

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛЕДЯНЫХ МАССИВОВ КАРСКОГО МОРЯ

В.П. КАРКЛИН, А.В. ЮЛИН, М. В.ШАРАТУНОВА, Л.П. МОЧНОВА

ГНЦ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, e-mail: karklin@aari.ru

Сложность ледовых условий и их влияние на различные виды морской деятельности в основном связана с колебаниями площадей ледяных массивов, которые подвержены не только межгодовой, но и климатической изменчивости. В статье впервые приводятся результаты анализа площадей ледяных массивов Карского моря в летний период для «холодного» (1954–1985 гг.) и «теплого» (1986–2017 гг.) климатических периодов в Арктике.

Полученные в работе типовые изменения площадей ледяных массивов и повторяемость их отсутствия в различные климатические периоды могут быть использованы для характеристики прогнозируемого типа ледовых условий в море.

Ключевые слова: Карское море, ледяные массивы, климатические периоды.

ВВЕДЕНИЕ

Понятие «ледовые массивы арктических морей» (в последующих работах «ледяные массивы») появилось из опыта полярных навигаций в 1940-е гг., и было сформулировано П.А. Гордиенко (Гордиенко, 1945) как основное препятствие при прохождении судов по трассам Северного морского пути. Ледяной массив представляет собою значительное по занимаемой акватории скопление льдов, отличающееся повышенной сплоченностью и мощностью. Вместе с тем массив является основным элементом ледового режима. Навигационной характеристикой ледяного массива была принята сплоченность от 7 до 10 баллов. Нижний предел этой характеристики — сплоченность, до которой транспортные суда могут свободно плавать без помощи ледоколов.

Окружающая массив зона разреженных льдов сплоченностью менее 7 баллов является периферией массива, или промежуточным поясом. Внутри самого массива может выделяться ядро со сплоченностью, близкой к 10 баллам. В некоторые периоды промежуточный пояс может не наблюдаться. При его уплотнении массив увеличивается, при разрежении массива увеличиваются ширина и сплоченность его периферии (Гордиенко, 1945).

В 1940-е гг. также было установлено, что ледяные массивы локализуются и стационарируют в одних и тех же районах арктических морей вдоль трассы Северного морского пути. Массивы были названы по районам их местоположения. Схема их местоположения и их названия впервые представлены в статье П.А. Гордиенко (Гордиенко, 1945) и до сих пор воспроизводятся в ряде работ (Гудкович и др., 1972; Наблюдения за ледовой обстановкой..., 2009).

В статье (Гордиенко, 1945) также выделены две группы ледяных массивов по их происхождению: локальные и отроговые. Локальные массивы образованы в основном

из однолетних дрейфующих или припайных льдов. В течение летнего периода они разрежаются, перестают быть массивами и часто исчезают. К локальным массивам относятся Новоземельский и Североземельский в Карском море, Янский в море Лаптевых, Новосибирский в Восточно-Сибирском и Врангелевский в Чукотском море.

Отроговые массивы являются частью океанского массива, они включают в себя двухлетние и многолетние льды. В течение навигационного периода они полностью не разрушаются, а отступают на север. Отроговыми массивами являются Карский Северный в Карском море, Таймырский в море Лаптевых, Айонский в Восточно-Сибирском море и Чукотский Северный в Чукотском море.

Ледяные массивы образуют основу инфраструктуры ледяного покрова в период таяния. Перед началом таяния ледяные массивы полностью занимают районы арктических морей. В начальный период разрушения ледяного покрова полярные и разводья разделяют массив дрейфующих и припайных (сплошных) льдов. Как показывают наблюдения, под влиянием гидрометеорологических условий массив может распадаться на отдельные скопления сплоченных льдов. Практически в процессе мониторинга состояния ледяного покрова к площади массива относят все 7–10-балльные льды, находящиеся в пределах данного района моря.

В настоящее время, когда происходит активное освоение шельфа арктических морей, ледяные массивы являются препятствием не только для судоходства, но и для исследований шельфа и работ на нем в районах лицензионных участков (бурение скважин, сейсмические исследования др.). Обширные и большие ледяные поля массивов могут представлять опасность для ледотехнических сооружений в шельфовой зоне.

Как известно, ледовые условия в арктических морях подвержены межгодовой и многолетней изменчивости. Результаты исследований, выполненных ранее (Карклин, Тейтельбаум, 1987; Карклин, 2001; Фролов и др., 2007), показали, что в XX и в начале XXI в. в арктической зоне (и в других регионах Северного полушария) изменения температуры воздуха, ледовитости арктических морей и других гидрометеорологических показателей характеризовались наличием циклических колебаний продолжительностью около 60, 20, 8–12, 5–7 и 2–3 лет. Эти колебания происходили на фоне квазилинейного тренда потепления, который сам, возможно, является частью сверхвекового цикла продолжительностью около 180–200 лет (Абдусаматов, 2009; Raspopov et al., 2009).

Климатические колебания в Арктике характеризуются сменой периодов похолодания и потеплений. С начала 1920-х гг. до примерно середины 1950-х гг. ледовые условия в арктических морях формировались на повышенном температурном фоне. За этим «теплым» периодом до середины 1980-х гг. последовал «холодный» период. С середины 1980-х гг. начался очередной «теплый» период, который продолжается в настоящее время.

В ряде работ (Абдусаматов, 2009; Покровский, 2009; Шерстюков, Салугашвили, 2010; Humlum et al., 2013; МГЭИК, 2014) отмечается, что с конца 1990-х гг. повышение температуры прекратилось. По некоторым прогнозам с начала 2020-х гг. ожидается переход к новому периоду похолодания (Абдусаматов, 2009; Frolov et al., 2009).

Сложность ледовых условий и их влияние на различные виды морской деятельности в основном связаны с колебаниями площадей ледяных массивов, которые подвержены не только межгодовой, но и климатической изменчивости.

В предшествующих исследованиях (Карклин и др., 2001; Фролов и др., 2007) для анализа климатических колебаний ледяного покрова арктических морей используются данные о ледовитости арктических морей более чем за 100-летний период, начиная с 1900 г. Данные о площадях ледяных массивов более короткие. Они относятся к концу 1930-х — началу 1940-х гг. Для анализа климатической изменчивости ледяных массивов в Карском море в данной работе использованы ряды наблюдений за период 1954–2017 гг. Начало этих рядов близко к началу «холодного» периода, как указывалось выше. Следует отметить, что связь площадей массивов с ледовитостью (то есть с площадью льдов независимо от их сплоченности) оценивается коэффициентом корреляции, превышающим 0,9.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕДЯНЫХ МАССИВОВ КАРСКОГО МОРЯ

Среди арктических морей Карское море наиболее активно используется для различных видов хозяйственной деятельности. С начала 1970-х гг. в море осуществляется круглогодичное судоходство, интенсивность которого возрастает в связи с необходимостью вывоза углеводородного сырья. В последние годы в море регулярно проводятся экспедиции в целях исследования шельфа, а также морских ледовых образований, представляющих опасность для сооружений на шельфе (айсберги, торосы и др.).

Как уже упоминалось выше, в Карском море выделяются три ледяных массива: Новоземельский в юго-западной части моря, Североземельский и Карский Северный — в северо-восточной части моря. Площадь районов, в которых располагаются массивы, составляет 335 тыс. км², 278 тыс. км² и 217 тыс. км² соответственно.

Новоземельский ледяной массив формируется в основном однолетними дрейфующими и (в меньшей степени) припайными льдами местного происхождения. Локализации массива способствует циклоническая система течений в этой части моря (Атлас Арктики, 1985) и ветры северных направлений над морем, характерные для весенне-летнего периода (Гидрометеорологические условия..., 1986).

В средние по ледовым условиям годы Новоземельский ледяной массив препятствует плаванию судов в июне–июле. В середине июля он занимает около 50 % от акватории юго-западной части Карского моря. В зависимости от ветровых ситуаций Новоземельский массив может занимать западное, восточное или центральное положение. Чаще наблюдается западное положение массива, когда он прижат к Новой Земле и блокирует пролив Карские Ворота. При восточном положении массива сплоченными льдами блокируется побережье полуострова Ямал.

В начале периода таяния Новоземельский массив соединен со льдами Североземельского массива в северо-восточной части Карского моря. При западном положении Новоземельского массива в третьей декаде июля происходит его отделение от Североземельского массива. При восточном и центральном положении Новоземельского массива отделение его от Североземельского массива, как правило, не происходит.

В августе льды массива интенсивно вытаивают, и в конце месяца в 80 % случаев он исчезает полностью (Гудкович и др., 1972).

Сплоченные льды *Североземельского ледяного массива* распространяются южнее линии мыс Желания — остров Пионер до материкового побережья. Массив формируется из однолетних дрейфующих и припайных льдов. Припайные льды образуются вдоль всех материковых и островных побережий от острова Диксон до мыса Арктический и составляют от 20 до 30 % площади ледяного покрова северо-восточной части Карского моря (Карелин, Карклин, 2012).

Под влиянием воздушных потоков с западной составляющей и отчасти речного стока рек Оби и Енисея Североземельский массив обычно прижат к островам Северной Земли и блокирует пролив Вилькицкого. Сокращение площади массива происходит в основном за счет разрушения льдов на месте и, отчасти, выноса их через пролив Вилькицкого в море Лаптевых.

Североземельский массив большую часть летнего периода блокирует западные подходы к Североземельскому архипелагу и к проливу Вилькицкого, и в среднем до 20–25 % массива сохраняются до начала ледообразования (Гудкович и др., 1972).

Карский Северный ледяной массив является отрогом океанического ледяного массива и пополняется его льдами. В основном он состоит из однолетних льдов, и только в северной его части, на границе с Арктическим бассейном и вдоль северо-западного побережья Северной Земли в отдельные годы наблюдаются двухлетние и многолетние льды.

Карский Северный ледяной массив разрушается медленнее, чем остальные массивы Карского моря. Иногда льды массива пополняют Новоземельский и Североземельский массивы. Чаще всего в середине августа происходит разделение Карского Северного и Североземельского массивов зоной разреженных льдов или чистой воды (Гудкович и др., 1972).

Схематично положение ледяных массивов Карского моря представлено на рис. 1.

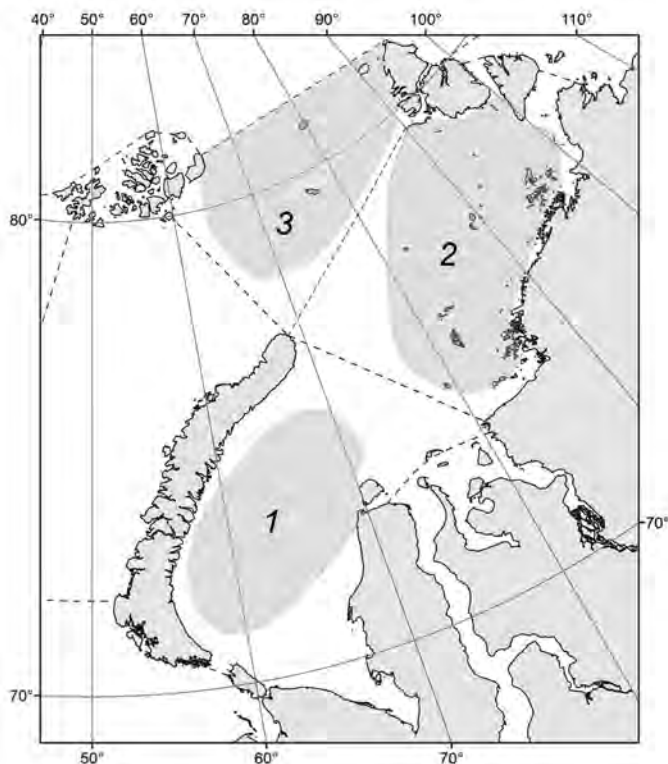


Рис. 1. Схема расположения ледяных массивов в Карском море.

Штриховые линии — границы районов расположения массивов: 1 — Новоземельского, 2 — Североземельского и 3 — Карского Северного.

На рис. 2 (см. цвет. вклейку) представлено распределение льдов различной сплоченности, характерное для легкого типа ледовых условий в Карском море в июле. На рис. 2 хорошо видно положение ледяных массивов, разделенных периферией редких (1–3 балла) и разреженных (4–6 баллов) льдов.

Таблица 1

Характеристика рядов площадей ледяных массивов Карского моря за период 1954–2017 гг.

Характеристики	Ледяные массивы		
	Новоземельский	Североземельский	Карский Северный
Длина ряда	64	64	64
Средняя, %	41	35	50
Максимальная, %	89	86	97
Минимальная, %	0	2	2
Размах колебаний, %	89	84	95
Стандартное отношение (σ)	22	25	27

В табл. 1 приведены некоторые характеристики значений площадей ледяных массивов Карского моря в августе за период 1954–2017 гг. Вследствие инерционности сезонных изменений ледовых условий в летний период, площади ледяных массивов в августе тесно связаны с площадями в июле и сентябре. Коэффициенты корреляции, характеризующие эту связь, составляют 0,8–0,9. Характеристики для Новоземельского массива приведены по данным за июль, поскольку в августе массив часто исчезает. В табл. 1 обращают внимание величины размахов многолетних колебаний площадей ледяных массивов, которые составляют более 80 %.

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ ПЛОЩАДЕЙ ЛЕДЯНЫХ МАССИВОВ КАРСКОГО МОРЯ

Для оценки сложности гидрометеорологических и ледовых явлений часто используется упрощенное разделение рядов показателей этих явлений на три типа, соответствующие легким, средним и тяжелым условиям. Для этого рассчитываются аномалии показателей относительно среднего ряда наблюдений, которые нормируются по среднему квадратичному отклонению (σ). В данной работе за *критерий типизации* принята величина, равная $0,8\sigma$ от величины среднего квадратичного отклонения.

К среднему типу условий отнесены годы, для которых величина нормированной аномалии площадей массивов находится в диапазоне $\pm 0,8\sigma$, к тяжелому типу — годы с положительными аномалиями равными или большими $0,8\sigma$, к легкому типу годы — с отрицательными аномалиями равными или меньшими $-0,8\sigma$.

Аномалию $0,8\sigma$ по абсолютной величине можно отнести к крупным аномалиям в изменчивости площадей ледяных массивов. Она равна 18, 20 и 22 % для Новоземельского, Североземельского и Карского Северного массивов соответственно.

По этому критерию была выполнена сортировка лет по трем основным типам развития ледяных массивов Карского моря — тяжелый, легкий и средний и оценена повторяемость каждого из типов (табл. 2).

Как видно из табл. 2, наиболее часто наблюдаются средние площади ледяных массивов. Их повторяемость за 64-летний период составляет 45–48 %. Близки повторяемости крупных положительных и отрицательных аномалий площадей массивов и связанных с ними тяжелых и легких ледовых условий соответственно. Их повторяемость в многолетней изменчивости массивов колеблется в пределах 25–28 %.

Таблица 2

Количество лет (*N*) с различным типом развития ледяных массивов в Карском море и их повторяемость (*P*, %) в августе за период 1954–2017 гг.

Тип развития массива	Новоземельский массив		Североземельский массив		Карский Северный массив	
	<i>N</i>	<i>P</i> , %	<i>N</i>	<i>P</i> , %	<i>N</i>	<i>P</i> , %
Тяжелый	17	27	16	25	17	27
Легкий	16	25	18	28	18	28
Средний	31	48	30	47	29	45

Для оценки климатических изменений всех типов в развитии ледяных массивов был выполнен анализ повторяемости этих типов раздельно за 1954–1985 гг., относящиеся к «холодному» периоду, и за 1986–2017 гг., относящиеся к «теплому» периоду в Арктике. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Количество лет (*N*) с различными типами развития ледяных массивов и их повторяемость (*P*, %) в Карском море в «холодный» и «теплый» климатические периоды

Годы климатических периодов	Длина ряда	Тип развития массива					
		Тяжелый		Легкий		Средний	
		<i>N</i>	<i>P</i> , %	<i>N</i>	<i>P</i> , %	<i>N</i>	<i>P</i> , %
Новоземельский массив							
«Холодный», 1954–1985 гг.	32	13	41	4	12	15	47
«Теплый», 1986–2017 гг.	32	4	12	12	38	16	50
Североземельский массив							
«Холодный», 1954–1985 гг.	32	12	38	5	16	15	47
«Теплый», 1986–2017 гг.	32	6	19	12	38	14	44
Карский Северный массив							
«Холодный», 1954–1985 гг.	32	10	31	2	6	20	63
«Теплый», 1986–2017 гг.	32	5	16	17	53	10	31

Как следует из табл. 3, в течение обоих климатических периодов наблюдаются как крупные положительные, так и отрицательные аномалии среднемесячных площадей ледяных массивов.

Для «холодного» периода характерна повышенная повторяемость крупных положительных аномалий площадей массивов. Их повторяемость изменяется от 31 % для Карского Северного массива до 41 % для Новоземельского массива. В этот же период крупные отрицательные аномалии площадей массивов составляли 12–16 %.

В годы «теплого» периода преобладают крупные отрицательные аномалии среднемесячных площадей ледяных массивов. Повторяемость крупных положительных аномалий в этот период составляет 12–19 %, повторяемость крупных отрицательных аномалий в 2–3 раза больше.

Во все климатические периоды преобладает повторяемость средних площадей ледяных массивов, близкая в среднем к 50 %.

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПЛОЩАДЕЙ ЛЕДЯНЫХ МАССИВОВ КАРСКОГО МОРЯ В ПЕРИОД РАЗРУШЕНИЯ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА В ИЮНЕ–СЕНТЯБРЕ

Климатические колебания среднемесячных площадей ледяных массивов, естественно, проявляются и в сезонной изменчивости в период разрушения. Для

**Сезонные изменения площадей ледяных массивов Карского моря
при различных типах их развития, %**

Тип развития массива	Месяцы											
	VI			VII			VIII			IX		
	Декады											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Новоземельский массив												
Тяжелый	94	90	87	83	73	52	33	17	9	5	2	2
Легкий	60	45	25	12	4	0	0	0	0	0	0	0
Средний	82	76	71	58	40	20	9	3	0	0	0	0
Североземельский массив												
Тяжелый	96	95	94	92	89	86	81	71	59	48	41	34
Легкий	71	60	53	45	33	23	14	7	4	3	2	1
Средний	87	85	81	76	70	58	46	31	20	15	12	12
Карский Северный массив												
Тяжелый	97	95	93	90	87	85	83	78	73	69	62	58
Легкий	83	81	73	63	50	38	23	15	11	9	10	9
Средний	90	88	86	82	77	70	62	52	41	33	30	29

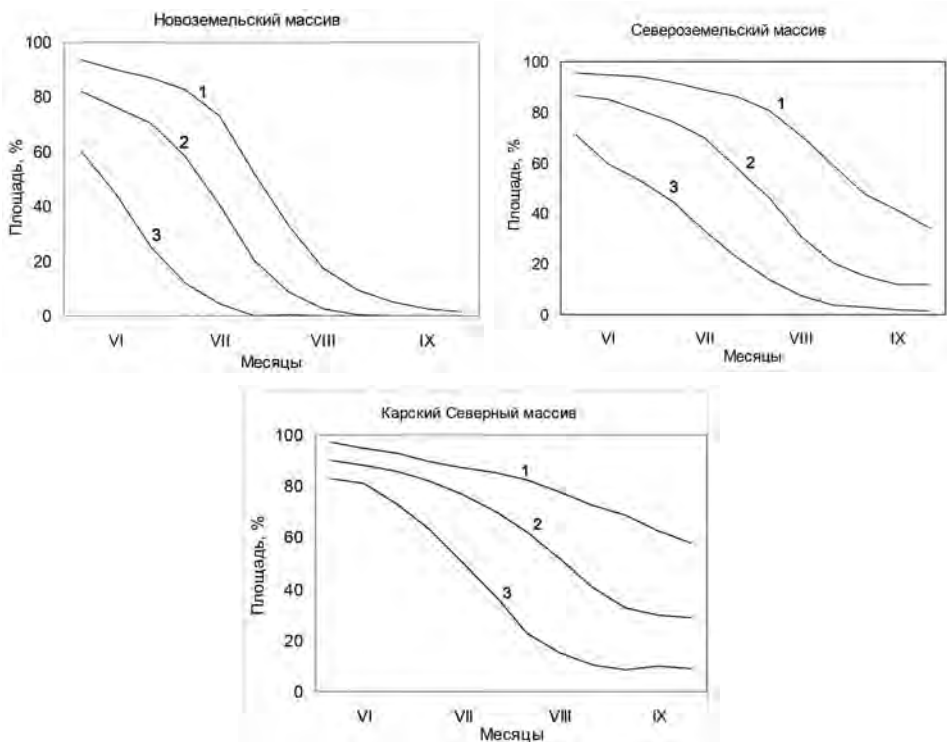


Рис. 3. Сезонные изменения площадей ледяных массивов Карского моря при тяжелом (1), среднем (2) и легком (3) типах их развития.

сравнения величин площадей массивов в «холодный» и «теплый» климатические периоды были рассчитаны средние величины декадных площадей массивов за годы с тяжелым, легким и средним типами в развитии массивов в соответствии с их количеством, указанным в табл. 3. Результаты расчетов представлены в табл. 4 и на рис. 3.

Как можно видеть из табл. 4 и рис. 3, в июне при тяжелом типе развития массивы почти полностью занимают районы их расположения, их площади больше 90 %. При этом все массивы сохраняются до конца сентября. Наиболее устойчивым является Карский Северный массив. Его площадь в конце сентября составляет около 60 %.

В годы с легким типом развития массивов таяние льдов начинается в мае, и в начале июня часть районов расположения массивов освобождается от сплоченных льдов. Наиболее интенсивно разрушается Новоземельский ледяной массив, который в среднем исчезает в третьей декаде июля, тогда как при среднем его развитии массив исчезает в третьей декаде августа, то есть на месяц позже.

На грани исчезновения при легком типе оказывается Североземельский массив. В конце сентября его площадь составляет всего 1 % от площади района его расположения, то есть 2,78 тыс. км². Площадь Карского Северного массива к этому времени уменьшается до 9–10 % (табл. 4).

Данные табл. 4, по существу, представляют собой сезонные изменения площадей ледяных массивов, осредненные по группе лет для каждого климатического типа их развития.

В табл. 5 приведены результаты анализа количества лет, в которые ледяные массивы Карского моря полностью разрушались в течение «холодного» и «теплого» климатических периодов.

В годы «холодного» периода Новоземельский ледяной массив один раз исчезал в конце июля и дважды сохранялся до конца сентября. Чаще всего массив исчезал в одной из декад августа, и в сумме в этом месяце массив исчезал в половине из 32 лет «холодного» периода, или в 50 % случаев.

В «теплый» период полное разрушение Новоземельского массива наблюдалось уже во второй декаде июля. Как и в «холодный» период, массив чаще разрушался в августе. Однако происходило это чаще — в 24 годах, или в 75 % случаев.

Таблица 5

Количество лет с исчезновением ледяных массивов в Карском море в июле–сентябре в различные климатические периоды

Годы климатических периодов	Длина ряда	Месяцы								
		VII			VIII			IX		
		Декады								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Новоземельский массив										
«Холодный», 1954–1985 гг.	32	–	–	1	4	5	7	7	3	2
«Теплый», 1986–2017 гг.	32	–	3	2	8	8	8	1	1	1
Североземельский массив										
«Холодный», 1954–1985 гг.	32	–	–	–	–	–	–	1	2	2
«Теплый», 1986–2017 гг.	32	–	–	–	–	–	5	2	4	2
Карский Северный массив										
«Холодный», 1954–1985 гг.	32	–	–	–	–	–	–	–	–	1
«Теплый», 1986–2017 гг.	32	–	–	–	–	1	2	2	2	1

Североземельский ледяной массив более устойчив к климатическим колебаниям, чем Новоземельский. В «холодный» период массив исчезал в пяти годах в одной из декад сентября, или в 16 % случаев. В «теплый» период исчезновение массива наблюдалось на одну декаду раньше, чем в холодный. В 5 годах массив исчезал в конце августа и в 8 годах в сентябре.

Наиболее устойчивым к климатическим колебаниям является Карский Северный ледяной массив. В «холодный» период массив исчезал полностью только один раз в конце сентября. В «теплый» период массив разрушался в 8 годах: 3 раза в августе и 5 раз в сентябре (табл. 5).

ВЫВОДЫ

Понятие ледяные массивы арктических морей было введено в 1940-е гг. П.А. Гордиенко как основное препятствие при прохождении судов по трассам Северного морского пути. Навигационной характеристикой ледяного массива была принята сплоченность от 7 до 10 баллов. Нижний предел этой характеристики — сплоченность льдов, до которой транспортные суда могут свободно плавать без помощи ледоколов.

Ледяные массивы образуют основу инфраструктуры ледяного покрова в период таяния. Окружающая массив зона разреженных льдов сплоченностью менее 7 баллов является периферией массива, или промежуточным поясом.

В настоящее время, когда происходит активное освоение шельфа арктических морей, ледяные массивы являются препятствием не только для судоходства, но и для исследований и работ на шельфе арктических морей, необходимых для освоения лицензионных участков в шельфовой зоне.

Анализ повторяемости типов развития ледяных массивов отдельно в «холодный» (1954–1985 гг.) и «теплый» (1986–2017 гг.) климатические периоды в Арктике показал, что в каждом из них наблюдаются как тяжелый, так и легкий типы развития массивов.

Для «холодного» периода характерна повышенная повторяемость крупных положительных аномалий площадей массивов в пределах 31–41 %. В этот же период повторяемость крупных отрицательных аномалий площадей массивов составляет 12–16 %.

Для «теплого» периода характерна повышенная повторяемость крупных отрицательных аномалий площадей массивов в пределах 38–53 %. В этот же период повторяемость крупных положительных аномалий составляет 12–19 %.

В течение «холодного» и «теплого» климатических периодов чаще всего наблюдаются средние площади ледяных массивов, их повторяемость близка к 50 %.

Полученные в работе средние типовые сезонные изменения площадей ледяных массивов и повторяемость их исчезновений в различные климатические периоды могут быть использованы для характеристики прогнозируемого типа ледовых условий в море.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдусаматов Х.И.* Солнце диктует климат Земли. СПб.: Изд-во «Logos», 2009. 198 с.
- Атлас Арктики. М.: Изд-во ГУГиК, 1985. 204 с.
- Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 278 с.
- Гордиенко П.А.* О ледовых массивах арктических морей // Проблемы Арктики. 1945. № 1. С. 94–97.

- Гудкович З.М., Кириллов А.А., Ковалев Е.Г., Сметанникова А.В., Спичкин В.А. Основы методики долгосрочных ледовых прогнозов для арктических морей. Л.: Гидрометеоздат, 1972. 348 с.
- Карклин В.П., Юлин А.В., Карелин И.Д., Иванов В.В. Климатические колебания ледовитости арктических морей сибирского шельфа // Тр. ААНИИ. 2001. Т. 443. С. 5–11.
- Карелин И.Д., Карклин В.П. Припай и заприпайные полыньи арктических морей сибирского шельфа в конце XX — начале XXI века. СПб.: ААНИИ, 2012. 180 с.
- Карклин В.П., Тейтельбаум К.А. Временная структура многолетних изменений ледовитости арктических морей // Тр. ААНИИ. 1987. Т. 402. С. 53–66.
- МГЭИК, 2014 г.: Изменение климата, 2014 г.: Воздействия, адаптация и уязвимость – Резюме для политиков. URL: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_ru.pdf [дата обращения 01.11.2017]
- Наблюдения за ледовой обстановкой: Учебное пособие. СПб.: ААНИИ, 2009. 360 с.
- Шерстюков Б.Г., Салугаишвили П.С. Новые тенденции в изменении климата Северного полушария Земли в последнее десятилетие // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 175. С. 43–51.
- Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П., Ковалев Е.Г., Смоляницкий В.М. Научные исследования в Арктике. Т. 2. Климатические изменения ледяного покрова морей Евразийского шельфа. СПб.: Наука, 2007. 136 с.
- Frolov I., Gudkovich Z., Karklin V., Kovalev E., Smolyanitsky V. Climate Change in Eurasian Arctic Shelf Seas. Centennial Ice Cover Observations. Praxis Publishing Ltd. Chichester, UK, 2009. 164 p.
- Humlum O., Stordahl K., Solheim J-E. The phase relation between atmospheric carbon dioxide and global temperature // Global and Planetary Changem. 2013. Vol. 100. P. 51–69.
- Raspopov O.M., Dergachev V.A., Kolstrom T. Hale Cyclicity of Polar Activity and its relation to climate variability // Solar Physics. 2004. Vol. 224. P. 455–463.

V.P. KARKLIN, A.V. YULIN, M.V. SHARATUNOVA, L.P. MOCHNOVA

CLIMATE VARIABILITY OF THE KARA SEA ICE MASSIFS

The difficulty of ice conditions and their impact on various marine applications are mainly related to fluctuations in ice massifs areas that are subject not only to interannual, but also to climate variability. The article presents for the first time the analysis of the areas of the Kara Sea ice massifs in the summer during for the “cold” (1954–1985) and “warm” (1986–2017) climatic periods in the Arctic.

The typical changes in ice massifs areas and frequency of their absence in different climatic periods can be used to characterize the predicted type of ice conditions in the Kara Sea.

Keywords: Kara Sea, ice massifs, climate periods.

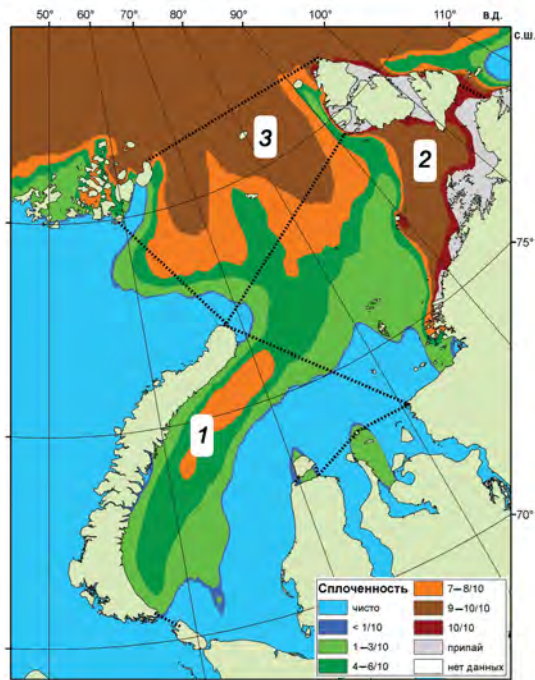


Рис. 2. Положение ледяных массивов Карского моря в июле при легком типе ледовых условий. Штриховые линии — границы районов расположения массивов: 1 — Новоземельского, 2 — Североземельского и 3 — Карского Северного).