ожидаемыми изменениями ледяного покрова Мирового океана в Северном Ледовитом, является будущее ледокольного флота. Согласно выводам доклада Национального исследовательского совета США, подготовленного в 2005 г. для комитета по оценке роли и будущих потребностей полярных ледоколов Береговой охраны США и др. ведомств этой страны [2], а также исследований, выполненных в 2007-2008 г. в России Советом по изучению производительных сил Минэкономразвития России, необходимо не только не сокращать, но, напротив, развивать ледокольный флот, включая использование больших ледоколов. В условиях теплеющей Арктики ожидается, с одной стороны, облегчение доступа судов в высокие широты и увеличение экономической и другой активности в этом регионе; с другой - сохранение, по меньшей мере, сезонного ледяного покрова (хоть и меньшей толщины, сплоченности и протяженности), а также рост количества айсбергов, затрудняющих доступ судов в Северный Ледовитый океан. Ледоколы призваны помочь решать возрастающий круг задач, обеспечивая постоянное присутствие исследовательских и других судов в Арктическом регионе.

Под влиянием потепления климата будет происходить деградация вечной мерзлоты, включая увеличение толщины сезонно-талого слоя и отрыв замерзающей части этого слоя от глубинных толщ вечной мерзлоты [21]. Тундровые ландшафты отличаются высокой уязвимостью к внешним воздействиям, и протаивание многолетне-мерзлых грунтов будет сопровождаться их просадками и уменьшением прочностных характеристик, обводнением или обсыханием территории. Это влечет за

собой угрозу надежности и устойчивости строительных конструкций и инженерных сооружений, не говоря уже об ухудшении условий для традиционного сохранения продуктов в погребах домашних хозяйств. Главные риски касаются объектов хозяйственной инфраструктуры и магистральных трубопроводов, что особенно важно для территории севера Западной Сибири, учитывая низинный и равнинный характер местности с преобладанием грунтов органического происхождения, а также наличие в этом районе крупнейшей газодобывающей провинции, являющейся основным источником ресурсов газа России.

Более значительному протаиванию подвержены песчаные грунты. Поскольку преобладание таких грунтов в северной части Западной Сибири характерно для русел рек, постольку наиболее уязвимыми из многочисленных видов инженерных сооружений будут портовые объекты и другие сооружения инфраструктуры водного транспорта. Песчаные грунты также преобладают на территории полуострова Ямал, на месторождениях которого в ближайшие годы планируется начать добычу газа.

Наиболее значимым и разрушительным по своим возможным последствиям по отношению к сооружениям является полный отрыв верхней крошки многолетне-мерзлых грунтов от толщ реликтовой мерзлоты, расположенных ниже. В этом случае появляется слой талых грунтов, не промерзающих зимой, и свойства многолетне-мерзлых грунтов не будут отличаться от обычных условий, характерных, например, для умеренной климатической зоны Европейской части территории

При таком развитии процессов вечная мерзлота сохраняется лишь на больших глубинах, превышающих толщины грунтов, затрагиваемых при инженерно-строительной деятельности. Но в первые десятилетия XXI в. подобные явления наметятся лишь в крайних южных районах зоны вечной

мерзлоты, которые сейчас характеризуются как районы островной мерзлоты. Как показывают расчеты, изменение многолетне-мерзлых грунтов в Западной Сибири явится существенным фактором, который окажет воздействие на работу топливноэнергетического комплекса в XXI в.

Каков бы ни был прогресс в наблюдениях и моделировании, хаотическая природа климатической системы всегда будет влиять на точность и надежность этих оценок, обуславливая, таким образом, их вероятностный характер. Поэтому принятие решений всегда будет носить характер поиска «второго наилучшего» и будет связано с рисками просчетов в планировании и реализации мер по смягчению последствий изменений климата, прежде всего, мер упреждающей адаптации наиболее уязвимых регионов, таких как Арктика, к указанным изменениям. Цена таких ошибок может быть очень высока. Поэтому в целях снижения рисков инвестирование в научные исследования (в частности и в особенности, Арктики) является одновременно необходимым и экономически целесообразным, позволяя уменьшить неопределенность региональных прогнозов и оценок изменений климата и, соответственно, последствий этих изменений.

Заключение

Проанализированы выгоды использования СМП. Краткий анализ деятельности в Арктике позволивший воспроизвести основные события на трассе СМП, объемы выполняемых грузоперевозок, и, основные этапы истории использования, трассы.

Результатом исследования можно считать установленные изменения ледовых условий. Однозначны изменения продолжительности навигационного периода, связанные с совершенствованием судов, тактики ледового плавания, системы гидрометеорологического и ледового обеспечения судоходства. Происходит уменьшение ледовитости Арктического бассейна, так же изменение режимов распространения морских льдов, что в свою очередь может способствовать развитию арктических морских транспортных систем и освоению шельфа. Были представлены оценки возможных изменений ПНП для СМП от полного очищения акватории до первого появления льда на основании данных таблиц полученных с полярных станций [33]. Показана существующая зависимость между ухудшением экологической ситуацией и изменением длительности периода навигации по СМП.

Список используемых источников.

1. Северный морской путь: аналитическая оценка современного состояния и проблемы развития / Отчет НИР. – М.: Изд. Союзморниипроекта, 2005.
2. Итоговый доклад заместителя Министра транспорта Российской Федерации – руководителя Федерального агентства морского и речного транспорта Олерского В.А. «Об итогах работы морского и внутреннего водного транспорта в 2018 году задачах на 2019 год и среднесрочную перспективу до 2020 года» [Электронный ресурс]// <https://www.mintrans.ru/file/413275> (дата обращения: 16.02.2019).
3. Дмитриев А. А. История научного обеспечения мореплавания // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2002. – Вып. 73. – С. 7 – 28.
4. Сибирцев Н., Итин В. Северный морской путь и Карские экспедиции. – Новосибирск: Зап. – Сиб. Краевое изд., 1936. – 231 с.
5. Белов М. И. История открытия и освоения Северного морского пути. Т.3. – Л.: Морской транспорт, 1959. – 510 с.; Т. 4. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 616 с.
6. Евгенов Н. И., Купецкий В. Н. Научные результаты полярной экспедиции на ледоколах «Таймыр» и «Вайгач» в 1910 – 1915 годах. – Л.: Наука, 1985. – 183 с.
7. Амундсен Р. Северо-восточный проход. Собр. соч. Т. 3. – Л., 1936.
8. Евгенов Н. И., Алексеев Ю. К. Научно-оперативное обслуживание и исследовательская работа Карских морских экспедиций // Центр. Торг. бюлл. ТАСС. – 1932. – №9 – 10. – С. 11 – 15.

9. Каневский З. М. Директор Арктики. – М.: Изд. Политической литературы, 1977. – 62 с.
10. Бородачев В. Е., Шильников В.И. История ледовой авиационной разведки. – СПб: Гидрометеиздат, 2002. – 441 с.
11. Визе В. Ю. Моря Советской Арктики. – М., Л.: Изд. Главсевморпути, 1948. – 416 с.
12. Лактионов А. Ф. Северный полюс. – М.: Морской транспорт, 1955. – 472 с.
13. Дзердзеевский Б. Л. Организация работы службы погоды в Арктике. // Бюллетень АНИИ. – 1934. – № 10.
14. Толстикова Е. И. Служба погоды на мысе Шмидта. – М., Л.: Изд. ГСМП, 1940. – 36 с.
15. Горбунов Ю. А., Мороз В. Г. Использование дрейфующих радиовех и ДАРМС в научном обеспечении морских арктических операций // Морской флот. – 1968. №7. – 28 с.
16. Романов И. П., Константинов Ю. Б., Корнилов Н. А. Дрейфующие станции «Северный полюс» (1937 – 1991 гг.) – СПб: Гидрометеиздат, 1997. – 225 с.
17. Бузуев А. Я. Транзитное плавание по Северному морскому пути. – В кн.: Человек, море, техника. – Л.: Судостроение, 1980. – с. 156 – 165.
18. Воеводин В. А., Мурзин А. И. Опыт научно-оперативного гидрометеорологического и ледового обеспечения зимних плаваний в Арктике // Метеорология и гидрология. – 1981. - № 8. – с. 115 – 117.
19. Бедрицкий А. И. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации в 2 томах, Росгидромет, 2008.

20. Порфирьев Б. Н., Катцов В. М., Рогинко С. А. Изменения климата и международная безопасность. Российская академия наук. – 2011 – 290 с.
21. Бирман Б. А. и Бережная Т. В. Основные погодно-климатические особенности Северного полушария Земли. Аналитический обзор. Гидрометцентр России. – 2012 – 56 с.
22. Иоханнессен О. М., Александров В. Ю., Фролов И. Е. и др. Научные исследования в Арктике. Т. 3. Дистанционное зондирование морских льдов на Северном морском пути: изучение, применение. СПб: Наука. – 2007. – 512 с.
23. Ключев В. В. Формализация оценки безопасности акватории Северного морского пути // Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2016. – № 4 (38). С. 69—74.
24. Королёв И. Ю. Оценка допустимого отклонения пути судна от обследованной полосы // Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2016. – № 6 (40). С. 105—112.
25. Лебедев Г. В. Развитие арктической морской транспортной системы / В сб. научных трудов ЗАО ЦНИИМФ: Техническая эксплуатация морского транспорта. СПб. – 2014. – С. 77—84.
26. Мироненко А. А. Градиентная модель программного движения судна // Навигация и гидрография. – 2012. – № 34. С. 35—42.
27. Миронов Е. У., Ашик И. М., Дымов В. И. и др. Модели и методы расчета и прогноза ледовых и океанографических условий в Арктических морях // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2010. – № 2 (85). С. 16—28.
28. Рукша В. В., Белкин М. С., Смирнов А. А., Арутюнян В. Г. Структура и динамика грузоперевозок по Северному морскому

- пути: история, настоящее и перспективы // Арктика: экология и экономика. – 2015. – № 4 (20). С. 104—110.
29. Мелешко В. П., Катцов В. М., Говоркова В. А., Надежина Е. Д., Павлова Т. В., Спорышев П. В., Школьник И. М., Шнееров Б. Е., Изменения климата России в 21-м веке. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. (Бедрицкий А.И. и др., ред.), в 2 томах, Росгидромет, т.1, – 2008 – С. 174 – 213.
30. Букварева Е. Н., Роль наземных экосистем в регуляции климата и место России в посткиотском процессе. М., – 2011 – 63 с.
31. Мохов И. И., Хон В. Ч. Оценки перспектив Северного морского пути при изменениях климата на основе расчетов с ансамблем климатических моделей // Изменение окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы. — Т. 3. — Ч. 2: Природные процессы в полярных областях Земли. — М.: ИГ РАН. — 2008. — С. 20—27.
32. Катцов В. М., Порфирьев Б. Н. Климатические изменения в Арктике: последствия для окружающей среды и экономики. – ИНП РАН. – 2012.
33. [Электронный ресурс]//<http://www.aari.ru/projects/ECIMO/index.php?im=100> (дата обращения: 30.02.2019).