УДК 551.326 12 (268.52) Поступила 17 октября 2016 г.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВОЗРАСТНОГО СОСТАВА ЛЬДОВ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАРСКОГО МОРЯ В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД

канд. геогр. наук В.П. КАРКЛИН, вед. инж. С.В. ХОТЧЕНКОВ, канд. геогр. наук. А.В. ЮЛИН, канд. геогр. наук В.М. СМОЛЯНИЦКИЙ

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

На основе анализа архива электронных ледовых карт за 1997–2016 гг. выполнены расчеты возрастного состава ледяного покрова в северо-восточной части Карского моря в осенне-зимний период. Полученные данные позволили установить с декадной дискретностью изменения количества (площади) и соответствующие им толщины льда всех возрастных градаций и периоды их преобладания с начала формирования ледяного покрова и до его завершения. Выявлены существенные различия в возрастном составе дрейфующих и припайных льдов, проявляющиеся в более раннем появлении однолетних льдов в припае и в относительном их количестве.

Исследование возрастного состава льдов в «холодный» и «теплый» климатические периоды в завершающей стадии формирования ледяного покрова северо-восточной части Карского моря выявило их существенное различие.

Подобного рода работы ранее не выполнялись. Ее результаты дополняют режимные характеристики ледяного покрова северо-восточной части Карского моря и могут быть использованы при разработках методик прогноза ледовых условий судоходства в зимнее время.

Ключевые слова: северо-восточная часть Карского моря, возраст льда, дрейфующий лед, припай.

ВВЕДЕНИЕ

Основные сведения о ледовом режиме арктических морей в зимнее время получены в основном благодаря визуальным авиационным ледовым разведкам, которые производились с 1930–1940-х до начала 1990-х гг. Как и в большинстве районов арктических морей, в северо-восточной части Карского моря после завершения (в октябре–ноябре) летне-осенней навигации, в течение которой выполнялись декадные и тактические (с меньшей дискретностью) разведки, начиная с декабря и до мая ледовые разведки выполнялись один раз в месяц. Разведки с такой дискретностью, позволяя получить общее представление об основных элементах зимнего ледового режима (припай, полыньи, зоны льдов различного возраста и др.), в то же время не давали возможности проследить их формирование в промежутках между разведками. В этом отношении значительно больше данных о формировании ледяного покрова в зимний период накоплено по юго-западной части Карского моря, где с осени 1973 г. началась круглогодичная навигация и регулярно производились тактические ледовые разведки.

Использование спутниковых данных существенно изменило возможности изучения зимнего ледового режима, благодаря получению площадных детальных съемок

ледяного покрова с регулярностью 7–10 суток, а при необходимости и чаще. Эти данные позволили расширить имеющиеся представления о формировании припая, заприпайных полыней (Карелин, Карклин, 2012). Создание электронных ледовых карт и их анализ с помощью ГИС-технологий позволили оценивать количество льдов различного возраста в период осенне-зимнего формирования ледяного покрова.

В настоящее время судоходство в Карском море в зимний период активизировалось, что вызвано необходимостью как исследований на шельфе моря и его обустройства, так и необходимостью вывоза углеводородного сырья. Изменились требования в предоставлении характеристик ледяного покрова в связи с вводом Администрацией Северного морского пути разрешительной системы для плавания судов в арктических морях.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕДОВОГО РЕЖИМА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАРСКОГО МОРЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Северо-восточная часть Карского моря по своим климатическим и ледовым условиям наиболее суровый район моря. В течение 8–10 месяцев в году северо-восточная часть моря полностью покрыта льдом. В средние по ледовым условиям годы около половины акватории района после летнего периода таяния остается занятой льдами.

Ледообразование. Ледообразование в северо-восточной части Карского моря начинается на северной его границе в конце августа – первой декаде сентября чаще всего среди остаточных льдов. Достаточно быстро, к концу сентября, процессы ледообразования распространяются на большую часть акватории северо-восточной части моря. Окончательно эта часть моря покрывается молодыми льдами к концу октября.

Характерное распределение льдов различных возрастных градаций и соответствующих им толщин льда (легенда), сформировавшихся в сентябре–октябре, показано на карте, представленной на рис. 1 цвет. вклейки. Как видно из приведенной карты, различным по возрасту (толщине) льдам характерно распределение, близкое к зональному. К северу от обширной зоны начальных и молодых льдов, образовавшихся в основном в октябре, располагается зона однолетних тонких и средних льдов. Севернее этих льдов, на границе с Арктическим бассейном, видны языки остаточных льдов (льды, не вытаявшие в летний период).

Формирование ледяного покрова продолжается до конца мая. Оно сопровождается нарастанием толщины льда и изменением возрастного состава дрейфующих и припайных льдов. Молодые льды толщиной до 30 см переходят в градацию однолетних льдов, среди которых происходит накопление однолетних толстых льдов толщиной более 120 см. По данным из работ (Гудкович и др., 1972; Бородачев, 1998), однолетние толстые льды к концу мая занимают 80 % акватории северо-восточной части моря. Остальную часть возрастного состава ледяного покрова составляют молодые и тонкие льды, образующиеся в каналах, трещинах, разводьях, а также в полыньях за границей припая. Старые льды (двухлетние и многолетние) частично образуются из остаточных льдов, частично приносятся из соседних районов Арктического бассейна.

Дрейфующие льды. В зимний период в дрейфующих льдах северо-восточной части Карского моря преобладают обширные ледяные поля размером от 5 до 10 км, встречаются зоны с гигантскими ледяными полями размером более 10 км. В апреле–мае (в связи с перестройкой атмосферной циркуляции) увеличивается подвижность ледяного покрова, сопровождающаяся его дроблением. И хотя по-прежнему

преобладают обширные ледяные поля, в мае их размер уменьшается до 2–3 и 3–5 км. Местами встречаются небольшие зоны с полями размером от 500 до 2000 м.

Толщина ледяных полей ровного однолетнего льда в марте–апреле в северо-восточной части моря в среднем достигает 1,6–1,8 м (Романов, 1991).

При постоянных подвижках ледяных полей на их стыках происходит торошение льда. Наибольшая торосистость наблюдается в апреле–мае, когда торосами покрыто около 60 % акватории северо-восточной части Карского моря при средней высоте надводной части торосов 1,5–1,8 м (Романов, 1991). Вследствие торошения дрейфующего льдов их толщина увеличивается в среднем на 20 %.

В течение всей зимы в северо-восточной части Карского моря преобладает вынос льда на север – северо-запад, что связано с преобладающими ветрами южного – юго-восточного направлений. За зимнее полугодие (с октября по март) из Карского моря через его северо-восточную часть выносится на север в среднем около 139 тыс. км^2 ледяного покрова, что составляет около 28 % от общей площади ее ледяного покрова (Гудкович и др., 1972).

Припай. В северо-восточной части Карского моря формируется третий по величине припай — после припая западной части Восточно-Сибирского моря и восточной части моря Лаптевых. Припай устанавливается ежегодно вдоль всех материковых и островных берегов от острова Диксон до мыса Арктический.

Формирование припая начинается при достижении молодым льдом толщины 10–15 см. Припай состоит в основном из однолетних льдов. У берегов архипелага Северная Земля возможно включение двухлетних или многолетних льдов, которые сформировались здесь из остаточных льдов, не вытаявших в предшествующее лето.

Распространение припая происходит интенсивно до января, затем его граница медленно смещается в мористые районы и стабилизируется в марте — начале апреля. К этому времени припай в среднем занимает около 25 % северо-восточной части Карского моря (Карелин, Карклин, 2012).

В годы, благоприятные для развития припая, в него оказываются включенными острова Свердрупа, Арктического института, Известий ЦИК, Исаченко, Кирова, Воронина. В такие годы площадь припая распространяется более чем на 30 % акватории северо-восточной части моря.

В годы, неблагоприятные для развития припая, он занимает узкую прибрежную полосу вдоль полуострова Таймыр, охватывает архипелаг Норденшельда и не перекрывает пролив Вилькицкого. В такие годы его площадь составляет около 8 % от площади северо-восточной части Карского моря (Карелин, Карклин, 2012).

Нарастание толщины припайного льда продолжается до второй-третьей декады мая. По осредненным данным группы полярных станций толщина льда в припае составляет 180–190 см. В подошве припая вблизи побережья островов Северной Земли толщина льда может достигать 225 см.

Полыньи. В арктических морях к полыньям относятся протяженные участки с чистой водой или молодым льдом толщиной до 30 см, образующиеся вдоль границы припая. Их образование обусловлено особенностями ветрового режима в районах арктических морей. За границей припая в северо-восточной части Карского моря образуются две полыньи — Центральная Карская и Западная Североземельская.

Центральная Карская полынья является постоянной, ее повторяемость превышает 75 %. Западная Североземельская полынья относится к устойчивым полыньям,

ее повторяемость в среднем превышает 50 %, изменяясь в течение зимнего сезона в пределах 50–85 % (Карелин, Карклин, 2012).

Средняя ширина полыней в период их существования колеблется в пределах 20–35 км, общая площадь составляет около 5 % от площади северо-восточной части моря. В зимний период полыньи вместе с разрывами и каналами в дрейфующем льду являются постоянными источниками ледопродуктивности моря, пополняя ледяной покров образовавшимися в них молодыми льдами.

Формирование ледяного покрова в северо-восточной части Карского моря завершается в конце мая — начале июня, когда на поверхности льда появляются признаки начала таяния — снежницы (Гудкович и др., 1972). Другим признаком является прекращение образования начальных видов льдов на чистой воде в полыньях.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОЗРАСТНОГО СОСТАВА ДРЕЙФУЮЩИХ И ПРИПАЙНЫХ ЛЬДОВ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАРСКОГО МОРЯ

Условия плавания для судов с различными категориями ледовых усилений определяются в основном толщиной преодолеваемого ими льда, косвенным показателями которой является возраст льда (Правила плавания, 2013; Правила классификации и постройки, 2015). Современные технологии обработки спутниковых снимков, построения электронных карт и последующий их анализ позволяют с необходимой регулярностью определять как положение льдов различного возраста, так и их количество (площади). Архив электронных карт, имеющийся в ААНИИ, охватывает период 1997–2016 гг. Обработка этих карт для северо-восточной части Карского моря, результаты которой представлены в таблицах 1 и 2, позволила выявить с декадной дискретностью особенности последовательного перехода возрастных градаций дрейфующих и припайных льдов от начала формирования ледяного покрова в октябре до его завершения в мае. Следует отметить, что подобного рода исследования ранее не проводились.

Возраст дрейфующего льда. В октябре и начале ноября ледяной покров северо-восточной части Карского моря почти на 70 % состоит из начальных и молодых льдов, среди которых преобладают серо-белые льды. Как видно из табл. 1, в начале ноября серо-белые льды составляют более половины возрастного состава ледяного покрова. Количество (площадь) этих льдов постепенно убывает, но они сохраняются в течение всего зимнего сезона. Часть их переходит в градацию однолетних тонких льдов, часть вновь образуется в полыньях и в разрывах среди ледяного покрова.

В начале октября более 20 % составляют старые льды, к которым относятся в основном остаточные льды. Относительное их количество уменьшается по мере появления льдов других возрастных градаций, переходит в стадию двухлетних льдов и сохраняется в пределах 2 % (табл. 1).

В табл. 1 жирным шрифтом выделено количество льдов каждой из возрастных градаций за период, в течение которого льды этой градации преобладали над количеством льдов следующей возрастной градации с повышенной толщиной льда. Так, серо-белые льды преобладают в течение 5 декад при максимальном их количестве 52 % во второй декаде ноября. В течение такого же периода среди дрейфующих льдов преобладают однолетние тонкие льды с максимумом, равным 50 % в первой декаде декабря.

С середины января и до середины апреля, в течение 10 декад, среди дрейфующих льдов северо-восточной части Карского моря преобладают однолетние средние льды. Максимальное их количество, равное 45 %, наблюдается в феврале. Преобладание

Таблица 1

Изменения возрастного состава (толщины) дрейфующих льдов в период нарастания ледяного покрова в северо-восточной части Карского моря по данным за 1997–2016 гг., %

Месяц	Декада	Начальные виды (< 10 см)	Молодые льды		Однолетние льды			Старые льды (> 200 см)
			Серый (10–15 см)	Серо-белый (15–30 см)	Тонкий (30–70 см)	Средний (70–120 см)	Толстый (> 120 см)	
X	1	25	9	**22**	0	0	0	26
	2	21	24	**24**	0	0	0	21
	3	13	22	**42**	7	3	0	9
XI	1	4	13	**52**	20	3	0	7
	2	4	7	**48**	30	2	0	7
	3	2	7	40	**42**	3	0	4
XII	1	2	6	36	**50**	3	0	2
	2	1	6	30	**49**	10	0	2
	3	2	3	28	**45**	18	0	2
I	1	2	3	26	**35**	29	1	3
	2	1	3	22	30	**38**	1	3
	3	2	3	22	25	**44**	1	2
II	1	2	4	21	18	**45**	7	2
	2	1	2	21	17	**45**	10	2
	3	2	4	20	18	**43**	12	2
III	1	2	2	20	17	**41**	16	2
	2	2	1	19	15	**41**	19	2
	3	1	1	18	15	**39**	24	2
IV	1	1	2	18	15	**36**	25	2
	2	2	2	18	14	**35**	26	2
	3	1	1	17	14	31	**33**	2
V	1	1	1	16	8	29	**41**	2
	2	2	1	15	8	28	**42**	2
	3	1	1	12	7	27	**43**	2

самых мощных, однолетних толстых льдов, начинается с третьей декады апреля, к этому времени они составляют 33 % от общего количества дрейфующих льдов всех возрастных градаций. К концу мая их количество в среднем достигает 43 %.

Как следует из табл. 1, в течение всего осенне-зимнего периода в дрейфующих льдах северо-восточной части Карского моря представлены льды всех возрастных градаций.

Начиная с февраля большую часть дрейфующих льдов (более 70 %) составляют однолетние льды. Соотношение однолетних тонких, средних и толстых льдов изменяется в процессе нарастания толщины льдов, но до конца мая все виды этих льдов сохраняются среди дрейфующих льдов. Количественное соотношение градаций однолетних льдов в конце мая приближенно можно представить как 1:4:6 (табл. 1). На рис. 2 наглядно представлены изменения количества льдов возрастных градаций

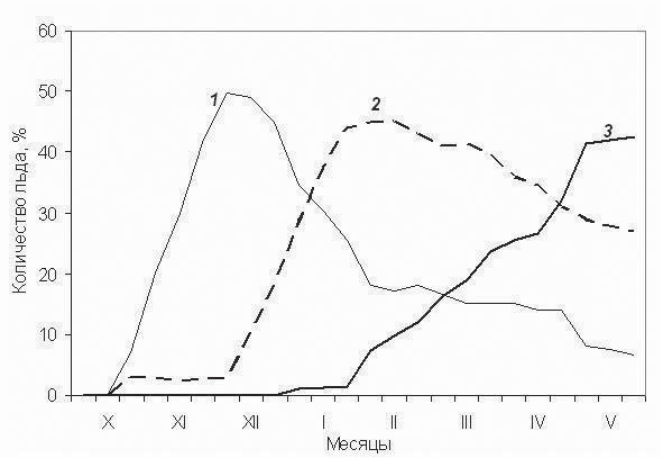

Рис. 2. Изменения количества дрейфующих однолетних тонких (*1*), средних (*2*) и толстых (*3*) льдов в период нарастания ледяного покрова в северо-восточной части Карского моря по данным за 1997–2016 гг.

однолетних дрейфующих льдов в северо-восточной части Карского моря в осенне-зимний период.

Возраст припайных льдов. В начальный период формирования припая, в октябре, когда площадь его не превышает 1–4 % от площади северо-восточной части Карского моря (Карелин, Карклин, 2012), относительное содержание в припайных льдах серо-белых льдов составляет более 60 % и остаточных льдов — более 30 %, что видно из табл. 2. По мере увеличения площади припая и появления льдов других возрастных градаций с увеличением толщины льда относительное количество серо-белого льда в припае довольно быстро сокращается, и в конце января эти льды полностью исчезают. Остаточные льды переходят в градацию двухлетних льдов и в количестве 1–2 % сохраняются до конца мая.

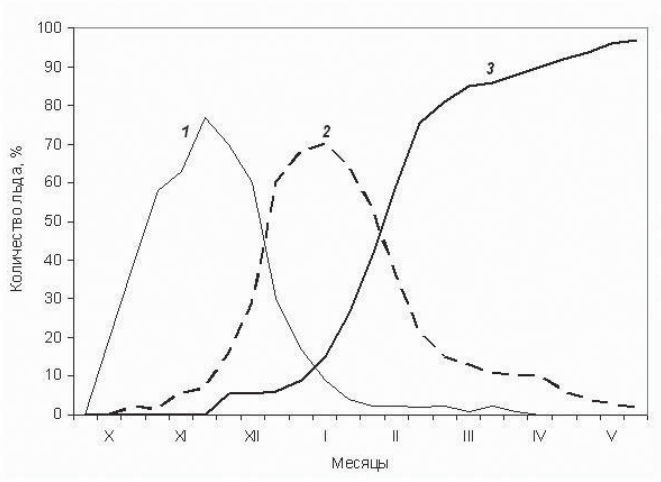

Рис. 3. Изменения количества однолетних тонких (*1*), средних (*2*) и толстых (*3*) льдов в припае в период его нарастания в северо-восточной части Карского моря по данным за 1997–2016 гг.

Таблица 2

Изменения возрастного состава (толщины) льдов в припае в осенне-зимний период в северо-восточной части Карского моря по данным за 1997–2016 гг., %

Месяц	Декада	Начальные виды (< 10 см)	Молодые льды		Однолетние льды			Старые льды (> 200 см)
			Серый (10–15 см)	Серо-белый (15–30 см)	Тонкий (30–70 см)	Средний (70–120 см)	Толстый (> 120 см)	
X	1	0	0	**66**	0	0	0	34
	2	0	0	**45**	19	0	0	32
	3	0	0	**40**	38	2	0	20
XI	1	0	0	35	**58**	2	0	6
	2	0	0	25	**63**	6	0	5
	3	0	0	15	**77**	7	0	1
XII	1	0	0	5	**70**	16	5	1
	2	0	0	3	**60**	29	5	1
	3	0	0	2	30	**60**	6	1
I	1	0	0	2	17	**68**	9	2
	2	0	0	2	9	**70**	15	3
	3	0	0	0	4	**64**	26	3
II	1	0	0	0	2	**53**	41	2
	2	0	0	0	2	36	**59**	2
	3	0	0	0	2	21	**75**	1
III	1	0	0	0	2	15	**81**	1
	2	0	0	0	1	13	**85**	1
	3	0	0	0	2	11	**86**	1
IV	1	0	0	0	1	10	**88**	1
	2	0	0	0	0	9	**90**	1
	3	0	0	0	0	6	**92**	2
V	1	0	0	0	0	4	**94**	2
	2	0	0	0	0	3	**96**	1
	3	0	0	0	0	2	**97**	1

Как и в случае с дрейфующими льдами, в табл. 4 жирным шрифтом выделено количество льдов каждой из возрастных градаций в период преобладания над содержанием льдов следующей по возрасту градации. Как можно судить по продолжительности этих периодов, нарастание толщины льда в припае происходит значительно быстрее. Если в дрейфующих льдах однолетние средние льды преобладают в течение 10 декад (табл. 1), то в припае — только в 5 декадах, и в течение 11 декад преобладают однолетние толстые льды.

Важной режимной особенностью в формировании возрастного состава ледяного покрова северо-восточной части Карского моря является более раннее появление однолетних толстых льдов в припае по сравнению с дрейфующими льдами. В припае эти льды появляются на месяц раньше, в декабре, в дрейфующих льдах — в январе (табл. 1 и 2).

Таблица 3

Среднемесячные площади дрейфующих льдов и припая в северо-восточной части Карского моря в период нарастания ледяного покрова по данным за 1997–2016 гг., %

Месяц	X	XI	XII	I	II	III	IV	V
Дрейфующий лед	57,0	91,3	88,4	82,1	80,7	77,7	76,8	75,0
Припай	1,0	4,3	9,6	16,0	18,3	21,5	22,6	22,4

В отличие от дрейфующих льдов, в которых все виды однолетних льдов сохраняются до конца зимнего сезона, в припае однолетние тонкие, средние и толстые льды одновременно присутствуют только до конца марта – начала апреля. В конце мая припай почти полностью состоит из однолетних толстых льдов с незначительным количеством (1–2 %) средних и старых льдов (табл. 3).

Изменения количества однолетних льдов в процессе формирования припая представлено на рис. 3. Рисунок наглядно демонстрирует переход однолетних тонких льдов в средние льды и средних — в толстые.

Следует отметить, что представленные в табл. 1 и 2 количества льдов разного возраста рассчитаны относительно площадей дрейфующих и припайных льдов соответственно. Средние величины этих площадей по данным за 1996–2016 гг. приведены в табл. 3. Как можно видеть из таблицы, в процессе формирования ледяного покрова площади дрейфующих льдов и припая изменяются. За исключением октября, когда северо-восточная часть Карского моря не полностью покрыта льдом, с ноября по май площадь дрейфующих льдов уменьшается по мере увеличения площади припая.

В табл. 4 приведено общее количество дрейфующих и припайных льдов в ледяном покрове северо-восточной части Карского моря относительно ее площади (495 тыс. км^2). Поскольку припай (даже при его максимальном развитии) занимает площадь более чем в три раза меньшую, чем площадь дрейфующих льдов, данные табл. 4 в основном отражают сезонный ход формирования возрастного состава

Таблица 4

Среднемесячное количество льдов различного возраста (толщины) в северо-восточной части Карского моря по данным за период 1997–2016 гг., %

Месяц	Начальные виды (< 10 см)	Молодые льды		Однолетние льды			Старые льды (> 200 см)
		Серый (10–15 см)	Серо-белый (15–30 см)	Тонкий (30–70 см)	Средний (70–120 см)	Толстый (> 120 см)	
X	**11**	**11**	**19**	2	1	0	10
XI	3	8	**44**	**31**	3	0	6
XII	2	4	28	**47**	13	1	2
I	1	2	20	26	**41**	4	2
II	1	2	17	15	**42**	19	2
III	1	1	15	12	**34**	33	2
IV	1	1	13	11	28	**42**	2
V	1	1	11	6	22	**53**	2

дрейфующего льда с характерными временными периодами преобладания той или иной возрастной градации. Наиболее отличительной особенностью возрастного распределения льдов является длительное преобладание однолетних средних льдов в течение трех зимних месяцев (декабрь–март).

Как уже упоминалось в начальном разделе статьи, большую часть ледяного покрова северо-восточной части Карского моря в конце периода его формирования, в мае, составляют однолетние толстые льды, площадь которых к этому времени достигает величины около 80 % (Гудкович и др., 1972; Бородачев, 1998). По данным, представленным в табл. 4, в среднем за период 1996–2016 гг. количество этих льдов в ледяном покрове немногим более 50 %.

Приводимые упомянутыми авторами данные о возрастном составе льда получены по результатам визуальных ледовых авиаразведок в основном за 1960–1980-е гг. Как известно (Фролов и др., 2007), эти годы относятся к «холодному» периоду в Арктике. Полученные нами данные относятся к «теплому» периоду, начавшемуся с середины 1980-х гг. Расхождение в оценке возрастного состава льда, вероятнее всего, обусловлены климатическими колебаниями ледяного покрова. Для проверки этого положения нами использованы оцифрованные обзорные ледовые карты для каждого месяца зимнего сезона, составленные в период визуальных ледовых разведок. Архив этих карт создан в ААНИИ в рамках проекта ВМО «Глобальный банк данных по морскому льду». Результаты расчета по этим картам возрастного состава льда в мае в среднем за период 1957–1984 гг., относящийся к «холодному» периоду в Арктике, представлены в табл. 5.

Как видно из табл. 5, возрастной состав льда в северо-восточной части Карского моря заметно различается в «холодный» и «теплый» климатические периоды. Количество однолетних толстых льдов в «холодный» период на 19 % больше, чем в «теплый». Судя по количеству однолетних средних льдов, формирование однолетних толстых льдов в «холодный» период происходит значительно быстрее. В «теплый» период значительно больше однолетних средних льдов, которые, возможно, не успели перейти в градацию толстых льдов.

Различие в количестве однолетних толстых льдов, рассчитанных нами для «холодного» периода и упомянутыми выше авторами, не столь велико и, возможно, объясняется точностью их оценки.

Таблица 5

Возрастной состав льдов в мае в северо-восточной части Карского моря в «холодный» и «теплый» периоды, %

Периоды, годы	Начальные виды (< 10 см)	Молодые льды		Однолетние льды			Старые льды (> 200 см)
		Серый (10–15 см)	Серо-белый (15–30 см)	Тонкий (30–70 см)	Средний (70–120 см)	Толстый (> 120 см)	
«Холодный» 1957–1984	3	4	2	5	5	72	6
«Теплый» 1997–2016	1	1	11	6	22	53	2

ВЫВОДЫ

Выполненное исследование возрастного состава льда дополняет режимные характеристики ледяного покрова северо-восточной части Карского моря в осенне-зимний период его формирования.

К режимной особенности возрастного состава дрейфующих льдов относится длительное, в течение 10 декад, преобладание однолетних средних льдов (70–120 см). В припае же в течение 11 декад преобладают однолетние толстые льды (более 120 см). В припае эти льды появляются на месяц раньше, в декабре, в дрейфующих льдах — в январе.

В «холодный» (1957–1984 гг.) и «теплый» (1997–2016 гг.) климатические периоды возрастной состав льда в северо-восточной части Карского моря существенно различается. В завершающей стадии формирования ледяного покрова количество однолетних толстых льдов в «холодный» период» почти на 20 % больше, чем в «теплый».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бородачев В.Е. Льды Карского моря. СПб.: Гидрометеоиздат, 1998. 182 с.

Гудкович З.М., Кириллов А.А., Ковалев Е.Г., Сметанникова А.В., Спичкин В.А. Основы методики долгосрочных ледовых прогнозов для арктических морей. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 348 с.

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.

Международная символика для морских ледовых карт и номенклатура морских льдов / Под. ред. Б.А. Крутских. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 56 с.

Правила плавания в акватории Северного морского пути. URL: http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=19481 [дата обращения 01.09.2016]

Правила классификации и постройки морских судов. СПб.: Изд-во Российского морского регистра судоходства, 2015. Т. 1. 580 с.

Романов И.П. Ледяной покров арктического бассейна. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 212 с.

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.

V.P. KARKLIN, S.V. HOTCHENKOV, A.V. YULIN, V.M. SMOLYANITSKY

SEASONAL CHANGES IN THE STAGES OF SEA ICE DEVELOPMENT IN NORTHEAST PART OF THE KARA SEA DURING THE AUTUMN AND WINTER PERIOD

On a basis of the analysis of archived ice charts for 1997–2016 calculations of changes in the stages of sea ice development composition in northeast part of the Kara Sea during the autumn and winter period are executed. The obtained data allowed establishing with 10 days discretization the changes in quantity (area) and corresponding thicknesses for all stages of sea ice development and the periods of their prevalence from the beginning till the end of ice formation. The essential distinctions between the stages of ice development composition of the drifting and fast ice exhibiting in an earlier appearance and different relative quantity of the first year ice within the fast ice zone are revealed.

Study of sea ice development composition in the northeast part of the Kara Sea during the “cold” and “warm” climatic periods, at the final stage of ice formation revealed their essential distinction.

Such studies were not performed earlier. Its results supplement ice conditions characteristics of northeast part of the Kara Sea and can be used when developing techniques of the ice navigation conditions forecast in winter time.

Keywords: Northeast part of the Kara Sea, stage of ice development, drifting ice, fast ice.