

DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-170-182

## THE PROBLEM OF HYDROMETEOROLOGICAL MAINTENANCE OF YEAR-ROUND NAVIGATION IN THE EAST SIBERIAN SEA

**A. Yu. Sharonov, V. A. Shmatkov**

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,  
St. Petersburg, Russian Federation

*The consideration of the possibility of year-round navigation in the East Siberian Sea on the basis of taking into account the features of the formation and development of meteorological conditions for navigation and ensuring environmental safety in the Arctic zone of Russia. The characteristics of the research object are considered from the point of view of operational requirements for ice, temperature and other characteristics for ships operating in polar waters. The presented data of the main navigational characteristics, especially dangerous and dangerous ice cover allow to take into account a certain combination of these parameters as conditions determining the possibility or impossibility of navigation in a particular period of time. As an example, the characteristics of ice conditions in the East Siberian Sea at the end of the autumn-winter period (October-May) and summer-autumn (June-September) are given. The analysis of formation of ice conditions of navigation from 1999-2017 in August-September is given. Separately, the conditions of navigation in the area of predominance of old and most powerful and strong ice are considered. A brief review and analysis of the meteorological and ice regime of the East Siberian Sea is presented. The main attention is paid to the characteristics that have a significant impact on polar navigation: navigational characteristics of ice, low air temperatures, storm winds, rapidly changing weather conditions. The conditions of ice navigation during the period of ice growth in October-May and melting in July-September are given. The nature of navigation in Arctic waters is considered when three types of ice conditions are formed: light, medium and heavy. Thus, ensuring year-round navigation in the East Siberian Sea allows us to scientifically solve the operational problems and planning the flight, taking into account hydrometeorological factors.*

*Keywords: Polar navigation, hydrometeorological navigation support, hazardous weather conditions, risk level, wind, fog, sea level, ice conditions, types of ice conditions, speed in ice, icebreaker, ice operations headquarters, recommendations to the courts.*

**For citation:**

Sharonov, Andrei Yu., and Vladimir A. Shmatkov. "The problem of hydrometeorological maintenance of year-round navigation in the East Siberian Sea." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.1 (2018): 170–182. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-170-182.

**УДК 551.509**

## ЗАДАЧИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КРУГЛОГОДИЧНОЙ НАВИГАЦИИ В ВОСТОЧНО-СИБИРСКОМ МОРЕ

**А. Ю. Шаронов, В. А. Шматков**

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

*Основной темой статьи является рассмотрение возможности круглогодичной навигации в Восточно-Сибирском море на базе учета особенностей формирования и развития гидрометеорологических условий в целях навигации и обеспечения экологической безопасности в Арктической зоне России. Характеристики объекта исследования рассмотрены с точки зрения эксплуатационных требований по ледовому, температурному режиму и другим характеристикам для судов, работающих в полярных водах. Представленные данные основных навигационных характеристик, особо опасных и опасных условий ледяного покрова позволяют учитывать определенное сочетание этих параметров как условия, определяющие возможность или невозможность плавания в конкретный период времени. В качестве примера даны характеристики ледовых условий в Восточно-Сибирском море на конец осенне-зимнего периода (октябрь – май) и летне-осеннего (июнь – сентябрь). Дан анализ формирования ледовых условий плавания*

с 1999 – 2017 гг. в августе – сентябре. Отдельно рассмотрены условия плавания в районе преобладания старых и наиболее мощных и прочных льдов. Представлен краткий обзор и анализ метеорологического и ледового режима Восточно-Сибирского моря. Основное внимание уделено характеристикам, оказывающим существенное влияние на полярное судоходство: навигационные характеристики льда, низкие температуры воздуха, штормовые ветры, быстроменяющиеся погодные условия. Приведены условия ледового плавания в период нарастания льда в октябре – мае и таяния в июле – сентябре. Характер плавания в арктических водах рассматривается при формировании трех типов ледовых условий: легких, средних и тяжелых. Таким образом, обеспечение круглогодичной навигации в Восточно-Сибирском море позволяет научно обоснованно решать задачи оперативного характера и планирования рейса с учетом гидрометеорологических факторов.

*Ключевые слова:* полярное судоходство, гидрометеорологическое обеспечение навигации, опасные условия погоды, уровень риска, ветер, туман, уровень моря, ледовый режим, типы ледовых условий, скорость движения во льду, ледокольная проводка, штаб ледовых операций, рекомендации судам.

**Для цитирования:**

Шаронов А. Ю. Задачи гидрометеорологического обеспечения круглогодичной навигации в Восточно-Сибирском море / А. Ю. Шаронов, В. А. Шматков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 1. — С. 170–182. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-170-182.

---

### **Введение (Introduction)**

Полярное судоходство является обособленным видом деятельности в мировом судоходстве, поэтому знания и опыт в этом отношении доступны относительно малому кругу специалистов. Условия Арктики и Антарктики настолько суровы и специфичны по сравнению с обычными условиями мореплавания, что применение обычных стандартов к конструкции и оборудованию судна, его снабжению и экипажу в полярных водах создает неприемлемый уровень рисков, так как на первоначальном этапе решение будет приниматься лицами, не всегда обладающими достаточным опытом (судоводители, портовые диспетчеры и т. д.).

Ограничения, предусмотренные Полярным судовым свидетельством (Polar Ship Certificate) и Руководством по эксплуатации в полярных водах (Polar Water Operational Manual), не являются жесткими и не устанавливает конкретных территориально-временных ограничений, а условия мореплавания в одних и тех же районах полярных вод в разное время года разительно отличаются.

Изменения погоды, ледовой обстановки и температуры в полярных водах весьма неожиданны, часто непредсказуемы, а решения должны приниматься в отношении рейсов, которые длятся в течение недель и месяцев, на основе пока еще ненадежных прогнозов. В полярных водах нет или мало портов-убежищ, ограничена доступность спасательных служб, что не позволяет уменьшить последствия возможной ошибки.

С целью дополнения существующих инструментов ИМО для повышения безопасности эксплуатации судов и ограничения ее влияния на людей и окружающую среду в удаленных, уязвимых и потенциально отличающихся суровым климатом полярных водах, разработан Международный Полярный кодекс [1]. Этот документ рассматривает виды опасности, способные приводить к повышению уровня риска как вследствие увеличения вероятности возникновения нежелательного события, так и вследствие возникновения более тяжелых его последствий либо и того и другого одновременно. Среди указанных опасностей необходимо отметить следующие:

1. Лед, поскольку он может оказывать влияние на конструкции корпуса, характеристики остойчивости, механические установки, плавание, условия работы на открытом воздухе, техническое обслуживание и готовность к чрезвычайным ситуациям, а также приводить к нарушению нормальной работы оборудования и систем безопасности.
2. Обледенение верхних конструкций, груза и т. п., имеющее результатом возможное снижение остойчивости и работоспособности оборудования.

3. Низкие температуры, поскольку они оказывают влияние на условия работы и работоспособность людей, на техническое обслуживание и готовность к чрезвычайным ситуациям, на свойства материалов и эффективность оборудования, время выживания и эксплуатационные показатели оборудования и систем безопасности.

4. Быстро изменяющиеся суровые погодные условия, потенциально приводящие к росту и развитию масштаба происшествий.

Уровень риска в полярных водах может быть различным в зависимости от географического района, времени года, а именно: уровня освещенности и количества льда и т. п. Таким образом, требуемые меры по ограничению последствий действия рисков, характерные для указанных выше отдельных видов опасности, могут варьироваться в пределах полярных вод и быть различными для акваторий Арктики и Антарктики. Прохождение трассы и работа судов в водах Российской Арктики должны быть безопасными для них и для экологии Арктики. Эти два аспекта ледовой навигации могут быть обеспечены хорошим знанием ледовых условий на трассе и способностью судна преодолевать льды без аварий. Для выполнения гидрографических работ необходимо иметь сведения о ледовых условиях не только на трассе перехода в район работ, но и на акватории самого района. Различие географического положения арктических морей обуславливает пространственную и временную неоднородность распределения льдов и метеорологических характеристик на их акваториях. Это определяет необходимость исследовать метеорологические и ледовые условия отдельно для каждого моря и по локальным районам одного и того же моря [2].

### **Методы и материалы (Methods and Materials)**

*Метеорологические условия плавания.* Ветры в Восточно-Сибирском море формируются в зависимости от общей циркуляции атмосферы и ряда местных особенностей: на акватории моря — наличие и отсутствие морского дрейфующего льда, на суше — орография (описание) рельефа местности и т. п. В узких заливах, проливах, устьевых участках рек особенно с высокими берегами ветры дуют вдоль берегов. Скорость ветра в открытом море составляет в среднем 4 – 6 м/с. Летом скорость ветра больше, чем зимой [3], [4]. Повторяемость ветра скоростью 15 м/с и более в открытом море и на большей части побережья относительно невелика. Количество дней со штормовым ветром больше 20 м/с в отдельных пунктах может составлять 45, 48 и даже 65 дней в году, достигая при этом скорости сильных штормов 20 – 28 м/с, а зимой жестоких штормов и ураганов — 30 – 35 м/с. В морском порту Певек возможна скорость ветра 40 м/с и более в течение отдельных периодов года из-за местных особенностей.

Число дней со штормом на побережье Восточно-Сибирского моря изменяется в больших пределах (от 15 до 50 за год) в зависимости от особенностей положения станций, но в целом увеличивается с запада на восток. Реже всего штормовые ветры отмечаются на станциях о. Жохова (14 дней), р. Алазея (16 дней), о. Айон (20 дней). Наиболее часто сильные ветры фиксировались в бухте Амбарчик (48 дней за год) и в Певеке (более 60 дней), т. е. на станциях с резко выраженным воздействием орографии на ветровой режим.

Из местных ветров особого внимания заслуживает «южак» в бухте Певек — сильный, порывистый юго-восточный ветер, сопровождаемый фёновыми явлениями. «Южак» возникает внезапно, скорость его часто достигает ураганных значений (40 – 45 м/с). Зона действия «южака» не превышает нескольких километров по ширине, в море его влияние простирается на несколько десятков километров. Штормовые ветры фёнового характера наблюдаются также в бухте Амбарчик и на мысе Шелагский.

Средние скорости ветра над акваторией Восточно-Сибирского моря от сезона к сезону меняются незначительно, их годовая амплитуда не превышает 2 м/с. Максимальные скорости ветра, измеренные на полярных станциях в Восточно-Сибирском море, почти повсеместно достигают 40 м/с. Летом они обычно не превышают 22 – 24 м/с в западной части моря и 28 – 32 м/с в вос-

точной. Аналогично и в переходные сезоны величины максимальных скоростей ветра возрастают с запада на восток.

При благоприятных условиях ледового плавания, когда ледовитость моря невелика, угрозу для плавания многих судов на фоне сильного ветра, забрызгивания и заливания корпуса судна при отрицательных температурах воздуха представляет их обледенение. Наиболее часто это явление наблюдается во второй половине сентября и начале октября. В арктических морях встречается три типа обледенения:

- морское обледенение — намерзание льда на корпусе судна вследствие забрызгивания и заливания его поверхности забортовой водой;
- атмосферное обледенение — отложение льда на корпусе судна и надстройках, обусловленное замерзанием капель дождя, мороси, тумана или примерзанием мокрого снега;
- смешанное обледенение — примерзание смоченного забортовой водой снега, а также сочетание морского и атмосферного обледенений.

Скорость нарастания льда при том или ином типе обледенения зависит от гидрометеорологических условий. Установлены следующие градации обледенения [5].

*Медленное обледенение* — на корпусе судна в течение одного часа образуется до 1,5 т льда. Происходит при температуре воздуха от 0 °С до –3,0 °С и любой скорости ветра.

*Быстрое обледенение* — масса льда на корпусе судна за один час может достичь 4,0 т. Наблюдается при температуре воздуха от –3,0 до –8,0 °С и скорости ветра 7 – 15 м/с.

*Очень быстрое обледенение* — в течение часа на корпусе судна образуется более 4 т льда. Отмечается при температуре воздуха ниже –8,0 °С и скорости ветра более 15 м/с.

В течение всего года плавание может осложняться ограниченной видимостью [6]. В светлое время года опасной для мореплавания является видимость менее 1 мили. Основными атмосферными явлениями, которые ухудшают видимость в рассматриваемом районе, являются туманы и метели.

Зимой ухудшение видимости чаще связано с метелями. При туманах видимость составляет менее 1000 м. В рассматриваемом районе за год отмечается 70 – 80 дней с туманами. Продолжительность туманов отмечается от 30 мин до нескольких суток. Зимой туманы наблюдаются редко — не более одного-двух дней. В основном это слабые и непродолжительные туманы. Туманы с низкими значениями видимости и продолжительные по времени образуются вблизи кромки льда и над открытыми полыньями. В мае месяце число дней с туманами может возрастать до 6 – 10 дней, в июле – августе — до 19, а в отдельные годы до 26 дней. К сентябрю их число начинает снижаться до 5 – 10 дней. В прибрежной зоне часто наблюдаются *адвективные туманы*. Осенью нередко отмечаются *туманы испарения* [7].

На мелководных акваториях моря опасность для судов представляют сгонно-нагонные колебания уровня, например, в проливах Санникова и Дмитрия Лаптевых, а также в устьевых участках р. Индигирка и Колыма.

Пространственное распределение температуры воздуха над Восточно-Сибирским морем резко меняется от сезона к сезону. Зимой, с ноября по март, на полях температуры сказывается адвекция тепла в тихоокеанских циклонах. Летом основным климатообразующим фактором становится приток солнечной радиации в условиях полярного дня.

Дополнительный комплекс требований Полярного кодекса относительно длительной эксплуатации судов в условиях низких температур содержит градацию базовых значений расчетных внешних температур, базовые значения которых охватывают наиболее типичные районы эксплуатации судов в условиях сурового климата [1]. В годовом ходе температуры воздуха отмечается один минимум (в конце зимы – февраль – март) и один максимум — в конце лета (август – сентябрь). В зимние месяцы на температуру воздуха оказывает влияние близость полюса холода (Оймякон). Самым теплым районом моря является его юго-восточная часть, куда через Чукотское море поступает более теплый воздух с Тихого океана. Большую часть года над Восточно-Сибирским морем наблюдаются отрицательные температуры.

Продолжительность периода с положительными среднесуточными температурами составляет менее 2 мес. в северной части моря и 3 – 3,5 мес. — в южной. Устойчивый переход температуры воздуха через 0 °С в сторону ее повышения раньше всего (конец мая) происходит в Чаунской губе и устьевой части р. Колыма, и лишь полтора месяца спустя (10 – 15 июля) в северо-восточной части моря. Осенний переход температуры воздуха через 0 °С в сторону ее понижения в северо-восточной части моря происходит уже в конце июля, а к 15 сентября вся акватория Восточно-Сибирского моря находится в области устойчивых отрицательных температур воздуха. Минимальные температуры воздуха могут составлять в зимние месяцы от –40 – –42 °С вблизи о. Врангеля, до –45 – –48 °С в прибрежной части моря. Летом над большей частью акватории ежегодно можно ожидать понижения температуры воздуха до 0 °С. Аналогично средне из абсолютных максимумов значений составляют летом над открытым морем 10 – 15 °С, у побережья до 20 – 25 °С. [7] – [9].

Температура воздуха в Арктике тесно связана с ветровым режимом. Зимой в прибрежных районах ветры, дующие с охлажденного континента, как правило, на несколько градусов холоднее, чем ветры, дующие со стороны моря. Самые сильные морозы зимой чаще всего отмечаются в бухтах и заливах при штилевой погоде. Связь термического режима с облачностью проявляется в уменьшении междусуточной изменчивости температуры в пасмурную погоду, сглаживании пространственных температурных контрастов. При ясной погоде амплитуда суточных колебаний температуры возрастает в несколько раз.

### Результаты (Results)

**Краткая характеристика ледового режима.** С октября по май – июнь море полностью покрыто льдом. Устойчивое ледообразование начинается на северной границе моря в конце августа, а в первой декаде октября в прибрежной зоне моря образуется молодой лед.

Припай Восточно-Сибирского моря является самым обширным в арктических морях России. В западной мелководной части его граница в марте находится около северного побережья Новосибирских островов на расстоянии 50 – 80 км. В районе р. Индигирка его ширина составляет 285 км. В восточной части моря ширина припая не превышает 30 км.

*Осенне-зимний период.* Отличие плавания судна во льдах и по чистой воде заключается в том, что во льдах судно преодолевает ледовое сопротивление (ломку, переворачивание, притапливание и раздвигание льдин, сопротивление при трении и ударах корпуса о льдины и др.), которое значительно больше, чем сопротивление чистой воды. Величина полного ледового сопротивления зависит от характеристик и состояния ледяного покрова. Основными навигационными характеристиками ледяного покрова являются: концентрация (сплоченность), стадия развития (толщина), формы льда (размеры льдин), торосистость, разрушенность, прочность, высота снега на льду.

Изменение значений каждого из перечисленных параметров приводит к изменению состояния ледяного покрова. При определенном сочетании этих параметров в ледяном покрове создаются условия, опасные для судоходства. Опасность для судоходства могут представлять и такие ледяные образования, как айсберги и куски айсбергов, несяки, стамухи, зоны набивного льда, сильно заторошенные поля многолетнего льда, ледяные острова и их куски (толщина 30 – 60 м).

Для навигационной характеристики ледовых условий в Восточно-Сибирском море использованы параметры ледяного покрова на конец осенне-зимнего периода (в мае). В этом месяце ледяной покров окончательно формируется и достигает своих предельных значений. Показателем ледовых условий в летне-осенний период может служить площадь районов моря, освобождающаяся ото льда в период таяния. Характерными месяцами являются август и сентябрь [10] – [12].

Возрастной состав льда в осенне-зимний период в западной и восточной части моря показан в табл. 1.

Таблица 1

**Возрастной состав льда в осенне-зимний период, %**

Возраст льда	Месяцы			Толщина ледяного покрова, м	Торосистость, баллы	Толщина двухлетних и многолетних полей, м
	X	II	V			
Западная часть моря						
Молодой лед	64	5	4	–	–	
Однолетний тонкий	4	3	2	–	–	
Однолетний средний	5	17	2	–	–	
Однолетний толстый	0	60	80	1,8 – 2,0	2 – 3	
Двухлетний многолетний	17	15	12	–	–	3 – 4
Восточная часть моря						
Молодой лед	47	2	2			
Однолетний тонкий	8	2	1			
Однолетний средний	6	10	2			
Однолетний толстый	0	54	65	1,8 – 2,0	3 – 4	
Двухлетний многолетний	30	32	30	–	–	3 – 4

Разрушение ледяного покрова начинается в июле и продолжается до конца октября. Процесс очищения моря ото льда завершается в сентябре. Количество сплоченных льдов 7 – 10 / 10 на конец июля составляет 76 %, разреженных (1 – 6 / 10) — 13%, на конец августа — 45 и 23 %, на конец сентября — 36 и 21 % соответственно. Количество сплоченных льдов 7 – 10 / 10 в Восточно-Сибирском море в конце сентября составляет 36 %.

*Ледяные массивы.* Скопления сплоченных льдов образуют два ледяных массива: Новосибирский в западной части и Айонский в восточной части. Новосибирский состоит из припайных льдов местного образования и может исчезнуть в любую из декад, начиная с 3 декады июля. Айонский ледяной массив является самым мощным в арктических морях. Он формируется из местных однолетних льдов различного возраста и многолетних льдов, поступающих из Арктического бассейна. Толщина однолетних льдов составляет 1,85 – 1,90, двухлетних и многолетних — 3 – 4 м, торосистость ледяного покрова — 6 – 8 / 10. Лды Айонского массива исчезают полностью редко.

К северу от Восточно-Сибирского моря проходит участок традиционной высокоширотной трассы Северного морского пути. Ледовые условия плавания на данном участке, из-за преобладания старых наиболее мощных и прочных льдов и повышенной протяженности сплоченных льдов, являются наиболее трудными.

На протяжении всего навигационного периода в восточной части Восточно-Сибирского моря по сравнению с другими морями формируются самые неблагоприятные условия плавания.

*Вторжение труднопроходимых льдов на трассы плавания.* При развитии ледовых условий по неблагоприятному типу на трассах плавания могут формироваться тяжелые или экстремальные (очень тяжелые) условия плавания. Сами по себе тяжелые ледовые условия не являются аномальными или опасными для плавания. Такие ситуации на судоходных трассах наблюдаются, как правило, в июле. Затем происходит резкое улучшение ледовых условий плавания [13].

Опасными являются случаи, когда ледовая обстановка осложняется очень быстро в течение от двенадцати часов до нескольких суток и не может быть спрогнозирована заранее. Это происхо-

дит в результате выноса на трассы плавания тяжелых сплоченных льдов со сжатием. Такие ситуации называются *обвалом сплоченных льдов на трассе плавания*. Суда попадают в ледовый плен, и их самостоятельное плавание становится невозможным.

Среднемесячная повторяемость (%) случаев обвалов сплоченных льдов 9 – 10 / 10 [9] на трассах показана в табл. 2.

Таблица 2

**Среднемесячная повторяемость (%) случаев обвалов сплоченных льдов 9 – 10 баллов на трассах за период 1942 – 2009 гг.**

Район моря	Июль	Август	Сентябрь
Запад Восточно-Сибирского моря	0	1	1
Восток Восточно-Сибирского моря	0	5	6

В западной части моря судоходные трассы оказываются заблокированными льдом в районе Новосибирских островов. В восточной части тяжелые льды Айонского ледяного массива в результате интенсивного южного дрейфа смещаются к Чукотскому побережью, перекрывая пути плавания.

*Сжатие ледяного покрова.* Главной причиной сжатия в районах судоходства является ветер. Вероятность появления сжатий зависит от скорости и направления ветра. При этом основную роль играют скорость и продолжительность действия ветра. Так, при скорости ветра 6 – 10 м/с и продолжительности его действия 18 ч, вероятность образования сжатия составляет 1,0 при скорости 11 м/с и более уже после 12 ч независимо от направления.

Сжатие льдов считается одним из наиболее опасных ледовых явлений, которые чаще всего являются причиной вынужденного дрейфа и даже гибели судов. Степень сжатия, площадь его распространения продолжительность действия зависят от причин, его вызывающих (ветер, течения и др.), и свойств самого льда (толщина, торосистость). Большое значение имеют также препятствия на пути дрейфа льда: берега, острова, стамухи и припай.

*Условия ледового плавания.* Формирование ледяного покрова в арктических морях можно разделить на два периода: нарастание льда в октябре – мае и таяние льда в июне – сентябре. В отдельные годы в зависимости от развития гидрометеорологических процессов границы указанных периодов могут сдвигаться.

В течение первого периода акватории арктических морей покрыты льдами различного возраста и толщины, что при любом развитии гидрометеорологических условий требует ледокольного обеспечения. Мощность энергетической установки ледокола в этот период должна обеспечивать ему ледопробитость примерно 2,5 м, а с учетом необходимости преодоления участков торосистого и многолетнего льда — максимум примерно 3,5 м. Эта оценка дана при условии, что ледоколу требуется обеспечить непрерывное движение транспортных судов по трассе.

В течение второго периода акватории арктических морей постепенно освобождаются ото льда. Сроки начала летней навигации традиционно определялись в зависимости от времени начала таяния льда и взлома припая, сроки окончания навигации — временем наступления осенних ледовых явлений. В летний период протяженность участков сплоченного льда сокращается, а в результате таяния и разрушения снижается его прочность. Это позволяет существенно уменьшить мощность ледоколов, обеспечивающих плавание судов в летний период. С учетом прочности льда необходимая ледопробитость ледокола может составлять 1,4 – 1,6 м.

**Обсуждение.** При анализе судоходства в арктических морях необходимо учитывать тенденции многолетних изменений ледовых условий на СМП. В отдельные годы в Арктике форми-

руются очень сложные ледовые условия (аномально тяжелые). В эти годы вся прибрежная трасса от Карских ворот до Берингова пролива покрыта сплошным льдом, припай разрушается только в середине августа, а новый процесс ледообразования начинается уже в первой декаде сентября. Проводка транспортных судов ледоколами затруднена. Нередко даже мощные атомные ледоколы испытывают большие затруднения при проходе в тяжелых многолетних льдах. Часто происходит их «заклинивание», возникает необходимость постоянного окалывания проводимых судов. В таких условиях возникают аварийные ситуации и даже гибель судов.

Формируются и аномально легкие ледовые условия. В годы с аномально легкими ледовыми условиями взлом припая происходит в конце июня, а в конце июля возможно безледокольное плавание. Арктические моря почти полностью освобождаются ото льда, а ледообразование начинается лишь в конце сентября. Продолжительность безледокольного плавания при таких условиях составляет 80 – 120 сут.

В качестве примера ледовых условий приведем следующие значения ледовитости в августе за период 1990 – 2017 гг.:

- минимальное значение — 27.12.2008 — 94,7;
- максимальное значение — 21.08.1996 — 1974,7;
- среднее значение — 1050,1.

В результате многолетнего опыта гидрометеорологического обеспечения навигации на трассе СМП учеными ААНИИ выделено три типа ледовых условий, которые определяют характер плавания в арктических морях, а именно: самостоятельное плавание или под проводкой ледокола — это легкие, средние и тяжелые условия. В табл. 3 представлена количественная оценка типов ледовых условий за период с 1990 по 2005 гг. [14] – [16].

Таблица 3

**Типы ледовых условий в период 1990 – 2005 гг.**

Месяц	Часть моря					
	западная часть			восточная часть		
	тип ледовых условий					
Июль	Л и ОЛ	С	Т и ОТ	Л и ОЛ	С	Т и ОТ
	5	3	8	8	2	6
Август	9	3	4	8	1	7
Сентябрь	12	-	3	9	-	6

Условные обозначения: Л и ОЛ — легкие и очень легкие ледовые условия; С — средние; Т и ОТ — тяжелые и очень тяжелые.

В период 2008 – 2017 гг. в августе и сентябре тяжелые и очень тяжелые условия наблюдались только в августе на высокоширотной трассе в течение трех лет: 2008, 2013, 2014 гг., остальные годы были средними и легкими.

Критерии допуска судов на Северный морской путь в соответствии с их ледовым классом указаны в «Правилах плавания в акватории Северного пути» [17] – [19]. Для судов различных ледовых классов эти критерии приведены в табл. 4 – 6.

В табл. 4 – 6 приняты следующие условные обозначения:

СП — самостоятельное плавание;

ПЛ — плавание под проводкой ледокола;

Т — тяжелые ледовые условия в соответствии с официальной информацией Росгидромета;

С — средние ледовые условия в соответствии с официальной информацией Росгидромета;

Л — легкие ледовые условия в соответствии с официальной информацией Росгидромета;

+ — плавание судна разрешено;  
 – — плавание судна запрещено.

Таблица 4

**Для судов без ледовых усилений и с ледовым классом Ice1 – Ice3  
 в период навигации с июля по 15 ноября\***

Ледовый класс судна	Способ ледового плавания	Восточно-Сибирское море	
		юго-западная часть	северо-восточная часть
		Т С Л	Т С Л
Нет**	СП***	---	---
	ПЛ	--+	--+
Ice1	СП	--+	--+
	ПЛ	--+	--+
Ice2	СП	--+	--+
	ПЛ	--+	--+
Ice3	СП	--+	--+
	ПЛ	--+	--+

\* Для судов без ледовых усилений и с ледовым классом Ice1 – Ice3 плавание в акватории Северного морского пути с 16 ноября по 31 декабря и с января по июнь запрещено.

\*\* Нефтяные танкеры, газовозы, химовозы валовой вместимостью 10 000 и более, не имеющие ледовых усилений, могут осуществлять плавание в акватории Северного морского пути только по чистой воде в сопровождении ледокола в период с июля по 15 ноября.

\*\*\* Судам без ледовых усилений, за исключением нефтяных танкеров, газовозов, химовозов валовой вместимостью 10 000 и более, разрешено самостоятельное плавание в акватории Северного морского пути только по чистой воде.

Таблица 5

**Для судов с ледовым классом Arc4 – Arc9  
 в период навигации с июля по ноябрь**

Ледовый класс судна	Способ ледового плавания	Восточно-Сибирское море	
		юго-западная часть	северо-восточная часть
		Т С Л	Т С Л
Arc4	СП	--+	--+
	ПЛ	-++	-++
Arc5	СП	-++	-++
	ПЛ	+++	+++
Arc6	СП	+++	+++
	ПЛ	+++	+++
Arc7	СП	+++	+++
	ПЛ	+++	+++
Arc8	СП	+++	+++
	ПЛ	+++	+++
Arc9	СП	+++	+++
	ПЛ	+++	+++

**Для судов с ледовым классом Arc4 – Arc9 в период навигации  
с января по июнь и в декабре**

Ледовый класс судна	Способ ледового плавания	Восточно-Сибирское море	
		юго-западная часть	северо-восточная часть
		Т С Л	Т С Л
Arc4	СП	--+	--+
	ПЛ	--+	--+
Arc5	СП	--+	--+
	ПЛ	--+	--+
Arc6	СП	--+	--+
	ПЛ	--+	--+
Arc7	СП	--+	--+
	ПЛ	+++	+++
Arc8	СП	-++	-++
	ПЛ	+++	+++
Arc9	СП	+++	+++
	ПЛ	+++	+++

Примечания к табл. 4 – 6: 1. Для ледоколов с ледовым классом Icebreaker9 ограничения по самостоятельному плаванию в акватории Северного морского пути отсутствуют. 2. Для ледоколов с ледовым классом Icebreaker6 – Icebreaker8 в период навигации с июля по ноябрь разрешено самостоятельное плавание.

В настоящее время вывоз нефти с платформы «Приразломная» обеспечивают нефтеналивные танкеры ледового класса Arc6 «Михаил Ульянов» и «Кирилл Лавров». Осенью 2016 г. «Совкомфлот» начал вывоз нефти с Новопортовского нефтегазоконденсатного месторождения танкерами ледового класса Arc7 «Штурман Альбанов», «Штурман Малыгин» и «Штурман Овцев». Для вывоза сжиженного газа для «Ямал-СПГ» в Корею заказано строительство танкеров-газовозов Arc7. Первый из этой серии газовоз «Кристоф Де Маржери» построен и прошел успешные испытания в Карском море. Во льду толщиной 1,5 м, двигаясь кормой вперед, он развивал скорость 6,2 уз. Успешно преодолел торос высотой 4,5 м и подводной частью (килем) — 12 – 15 м. Первый коммерческий рейс из Хаммерфеста в Норвегии до порта Порён (Южная Корея) по СМП продолжался 22 дня и завершился 12 августа 2017 г. Попутно был установлен новый рекорд прохождения по СМП — 6,5 сут.

Для судов с ледовым классом Arc6 в период навигации с января по июнь и в декабре разрешено самостоятельное плавание и под проводкой ледокола при легком типе ледовых условий (табл. 7). С июля по ноябрь разрешено плавание при любом типе ледовых условий (см. табл. 5).

Для судов с ледовым классом Arc7 с января по июнь и в декабре самостоятельное плавание разрешено при легком типе ледовых условий и плавание под проводкой ледокола при любом типе ледовых условий (см. табл. 7). С июля по ноябрь разрешено плавание при любом типе ледовых условий самостоятельно и под проводкой ледокола (см. табл. 6).

Скорость движения судна во льду зависит не только от толщины льда. Установлено, что при неудовлетворительной видимости скорость движения ледокола в автономном режиме уменьшается в среднем на 10 %, а при проводке транспортных судов — на 15 %. Значительное влияние на скорость движения во льдах оказывает снежный покров. При высоте снежного покрова больше 10 – 12 см снег на льду учитывается как добавочный слой льда, равный высоте снежного

покрова. Существенно влияют на снижение технических ледовых скоростей судов и караванов сжатие льда.

Рассмотрим возможность прохода танкера-газовоза Восточно-Сибирским морем зимой. В соответствии со своим ледовым классом газовоз способен преодолевать лед толщиной 1,8 м, но это при скорости движения 1,5 – 2 уз и при максимальном расходе топлива, которое требуется для обеспечения максимальной мощности. Уже в феврале в море устанавливаются очень тяжелые условия плавания. В западной части толщина льда 1,8 – 2,0 м занимает 60 % площади, 15 % — двухлетние и многолетние льды с толщиной льда в ледяных полях 3 – 4 м. В восточной части 54 % и 32 % соответственно (см. табл. 1 и 2). Торосистость составляет 6 – 8/10. Климат Восточно-Сибирского моря крайне неустойчив, прогнозировать формирование сжатий или их исчезновение очень сложно. С практической точки зрения гарантированное плавание возможно только при наличии ледокольной проводки. И даже в этом случае рассчитать количество времени, которое потребуется для преодоления участка трасс СМП в море, практически невозможно. С экономической точки зрения осуществлять такие рейсы нецелесообразно. В настоящее время все рейсы в восточном направлении по трассам СМП заканчиваются обычно в ноябре, а начинаются в конце июня. По мнению руководства «Совкомфлота», которое основано на большом опыте работы в этом регионе, проход в восточном направлении такого судна как «Кристофер Де Маржерей»: «...возможен как эксперимент, но в целесообразности его использования в качестве регулярного маршрута у нас есть очень серьезные сомнения...» (kommersant.ru>doc3256943). Однако появление судов такого класса может несколько увеличить период работы на трассах.

### Заключение (Conclusion)

Обеспечение круглогодичной навигации в Восточно-Сибирском море может быть гарантировано введением в строй атомных ледоколов нового поколения, строительством специализированных судов с ледовым усилением, в том числе специальных газовозов (СПГ-танкеров) и восстановлением надежного гидрометеорологического обеспечения любых операций в акватории моря.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международный кодекс для судов, эксплуатирующихся в полярных водах (Полярный кодекс). — СПб.: АО «ЦНИИМФ», 2016. — 232 с.
2. Атлас Арктики. — М.: ГУГК, 1985. — 204 с.
3. Брызгин Н. Н. Опасные метеорологические явления в Российской Арктике / Н. Н. Брызгин, А. А. Дементьев. — СПб.: Гидрометеиздат, 1996. — 156 с.
4. Климат России. — СПб.: Гидрометеиздат, 2004. — 196 с.
5. Бенземен В. Ю. Арктическая транспортная система: краткая история и перспективы развития / В. Ю. Бенземен, В. Н. Комендантов, В. А. Шматков. — СПб.: ООО «Бланк издательство», 2004. — 94 с.
6. Глухов В. Г. Детализация параметров опасных для мореплавания явлений погоды / В. Г. Глухов // Эксплуатация морского транспорта. — 2007. — № 2. — С. 27–28.
7. Лоция Восточно-Сибирского моря. — СПб.: ГУНИО, 1988. — 207 с.
8. Справочник по опасным гидрометеорологическим и ледовым явлениям на трассах Северного морского пути // Интернет-портал ЕСИМО. — 2009 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.aari.ru/resources/a0011\\_12/manual\\_op/content.html](http://www.aari.ru/resources/a0011_12/manual_op/content.html) (дата обращения: 15.12.2017).
9. Васильев В. В. Тенденции изменения климата на севере в Российской Арктике / В. В. Васильев, В. С. Селин // Север и рынок: формирование экономического порядка. — 2015. — № 1 (44). — С. 5–13.
10. Наблюдения за ледовой обстановкой: учеб. пособие. — СПб.: ГУ ААНИИ, 2009. — 360 с.
11. Митник Л. М. Динамика ледяного покрова в морях Восточно-Сибирском и Лаптевых по данным спутникового микроволнового зондирования во второй половине октября 2014 г / Л. М. Митник, Е. С. Хазанова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2015. — Т. 12. — № 2. — С. 100–113.
12. Лебедев Г. А. О значении переохлаждения морской воды и образования внутриводного льда при

формировании водной массы и ледяного покрова в Восточно-Сибирском и Чукотском морях / Г. А. Лебедев, В. И. Федотов, Н. В. Черепанов // *Метеорология и гидрология*. — 2014. — № 2. — С. 45–55.

13. Опасные ледовые явления для судоходства в Арктике / Под ред. д-ра географ. наук Е. У. Мирнова. — СПб.: ААНИИ, 2010. — 320 с.

14. Государственный научный центр «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [aari.ru/main.html](http://aari.ru/main.html) (дата обращения: 15.12.2017).

15. The U.S. National Ice Center (NIC) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.natice.noaa.gov/> (дата обращения: 15.12.2017).

16. Плотников В. В. Мониторинг ледовых условий в системе морей восточного сектора Арктики (Восточно-Сибирское, Чукотское моря) в конце XX начале XXI вв. / В. В. Плотников, О. Н. Руденко // *Научные труды Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета*. — 2017. — Т. 40. — № 2. — С. 22–28.

17. Правила плавания в акватории Северного морского пути (утверждена приказом № 7 Министерства транспорта РФ от 17 января 2013 г.). С изменениями и дополнениями от 9 января 2017 г.

18. Regulations Amending the Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations // *Canadian Gazette*. — Ottawa, Canada, 1996. — Pp. 1729.

19. Arctic Ice regime Shipping System. Pictorial guide. — Canada: Canadian hydraulic centre, 2003. — 59 p.

## REFERENCES

1. *International code for ships operating in polar waters (Polar code)*. SPb.: АО «TsNIIMF», 2016.

2. *Atlas Arktiki*. М.: GUGK, 1985.

3. Bryazgin, N.N., and A.A. Dement'ev. *Opasnye meteorologicheskie yavleniya v Rossiiskoi Arktike*. SPb.: Gidrometeoizdat, 1996.

4. *Klimat Rossii*. SPb.: Gidrometeoizdat, 2004.

5. Benzemen, V.Yu., V.N. Komendantov, and V.A. Shmatkov. *Arkticheskaya transportnaya sistema: kratkaya istoriya i perspektivy razvitiya*. SPb.: OOO Blank izdatel'stvo, 2004.

6. Glukhov, V.G. “Detalizatsiya parametrov opasnykh dlya moreplavaniya yavlenii pogody.” *Ekspluatatsiya morskogo transporta 2* (2007): 27–28.

7. *Lotsiya Vostochno-Sibirskogo morya*. SPb.: GUNIO, 1988.

8. *Spravochnik po opasnym gidrometeorologicheskim i ledovym yavleniyam na trassakh Severnogo morskogo puti* / Internet-portal ESIMO. 2009. Web. 15 Dec. 2017 <[http://www.aari.ru/resources/a0011\\_12/manual\\_op/content.html](http://www.aari.ru/resources/a0011_12/manual_op/content.html)>.

9. Vasilyev, V.V. “Trends of climate change on the north and in the Russian Arctic.” *The North and the Market: Forming the Economic Order* 1(44) (2015): 5–13.

10. *Nablyudeniya za ledovoi obstanovkoi. Uchebnoe posobie*. SPb.: GU AANII, 2009.

11. Mitnik, L.M., and E.S. Khazanova. “Ice cover dynamics in the East Siberian and Laptev Seas at the second half of October 2014 from remote sensing data.” *Current problems in remote sensing of the Earth from space* 12.2 (2015): 100–113.

12. Lebedev, G.A., V.I. Fedotov, and N.V. Cherepanov. “Significance of sea water supercooling and intrawater ice generation for the formation of water mass and ice cover in the East Siberian and Chukchi seas.” *Russian Meteorology and Hydrology* 39.2 (2014): 93–99. DOI: 10.3103/S1068373914020046.

13. Mironov, E.U., ed. *Opasnye ledovye yavleniya dlya sudokhodstva v Arktike*. SPb.: AANII, 2010.

14. Gosudarstvennyi nauchnyi tsentr “Arkticheskii i antarkticheskii nauchno-issledovatel'skii institut”. Web. 15 Dec. 2017 <[aari.ru/main.html](http://aari.ru/main.html)>.

15. The U.S. National Ice Center (NIC). Web. 15 Dec. 2017 <<http://www.natice.noaa.gov/>>.

16. Plotnikov, V.V., and O.N. Rudenko. “Monitoring of ice conditions in system of the seas of east sector of the Arctic (the East Siberian, Chukchi sea) at the end of XX beginning of the XXI centuries.” *Nauchnye trudy Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo rybokhozyaistvennogo universiteta* 40.2 (2017): 22–28.

17. *Pravila plavaniya v akvatorii Severnogo morskogo puti (utverzhdena prikazom № 7 Ministerstva transporta RF ot 17 yanvarya 2013 g.)*

18. “Regulations Amending the Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations.” *Canadian Gazette*.

Ottawa, Canada, 1996.

19. *Arctic Ice regime Shipping System. Pictorial guide.* Canada: Canadian hydraulic centre, 2003.

---

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Шаронов Андрей Юрьевич** —  
кандидат географических наук, доцент  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала  
С. О. Макарова»  
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,  
ул. Двинская, 5/7  
e-mail: [Arcmeteo@mail.ru](mailto:Arcmeteo@mail.ru), [SharonovAJ@gumrf.ru](mailto:SharonovAJ@gumrf.ru)

**Шматков Владимир Антонович** —  
доктор технических наук, профессор  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала  
С. О. Макарова»  
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,  
ул. Двинская, 5/7  
e-mail: [Arcmeteo@mail.ru](mailto:Arcmeteo@mail.ru), [kaf\\_nge@gumrf.ru](mailto:kaf_nge@gumrf.ru)

---

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Sharonov, Andrei Yu.** —  
PhD, associate professor  
Admiral Makarov State University of Maritime  
and Inland Shipping  
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,  
Russian Federation  
e-mail: [Arcmeteo@mail.ru](mailto:Arcmeteo@mail.ru), [SharonovAJ@gumrf.ru](mailto:SharonovAJ@gumrf.ru)

**Shmatkov, Vladimir A.** —  
Dr. of Technical Sciences, professor  
Admiral Makarov State University of Maritime  
and Inland Shipping  
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,  
Russian Federation  
e-mail: [Arcmeteo@mail.ru](mailto:Arcmeteo@mail.ru), [kaf\\_nge@gumrf.ru](mailto:kaf_nge@gumrf.ru)

*Статья поступила в редакцию 20 декабря 2017 г.*

*Received: December 20, 2017.*