

К ВОПРОСУ О РАСПРОСТРАНЕНИИ МНОГОЛЕТНИХ ЛЬДОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX—НАЧАЛЕ XXI ВВ.

канд. геогр. наук *И.В.БУЗИН*

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

В работе содержится анализ случаев распространения многолетних льдов в Баренцевом море за период 1955–2007 гг. Для этой цели анализировались хранящиеся в ААНИИ комплексные ледовые карты, построенные по данным авиационных ледовых разведок и спутниковых изображений.

Рассматривались случаи проникновения таких льдов южнее 78°с.ш., фиксировались координаты кромок зон их распространения, информация об их частной сплоченности и размерах ледяных полей. Полученная информация использовалась для отображения пространственного и временного хода сплоченности и размеров полей этих льдов, а также получения вероятностных оценок их распространения в Баренцевом море.

Ключевые слова: Баренцево море, многолетние льды, распространение, сплоченность, размеры полей.

ИЗУЧЕННОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Распределение старых льдов (к которым относятся многолетние льды) в Баренцевом море определяется характером его ледообмена с Арктическим бассейном и Карским морем. В течение всего года основной поток старых льдов поступает в Баренцево море из Арктического бассейна через пролив между архипелагами Шпицберген и Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) и распространяется Восточно-Шпицбергенским и Медвежинским течениями на юго-запад моря. Второй, менее значительный по площади поток старых льдов выносится из Карского моря течением Макарова [2, 3, 13, 15]. В период сезонного максимума (весна) многолетние льды, как правило, распространяются узкой зоной вдоль восточных берегов архипелага Шпицберген и южнее ЗФИ [10]. Приведенная схема отражает средние многолетние условия, однако, как будет показано позднее, в тяжелые в ледовом отношении сезоны распространение многолетних льдов происходит под действием дополнительных механизмов и отмечается на большей акватории.

В работе [6] получены оценки возрастного состава ледяного покрова в отдельных частях Баренцева моря на конец мая. Согласно этому источнику, многолетние льды наблюдаются в западной и северо-восточной частях моря (1,7 % и 0,6 % соответственно). По оценкам Миронова [10], на период сезонного максимума (апрель) многолетние льды составляют до 10 % площади всех льдов. Из приведенных оценок следует, что площадь многолетних льдов в Баренцевом море незначительна. Однако знание об их количестве, сплоченности и распространении важно для учета рисков эксплуатации и выбора типов добывающих платформ для освоения Штокмановского, Адмиралтейского, Пахтусовского и ряда других месторождений баренцевоморского шельфа.

По данным Винье [16], использовавшего короткий ряд наблюдений (1970–1981 гг.), двухлетний и многолетний лед хотя и наблюдается в конце периода таяния на севере западной части Баренцева моря, однако редко распространяется южнее о. Надежды. Это утверждение не вполне соответствует данным российской

ледовой разведки за длительный период (архивы ледовых карт ААНИИ и МУГМС), показывающим, что вынос многолетних льдов в более южные районы – к о. Медвежий является достаточно распространенным явлением. В работе [14] было установлено, что при устойчивом северо-восточном воздушном переносе двухлетние льды карского происхождения обычно дрейфуют по высокоширотной трассе первоначально в широтной зоне $79^{\circ} 30' - 76^{\circ} 30'$ с.ш. и выносятся в генеральном юго-западном направлении западнее меридиана 40° в.д. Позднее в работе [18] было показано, что в предшествующие тяжелым ледовым сезонам осенние периоды в Карском районе Баренцева моря, и чаще всего в проливе Макарова, отмечалось наличие двухлетних льдов, при этом их сплоченность в отдельные годы достигала 7–9 баллов. В весенне-летний период выбранных ледовых сезонов двухлетние карские льды почти регулярно встречались в виде включений до 2–3 баллов среди однолетних средней толщины и толстых льдов. Причем в июне–июле 1999 и 2003 гг. в проливе Макарова отмечалось до 4–6 баллов двухлетних льдов, толщиной до 250 см.

Вышеперечисленные примеры показывают, что многолетние льды встречаются в основном в северных районах Баренцева моря и редко распространяются южнее 76° с.ш. Однако в отдельные годы отмечаются исключения, подтвержденные архивными данными, результатами моделирования и экспедиционными наблюдениями. Следует отметить модельный эксперимент по расчету дрейфа ледяного покрова в отдельные экстремально тяжелые в ледовом отношении годы (1966, 1979 и 1998 гг.). Целью данной работы было получение вероятностных оценок транзита тяжелых льдов и айсбергов в район ШГКМ [11]. Начальное распределение льда при модельных расчетах соответствовало реальным параметрам ледяного покрова по данным обзорных ледовых авиаразведок (1966 и 1979 гг.) и спутниковых наблюдений (1998 г.). Расчеты показали, что при определенных условиях проникновение двухлетних льдов возможно до широты 75° с.ш.

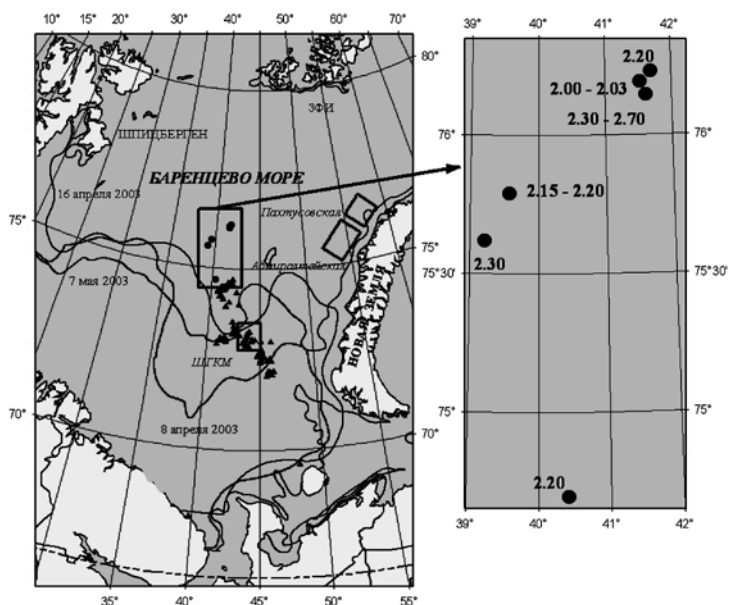


Рис. 1. Расположение станций с двухлетним льдом в экспедиции «Штокман–Зима-2003»; на фрагменте справа – толщины ровного двухлетнего льда

В левой части рисунка показаны крошки льда (данные ЦЛГМИ, ААНИИ), а также положения айсбергов по экспедиционным данным

Реалистичность подобных оценок была подтверждена развитием ледовых условий в зиму 2002/03 г. [8, 12]. Во время экспедиционных исследований на НЭС «Михаил Сомов» в центральной части Баренцева моря были обнаружены в виде включений (2 балла) в полях сморози с однолетними льдами обломки ледяных полей и крупнобитые двухлетние льды, толщина которых составила 180–240 см (рис. 1). Все обследованные в ходе экспедиции 2003 г. торосы (20 торосов), сочетали в своем строении включения двухлетнего льда и нагромождение обломков однолетнего. Эти ледовые образования имели характерные особенности («слаженность» подводной части, высокий коэффициент заполнения, мощность консолидированного слоя, повышенная прочность образцов льда), существенно отличающие их от однолетнего баренцевоморского льда [7, 12].

Все вышеизложенное показывает, что в Баренцевом море эпизодически встречаются многолетние льды, и в отдельных случаях они могут пересекать 75° с.ш. Возможность появления таких льдов в районах, примыкающих к Штокмановскому ГКМ, Адмиралтейскому и Пахтусовскому месторождениям, существенно увеличивает риски потенциального воздействия ледяного покрова на добывающие комплексы, планируемые к установке на их акваториях. Однако приведенные выше сведения являются фрагментарными и явно недостаточными для получения более полного представления о распространении многолетних льдов в Баренцевом море. С этой целью был проведен более подробный анализ обширного архивного материала наблюдений за ледяным покровом.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ АРХИВНЫЕ ДАННЫЕ И ВЫБОР ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Основными исходными материалами для данного исследования были хранящиеся в ААНИИ комплексные ледовые карты, обобщающие результаты ледовой авиаразведки в западном секторе Российской Арктики. Дискретность этих карт составляет 7–10 дней. Предыдущий опыт работы с аналогичными исходными материалами показал, что достаточно надежная и полная ледовая информация, включающая сведения о положении кромки льдов и характеристиках ледяного покрова (состав и возраст льдов, сплоченность, размеры, торосистость), по району Баренцева моря доступна со второй половины 1950-х гг. XX в. [18]. До-

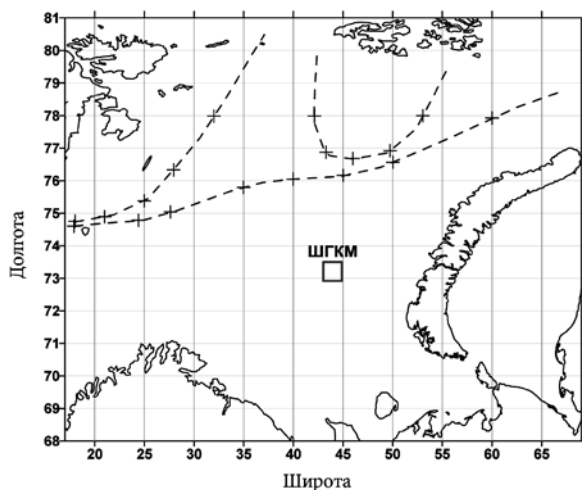


Рис. 2. Пример наиболее типичных случаев распространения многолетних льдов за рассматриваемый период, а также варианты расположения точек выбора информации (координаты границ зон включения (распространения) многолетних льдов)

полнительно в ходе сбора данных был привлечен архив карт авиатермосъемки (с наличием сведений о характеристиках ледяного покрова) Баренцева моря за период 1965–1990 гг., хранящийся в Мурманском УГМС.

Необходимо подчеркнуть специфичность сведений, получаемых с помощью ледовой авиаразведки. Во-первых, ледовая разведка выполнялась по системам галсов, расстояние между которыми могло достигать несколько сотен километров. Полученные таким образом первичные результаты интерполировались, и на их основе строились комплексные ледовые карты. Вторым важным моментом является то, что в зимние месяцы (вторая половина октября – первая половина февраля – т.е. в период полярной ночи) авиаразведки, как правило, не проводились. В летние месяцы (период разрушения ледяного покрова и отступления кромки льда) регулярность проведения авиаразведок обуславливалась наличием ледяного покрова на акватории Баренцева моря. С 1992 г. комплексные ледовые карты в ААНИИ составляются на основе только спутниковых данных, поэтому сведения о ледяном покрове с включением многолетних льдов за два последних десятилетия имеют одинаковую дискретность внутри года и наилучшую полноту. В качестве важной особенности следует отметить, что на протяжении порядка 50 рассмотренных лет несколько раз менялись обозначения возрастных и размерных характеристик ледяного покрова, что существенно затрудняло работу с исходным материалом.

Перечисленные материалы были использованы для выбора информации о наиболее южном положении зон включений (зон распространения) многолетних льдов. Такой подход обусловлен необходимостью использования собранного материала для последующих оценок распространения многолетних льдов в терминах вероятности. В связи с интересом к ШГКМ, Адмиралтейской и Пахтусовской структурам, рассматривались только те случаи, когда двухлетние и многолетние льды отмечались южнее 78° с.ш. (при этом предполагалось, что севернее этой широты наличие таких льдов является нормальным явлением). Во время выбора исходной информации были выявлены два наиболее типичных варианта распространения многолетних льдов – две отдельные области (восточнее Шпицбергена и южнее ЗФИ) или одна область, простирающаяся от района о. Медвежий в северо-восточном направлении до меридиана мыса Желания (рис. 2). Указанная особенность находится в хорошем соответствии с приведенными выше сведениями о распространении многолетних льдов в Баренцевом море.

Координаты кромок снимались таким образом, чтобы как можно более точно передать границы областей распространения двухлетних и многолетних льдов. При этом в случае наличия монотонной южной границы зоны многолетних льдов координаты кромки привязывались к стандартным меридианам (30°, 35°, 40°, 45°, 50° в.д.) (рис. 2). Безусловно, собранная таким образом информация о координатах кромок – несколько субъективна (поскольку не основана на регулярной сетке), однако позволяет достаточно подробно, на наш взгляд, отразить границы распространения многолетних льдов за каждую декаду. В большинстве случаев внутри оконтуренных таким образом областей находились многолетние льды, как правило, большей сплоченности и представленные более крупными размерами ледяных полей. Кроме координат кромок (зон распространения), дополнительно фиксировалась информация о дате обнаружения, общей сплоченности ледяного покрова в конкретной точке, частной сплоченности многолетних льдов и размерах его полей (крупнобитый лед, обломки ледяных полей и большие поля). Всего для анализа была привлечена информация о 838 точках, описывающих границы распространения (зоны) многолетних льдов южнее 78° с.ш. за период 1955/1956–2006/2007 гг. Информация о собранном материале (количество ледовых разведок с фиксацией многолетних льдов и количество отснятых точек) приведена на рис. 3. Для дальнейшей обработки массива сведений о сплоченности и размерах ледяных полей разбивались

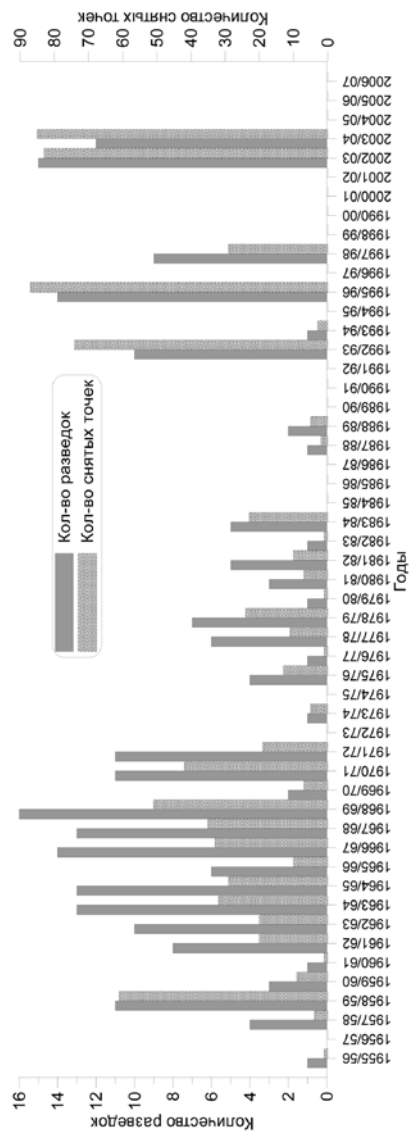


Рис. 3. Информация о количестве ледовых разведок с фиксацией многолетних льдов южнее 78° с.ш. в Баренцевом море и количестве отснятых точек (координаты зон распространения многолетних льдов) за рассмотренные годы

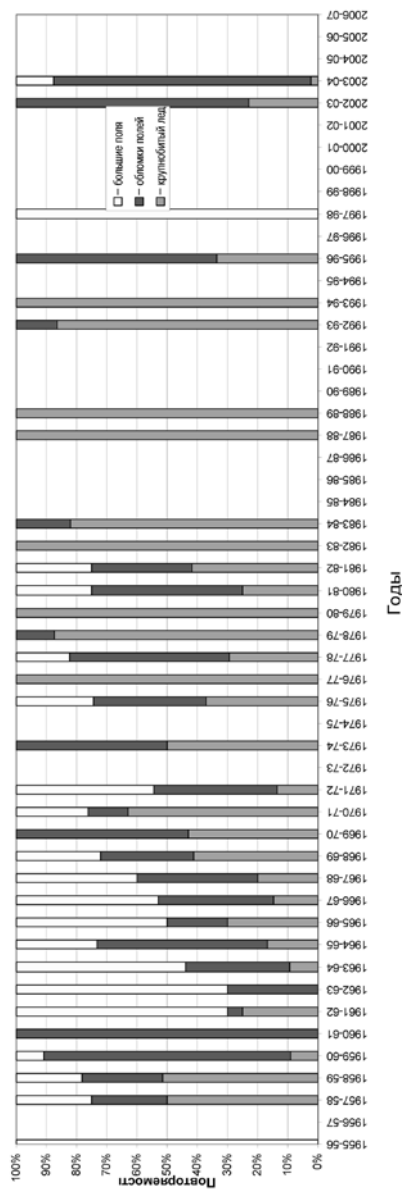


Рис. 4. Относительная частота различных размеров полей многолетнего льда в Баренцевом море за рассматриваемый период

на три градации каждый. Для сплоченности первую градацию составили сплоченные (7–8 баллов) и очень сплоченные (9 баллов) льды, вторую градацию – разрезанные (4–6 баллов) льды и третью градацию – редкие (1–3 балла) льды.

Для размеров полей такими градациями стали «большие поля» (0,5–2 км), «обломки полей» (100–500 м) и «крупнобитый лед» (20–100 м) [9].

МЕЖГОДОВОЙ И СЕЗОННЫЙ ХОД ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОЛЕТНИХ ЛЬДОВ

Как видно из рис. 3, наиболее часто за рассматриваемый период многолетние льды проникали южнее 78° с.ш. в 1960-х гг. Важной особенностью является то, что, по сравнению с другими годами, они отмечались на акватории Баренцева моря в течение всего ледового периода – от начала ледообразования до момента сезонного минимума.

Определение вклада каждой из градаций сплоченности и размеров полей показывает следующее. Доля градации сплоченности «7–9 баллов» составляет 1,9 %, а градаций «4–6 балла» и «1–3 балла» – 12,8 % и 85,3 % от общего количества исходных точек. Вклад градации «большие поля» равен 21,2 %, градации «обломки полей» – 42,8 %, а градации «крупнобитый лед» – 36,0 % соответственно. Как видно из этих соотношений, в абсолютном большинстве случаев границы зон распространения многолетних льдов представлены льдом малой сплоченности (1–3 балла). Тем не менее даже при преобладании низких значений сплоченности основными формами ледяных полей являлись «обломки полей» и «большие поля» – т.е. льдины с размерами от 100 до 2000 м. Этот факт важен для учета рисков воздействия многолетних льдов на гидротехнические сооружения.

Собранные сведения о размерах полей многолетнего льда позволяют получить общее представление о межгодовом и внутригодовом ходе этого параметра. Многолетний ход каждой размерной градации представлен на рис. 4. Как видно из рисунка, наибольшая частота присутствия больших ледяных полей в Баренцевом море южнее 78° с.ш. отмечалась в период 1961–1972 гг. и составляла от 23 % до 70 %. Это говорит о том, что в период происшедшего в 1960-х гг. похолодания имело место не только количественное (больше льда старших возрастных градаций), но и качественное изменение (увеличение доли больших полей) ледяного покрова в Баренцевом море. Этот факт может служить хорошей иллюстрацией к возможным сценариям изменения климата и ледовой обстановки на период эксплуатации Штокмановского ГКМ и других месторождений. В период 1983–1996 гг. большие поля южнее 78° с.ш. в Баренцевом море не отмечались и многолетние льды были представлены в основном крупнобитым льдом (1983–1994 гг., > 80 %) и обломками полей (1996 г., 66 %). Преобладание больших полей в 1955–1956 гг. и 1997–1998 гг. объясняется малым количеством наблюдений (1956 г.) и присутствием многолетних льдов только на самом севере рассматриваемой акватории в 1998 г.

Попытаемся выявить климатические тенденции распространения многолетних льдов в Баренцевом море. Известно, что 1960-е гг. характеризовались значительным увеличением ледовитости как Баренцева моря, так и всего Северо-Европейского бассейна. Результаты работы [5] демонстрируют, что средние поля атмосферного давления и температуры воздуха в Арктике в «холодный период» (1963–1969 гг.) заметно отличаются от аналогичных полей предшествующего ему «теплого периода» (1954–1960 гг.). Как видно из рис. 5 а, изменение атмосферного давления (его понижение) от «теплого» к «холодному» периоду создает условия для усиления выноса льдов из Арктического бассейна в Гренландское и Баренцево моря, но ослабляет их вынос на север из Карского моря.

Результаты численного моделирования климатических изменений ледяного покрова Карского моря, опубликованные в работе [1], показывают, что в «холодный» период усиливается также течение Макарова, огибающее ЗФИ с востока и юга и способствующее увеличению количества льда на северо-западе Карского и северо-востоке Баренцева морей. Изменения циркуляции атмосферы в 1960-х гг. сопровождалась значитель-

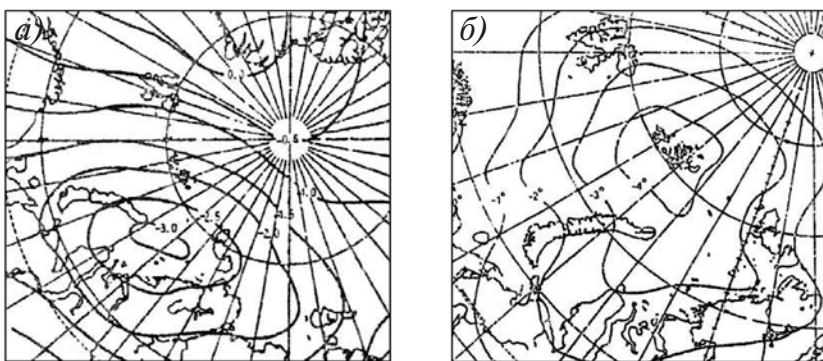


Рис. 5. Разность среднегодового атмосферного давления на уровне моря между «холодным» и «теплым» периодами (в гПа) (а) и разность среднезимней температуры воздуха между «холодным» и «теплым» периодами (б) [5]

ным понижением температуры воздуха в зимний период — средняя зимняя температура в «холодный» период понизилась на севере Баренцева моря более чем на 4 °С (рис. 5 б). В летнее время также отмечалось понижение температуры воздуха, однако на меньшие величины (0,5–1,0 °С). Низкий фон температуры воздуха в «холодный» период способствовал усиленному нарастанию льда зимой и ослабленному таянию летом, что совместно с выносом более мощных льдов из Арктического бассейна привело к повышению ледовитости приатлантической Арктики в период 1960-х гг. [5]. Показательно, что при этом в Баренцевом море южнее 78 °с.ш. в течение практически всего года (с сентября по август) отмечались старые льды — как двухлетние местного образования, так и многолетние — вынесенные из Арктического бассейна.

На рис. 6 приведены сведения об апрельской ледовитости Баренцева моря и наиболее южных положениях кромки многолетних льдов за ледовый сезон по архивным данным. Качественный анализ сглаженных значений, построенных с помощью трехточечного скользящего среднего, показывает определенную сопряженность между этими характеристиками. Как видно из рисунка, повышенная ледовитость и

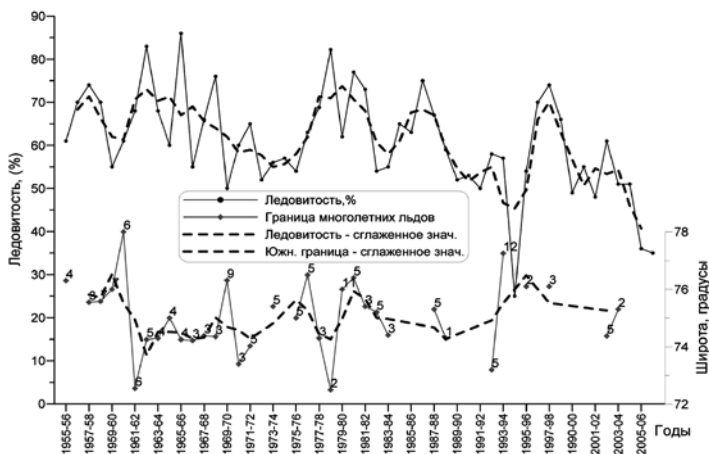


Рис. 6. Апрельская ледовитость Баренцева моря (%) и наиболее южные положения кромки многолетних льдов в Баренцевом море за ледовый сезон (цифрами обозначены номера месяцев, когда они отмечались)

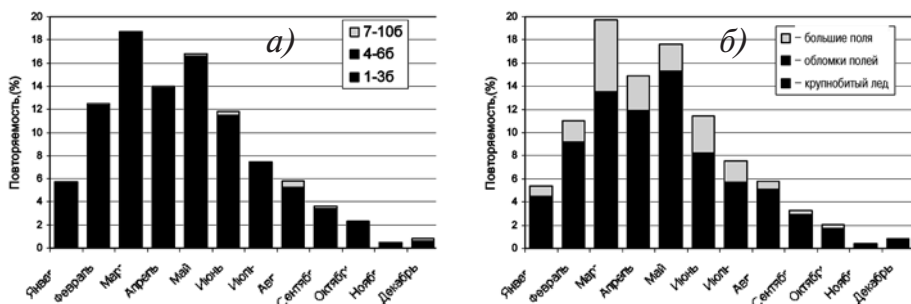


Рис. 7. Внутригодовое распределение сплоченности (а) и форм (размеров) (б) многолетнего льда

вынос многолетних льдов в южном направлении находятся в противофазе и, следовательно, могут объясняться одними и теми же причинами. Это справедливо со второй половины 1950-х гг. до второй половины 1980-х гг., когда число фиксаций многолетних льдов в Баренцевом море начинает снижаться (что может свидетельствовать о климатических изменениях, затронувших приатлантическую Арктику).

Можно вполне обоснованно предположить, что наличие многолетних льдов в Баренцевом море и их вынос южнее 78° с.ш. объясняются действием двух основных факторов – «местного» и «транзитного». «Местным» фактором можно, очевидно, признать наличие остаточных льдов в северных районах Баренцева моря, которые автоматически становятся двухлетними после 31 декабря (например, 1960-е гг.). К «транзитному» фактору следует отнести вынос двухлетних и многолетних льдов из Арктического бассейна и Карского моря при определенных типах циркуляции (продолжительные воздушные переносы с северной и северо-восточной составляющими – см. [18]), формирующих аномально отрицательный температурный фон и интенсификацию течений Макарова и Центральное (например, 1960-е гг., ледовый сезон 2002/03).

Внутригодовой ход сплоченности и размеров полей многолетних льдов представлен на рис. 7. Как видно из этого рисунка, в сезонном ходе количества фиксаций многолетних льдов в Баренцевом море южнее 78° с.ш. присутствует четко выраженный сезонный максимум, наблюдающийся с марта по май. При этом наибольшая повторяемость больших полей и обломков полей отмечается в марте

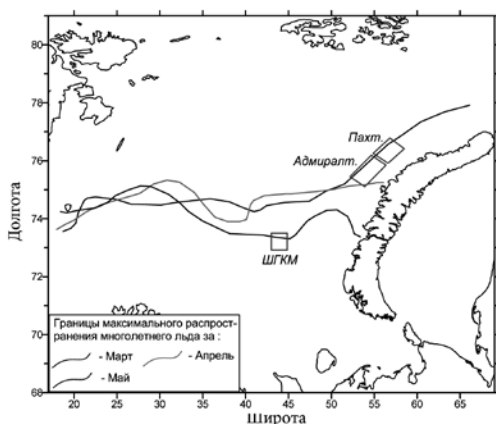


Рис. 8. Границы экстремального распространения многолетних льдов любых размеров и сплоченности на период их максимального распространения в Баренцевом море

(6,2 % и 9,6 %), а крупнобитого льда – в мае (9,7 %). Следует, тем не менее, еще раз отметить, что на протяжении всего года преобладающей градацией сплоченности являются «редкие льды» (1–3 балла).

Выделенный сезонный максимум отмечается в период наибольшего развития ледяного покрова в Баренцевом море (март–май, с максимумом в апреле) и находится, таким образом, в хорошем соответствии с представлениями о ледовом режиме моря. Наблюдаемый минимум фиксаций многолетних льдов (ноябрь–декабрь) может быть объяснен сокращением полетов ледовой разведки в период полярной ночи.

Массив координат многолетних льдов в Баренцевом море позволяет построить карты их экстремального распространения в каждый месяц. На рис. 8 приведены границы экстремального распространения многолетних льдов любых размеров и сплоченности на период их максимального распространения (март, апрель, май); границы проведены по наиболее южным точкам из всех зафиксированных.

Как видно из рис. 8, в период сезонного максимума своего развития многолетние льды различной сплоченности и размеров могут широко распространяться в Баренцевом море, достигая экватории Штокмановского ГКМ. Очевидно, что возможность проникновения многолетних льдов в район ШГКМ должна быть учтена при расчете ледовых нагрузок на добывающий комплекс, проектируемый для этого месторождения.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ЛЬДОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

Анализ массива положений кромок многолетних льдов показывает, что наиболее южные границы их проникновения в каждый год за период 1955–2007 гг. отмечались в зоне от 18° до 69° в.д. (т.е. фактически во всем Баренцевом море). Однако следует подчеркнуть преобладание случаев продвижения кромок многолетних льдов в западной части моря. Рассматривая случаи наиболее южного проникновения многолетних льдов в каждый год, можно отметить, что значение медианы долготы составляет 29° 15' в.д., что свидетельствует об основном вкладе «языка» многолетних льдов в районе Восточно-Шпицбергенского и Медвежинского течений.

Из рис. 3 видно, что в 34 из 52 ледовых сезонов (1955/56–2006/07 гг.) многолетние льды наблюдались южнее 78° с.ш. Вероятность появления многолетнего льда южнее 78° с.ш. можно определить как отношение количества лет с многолетним льдом (южнее 78° с.ш.) к периоду наблюдений. Данная величина равна $p_n = 0,6538$. На рис. 9 представлено распределение многолетнего льда по широте южной границы его появления [4]. Поскольку распределение ограничено 78-й параллелью, то появле-

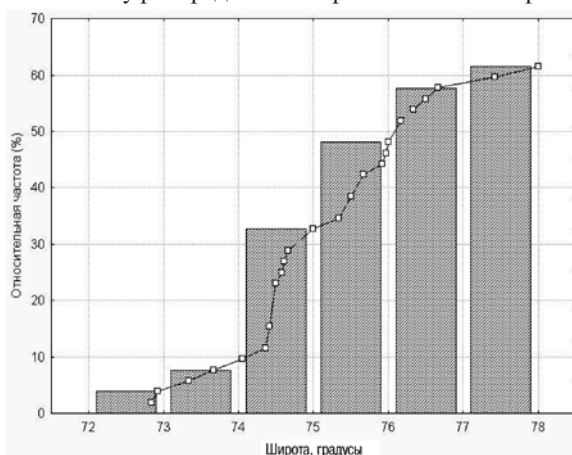


Рис. 9 Распределение многолетнего льда по широте в Баренцевом море

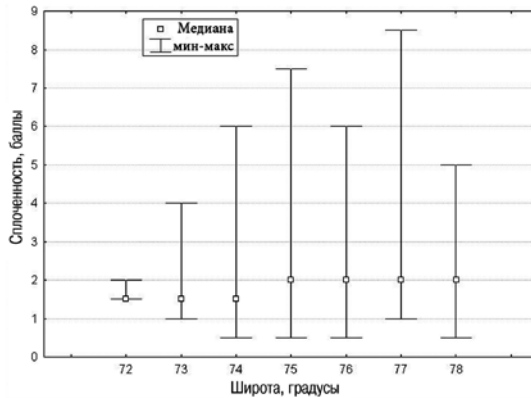


Рис. 10. Зависимость парциальной сплоченности многолетнего льда от широты в Баренцевом море

нию многолетних льдов южнее 78° с.ш. очевидно, соответствует частота $p_{с.ш.}$, южнее 74° с.ш. — частота 7,7 %, южнее 73° с.ш. — частота 3,85 % (рис. 9). Так как для обработки выбирались самые южные фиксации в течение года, то частота напрямую соответствует повторяемости. Воспользовавшись данными рис. 9, можно оценить, что период повторяемости появления двухлетнего и многолетнего льда южнее 74° с.ш. составляет примерно 13 лет, а южнее 73° с.ш. — порядка 26 лет [4]. Можно отметить, что частота встречи с многолетним льдом в Баренцевом море южнее 74° с.ш. на порядок меньше, чем в более северных районах (рис. 9).

В работе [4] получена парциальная сплоченность многолетнего льда на южной границе его распространения (рис. 10). Видно, что значение 50 % обеспеченности практически не зависит от широты и лежит в диапазоне 1–2 балла. Максимальная наблюдаемая сплоченность изменяется в широких пределах (2–9 баллов). Так, максимальная сплоченность многолетнего льда южнее 77° с.ш. может достигать 9 баллов, южнее 74° с.ш. — 6 баллов.

Важным моментом для Баренцева моря является распределение размеров полей многолетнего льда по широте (рис. 11).

Представленные на рис. 11 значения частоты соответствуют гистограммам, но для удобства они отображены в виде линий на одном рисунке. Можно отметить общую тенденцию увеличения частоты встречи полей многолетнего льда любых размеров с увеличением широты. Видно, что доминирующей формой практически

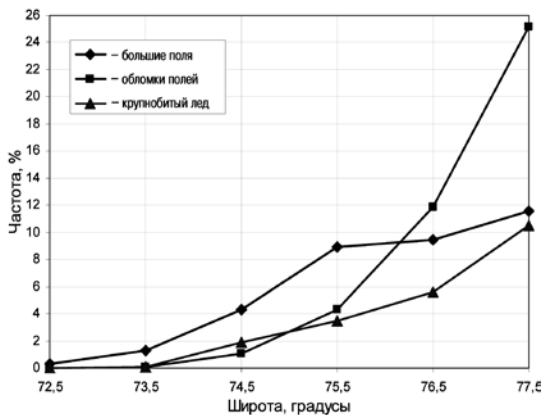


Рис. 11. Распределение размеров полей многолетнего льда по широте в Баренцевом море

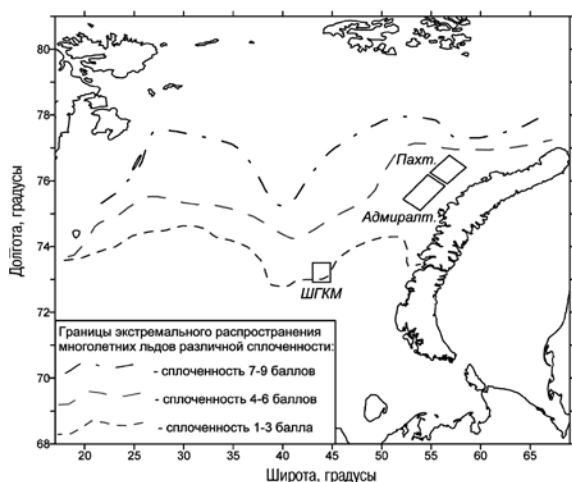


Рис. 12. Границы экстремального распространения многолетних льдов сплоченностью 1–3, 4–6 и 7–9 баллов в Баренцевом море

Прямоугольниками обозначены районы Штокмановского (ШГКМ), Адмиралтейского и Пахтусовского месторождений

во всем рассматриваемом диапазоне широт (72° – 76° с.ш.) является крупнобитый лед, однако к северу от 76° с.ш. начинают преобладать обломки ледяных полей. Подобное увеличение размеров полей многолетних льдов с широтой соответствует основным закономерностям распределения ледяного покрова в Баренцевом море.

Собранные архивные сведения о частной сплоченности многолетнего льда позволяют получить пространственное распределение указанной характеристики. Границы экстремального распространения многолетних льдов сплоченностью 1–3, 4–6 и 7–9 баллов приведены на рис. 12.

Полученная картина показывает, что распространение многолетних льдов в Баренцевом море происходит не только вдоль архипелага Шпицберген (район действия Восточно-Шпицбергенского и Медвежинского течений) и в районе Земли Франца-Иосифа (район действия течения Макарова). На рис. 12 хорошо выделяется «ледовый мыс», ориентированный вдоль 40° в.д. и связанный с интенсификацией Центрального течения. Известно, что вынос повышенного количества льда всех возрастных категорий этим течением обуславливается определенными синоптическими ситуациями, проявляющимися в воздушных потоках северных румбов. В частности, положение кромок льда в апреле–мае 2003 г. показывает формирование подобной пространственной неоднородности ледяного покрова в Баренцевом море (рис. 1). Анализ синоптических условий за ледовый сезон 2002/03 г. подтвердил преобладание северных воздушных потоков в этот период [17, 18]. Как видно из рис. 12, многолетние льды сплоченностью 7–9 и 4–6 баллов не достигают акватории Штокмановского ГКМ. Однако, согласно собранным к настоящему моменту сведениям, за рассматриваемый период в районе месторождения и в непосредственной близости от него в отдельные годы наблюдались многолетние льды сплоченностью 1–3 балла.

ВЫВОДЫ

Анализ случаев проникновения многолетнего льда в Баренцево море южнее 78° с.ш. за период 1955–2007 гг. позволяет сделать следующие выводы:

1. В соответствии с привлеченными архивными источниками и данными экспедиционных исследований последних лет, многолетние льды в Баренцевом море

в определенных ситуациях могут распространяться южнее 73° с.ш., а также попадать на акваторию Штокмановского ГКМ. По форме это преимущественно крупнобитый лед, с размерами льдин 20–100 м. Обычно такие льды отмечаются в полях сморози со льдами более молодых форм, при этом сплоченность многолетних льдов составляет 1–3 балла.

2. За рассматриваемый период преобладающей сплоченностью льда на границах зон распространения многолетних льдов была сплоченность 1–3 балла (редкие льды). Тем не менее при этом отмечалось преобладание (более 60 %) «обломков полей» и «больших полей» многолетних льдов – т.е. льдин с размерами от 100 до 2000 м.

3. Анализ массива данных показал, что период повторяемости появления многолетнего льда любых размеров и сплоченности южнее 74° с.ш. составляет примерно 13 лет, а южнее 73° с.ш. – порядка 26 лет.

4. Наиболее часто за рассматриваемый период многолетние льды проникали южнее 78° с.ш. в 1960-х гг. При этом, по сравнению с другими годами, они отмечались на акватории Баренцева моря практически в течение всего ледового сезона. Межгодовое распределение вклада размерных градаций показывает, что во время происходившего в 1960-х гг. похолодания имело место не только количественное (больше льда старших возрастных градаций), но и качественное изменение (увеличение доли больших полей многолетнего льда) ледяного покрова в Баренцевом море.

5. Вынос многолетних льдов из северных районов Баренцева моря в его центральную часть может быть объяснен интенсификацией Центрального течения, вызванного, в свою очередь, продолжительным (2–5 месяцев) действием ветров северных направлений и общими тяжелыми ледовыми условиями в регионе Баренцева и Карского морей. Вынос многолетних льдов в южном направлении из районов севернее 78° с.ш. происходит в основном в весеннее время.

Автор выражает свою глубокую признательность сотрудникам ААНИИ Р.А.Борисову и А.А.Лебедеву, оказавшим существенную помощь в процессе сбора исходной информации и интерпретации старых ледовых карт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аппель И.Л., Гудкович З.М., Петров В.М.* Климатическая изменчивость морских льдов Северного Ледовитого океана по данным математического моделирования // *Материалы гляциологических исследований.* 1989. Вып. 65. С. 116–120.
2. *Бородачев В.Е.* Сравнительный анализ вероятностных и статистических характеристик сплоченности льдов и ее изменений // *Труды ААНИИ.* 1988. Т. 401. С. 103–120.
3. *Бородачев В.Е., Фролов И.Е.* Типология распределения льдов в морях Российской Арктики. СПб.: Гидрометеоздат, 1997. 155 с.
4. *Бузин И.В.* Оценка состояния ледяного покрова и условий формирования тяжелых ледовых сезонов в Баренцевом море // *Дис. ... канд. геогр. наук.* СПб.: ААНИИ, 2008. 202 с.
5. *Гудкович З.М., Захаров В.Ф., Аксенов Е.О., Позднышев С.П.* Взаимосвязь современных климатических изменений в атмосфере, океане и ледяном покрове Арктики // *Труды ААНИИ.* 1997. Т. 437. С. 7–16.
6. *Гудкович З.М., Кирилов А.А., Ковалев Е.Г., Сметанникова А.В., Спичкин В.А.* Основы методики долгосрочных ледовых прогнозов для арктических морей. Л.: Гидрометеоздат, 1972. 348 с.
7. *Зубакин Г.К., Гудошников Ю.П., Наумов А.К., Степанов И.В., Кубышкин Н.В.* Особенности строения торосов в восточной части Баренцева моря по данным экспедиции 2003 г. // *Труды ААНИИ.* 2004. Т. 449. С. 180–195.
8. Информационный отчет по проекту «Выполнить комплекс ледоисследовательских работ в районе Штокмановского Газоконденсатного месторождения (ШГКМ) в апреле–мае 2003 г.». СПб.: ААНИИ, 2003. 214 с. Фонды ААНИИ. № Р-5315.
9. Международная символика для морских ледовых карт и номенклатура морских льдов. Л.: Гидрометеоздат, 1984. 86 с.

10. *Миронов Е.У.* Ледовые условия в Гренландском и Баренцевом морях и их долгосрочный прогноз. СПб.: ААНИИ, 2004. 320 с.
11. Научно-технический отчет «Обобщение архивных источников по ледовому режиму восточной части Баренцева моря, вероятностные оценки транзита тяжелых льдов и айсбергов в район Штокмановского ГКМ и подготовка исходных данных под задачи проектирования» / Под ред. Г.К.Зубакина. СПб.: ААНИИ, 2000. 118 с. Фонды ААНИИ. № Р-5142.
12. Научно-технический отчет по проекту «Выполнить комплекс ледоисследовательских работ в районе Штокмановского Газоконденсатного месторождения (ШГКМ) в апреле–мае 2003» / Под ред. Г.К.Зубакина. СПб.: ААНИИ, 2003. 311 с. Фонды ААНИИ. № Р-5315.
13. Отчет по теме: «Подготовить отдельные разделы экологического обоснования (ОВОС) Штокмановского Газоконденсатного месторождения Баренцева моря» / Под ред. Г.К.Зубакина. СПб.: ААНИИ, 1994. 93 с.
14. Отчет по НИР. Ч. I. «Исследования гидрометеорологических и ледовых условий шельфа Баренцева и Печорского морей в связи с освоением их природных ресурсов и разработка технологии расчета нормативных параметров» / Под ред. Г.К.Зубакина. СПб.: ААНИИ, 2004. 66 с.
15. *Романов И.П.* Ледяной покров Арктического бассейна. СПб.: ААНИИ, 1992. 212 с.
16. *Vinje T.* Drift, composition, morphology and distribution of the sea ice fields in the Barents Sea. The physical environment, western Barents Sea // Nor. Polarinst. Skr. Oslo: Norwegian Polar Institute, 1985. № 179C. 26 p.
17. *Zubakin G.K., Shelomentsev A.G., Onshuus D.K., Eide L.I., Buzin I.V.* Spatial Distribution of Icebergs in the Barents Sea Based on Archived Data and Observations of 2003 // Proc. of 18th Int. Conf. on Port and Ocean Engineering (POAC-2005). Potsdam, USA, 2005. P. 575–583.
18. *Zubakin G.K., Lebedev A.A., Ivanov V.V., Buzin I.V., Eide L.I.* Conditions for Formation of Extremely Severe Ice Seasons in Northeastern Barents Sea from Early 1950s to Present // Int. Journal of Offshore and Polar Engineering. 2007. Vol. 17. № 3. P. 161–168.

I.V.BUZIN

ON SPREADING OF THE MULTIYEAR ICE IN THE BARENTS SEA IN THE SECOND HALF OF 20TH – BEGINNING OF 21 CENTURY

This article contains an analysis of the distribution of multiyear (MY) ice in the Barents Sea for the 1955–2007 period. The archived comprehensive ice charts of AARI, drawn on the basis of the results of ice air reconnaissance and satellite data, have been analyzed.

Cases of intrusion of multiyear ice southward of 78N have been examined, coordinates of boundaries of its distribution zones measured, and information on MY ice partial concentration and floe sizes obtained. These datasets were used to reflect MY ice spatial and temporal variations of concentration and floe sizes, and to get probability assessments of its distribution in the Barents Sea as well.

Keywords: Barents Sea, old ice, distribution, concentration, floe size.