

УДК 551.467.3 (265.54)

В.В. Плотников^{1,2}, И.А. Круглик, О.Н.Руденко¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б²Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
690041, Владивосток, ул. Балтийская, д. 43**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА
ЯПОНСКОГО МОРЯ**

На основании всей доступной информации о состоянии ледяного покрова на Японском море за период с 1960 г. и по настоящее время оценивается пространственная изменчивость основных характеристик ледяного покрова (сплоченность, возраст, формы льда) моря в течение ледового сезона (осень, зима, весна). Показано, что максимальная изменчивость полей ледовых элементов связана с областями 4–8-балльной сплоченности, где вклад динамического фактора (дрейф льда, взаимодействие между льдинами и т.д.) в перераспределение сплоченности максимален. Основные сезонные различия в распределениях характеристик изменчивости в полях сплоченности, возраста и форм льда выражаются в некотором смещении центров соответствующих изолиний. Эти различия определены тем, что поля форм льда преимущественно формируются под воздействием динамических причин, эволюция полей возраста льда определяется главным образом термическими факторами (формирование полей сплоченности складывается под воздействием как динамических, так и термических факторов) и в зонах, где максимально меняется сплоченность, основные изменения форм льда уже произошли, а изменчивость возраста льда еще не достигла своего максимума. Причем свои особенности накладывают и морфометрические характеристики бассейнов.

Ключевые слова: изменчивость, ледяной покров, сплоченность льда, возраст льда, формы льда, термические и динамические факторы.

V.V. Plotnikov, I.A. Kruglik, O.N. Rudenko**SPATIAL TEMPORAL VARIABILITY OF THE ICE COVER OF THE
JAPAN/EAST SEA**

The spatial variability of the main ice cover characteristics (concentration, age, ice forms) of the sea during the ice season (fall, winter, spring) is estimated on the basis of all available information of an ice cover condition on the Japan/East Sea from 1960 and till present. The maximum variability of fields of ice elements is connected with areas 4-8 ball concentration where the dynamic factor contribution (ice drift, interaction between ice floes, etc.) in redistribution of concentration is maximum. The main seasonal distinctions in distributions of variability characteristics of fields of ice concentration, ice age and ice forms are expressed in some shift of the centers of the respective isolines. These distinctions are defined that fields of ice forms are mainly formed under the influence of the dynamic reasons, evolution of ice age fields is mainly defined by thermal factors (formation of fields of concentration develops under influence, both dynamic, and thermal factors) and in zones where concentration as much as possible changes, the main changes of ice forms have already happened, and variability of ice age hasn't reached the maximum yet. And, morphometric characteristics of pools impose the features also.

Key words: variability, ice cover, ice concentration, ice age, ice form, thermal and dynamic factors.

Японское море является одной из основных транспортных артерий и богатейшей промысловой зоной Дальнего Востока. Наличие сезонного ледяного покрова препятствует экономическому развитию региона. Практически все виды хозяйственной деятельности (навигация, рыбный промысел, геологические исследования на шельфе, гидротехническое

строительство), особенно в северной части моря, а также решение ряда задач долгосрочных гидрометеорологических прогнозов во многом зависят от знания ледовой обстановки и возможности ее прогнозирования. Ледяной покров, являющийся границей раздела атмосфера – океан, существенно влияет на формирование климата и погоды, изменение течений, термического режима вод и другие гидрометеорологические процессы. Все это подчеркивает насущную необходимость исследования данного показателя как определенного индикатора климатического состояния и экологического равновесия природной среды. Кроме того, оценки ледовых условий имеют определенное практическое значение и позволяют принимать более эффективные проектные решения при хозяйственном освоении акватории моря.

Анализом ледовых условий Японского моря занимались многие исследователи [1–4, 6–23].

Первое описание ледовых условий выполнено Л.И.Шренком в 1869 г. и касалось только Татарского пролива. Разрозненные материалы наблюдений дали возможность Шренку выявить только качественную зависимость распространения льда в проливе под влиянием преобладающих ветров. По материалам Л.И.Шренка и отчетам Главного Гидрографического управления С.О. Макаров составил таблицы дат вскрытия и замерзания для отдельных районов Японского моря за период с 1852 по 1885 гг., что позволило получить карты изохрон замерзания и исчезновения льда в Татарском проливе. Весьма интересные данные о льдах Японского моря собрал Н.Н. Алексеев, проводивший исследования на ледоколах «Давыдов» и «Добрыня Никитич» во льдах Татарского пролива.

Первые обобщающие исследования, касающиеся физико-географического анализа и описания особенностей ледового режима Японского моря, связаны с именами А.М. Баталина, Г.М. Бирюлина, А.Н. Крындина, Г.А. Столяровой, Л.П. Якунина.

С развитием интенсивного судоходства возникла острая необходимость в получении систематизированных данных о льдах Японского моря. В результате составлены лоция [4], карты и атласы льдов по Японскому морю [1–2, 21–23].

В свое время исследованием ледовых условий Японского моря занималась Г.А. Столярова [15–17], которой проводились расчеты полей сплоченности льда, сжатий и разрежений, декадных положений кромки льда. Но ограниченность данных, несовершенство используемых методик и т.д. не позволили получить достаточно наглядные исчерпывающие результаты.

Последние, наиболее полные, обобщения данных по характеру ледовых условий на Японском море выполнены Л.П. Якуниным [3, 19–23], которым были составлены карты режимных характеристик практически всех элементов ледяного покрова, и В.В. Плотниковым [3, 7–14, 18], оценившим общий характер изменчивости ледовых условий и представившим возможную интерпретация их эволюции. Однако детальный количественный анализ внутренней структуры ледяного покрова на море до сих пор остается открытым вопросом.

Наличие долгопериодных изменений ледовых условий указывает на необходимость привлечения для анализа многолетнего ряда наблюдений.

Все сказанное еще раз подчеркивает сложность, многогранность, но в то же время насущную необходимость решения задачи исследования ледовых условий на Японском море.

Целью данной работы является оценка пространственно-временной изменчивости ледяного покрова Японского моря.

В качестве объектов исследования, достаточно исчерпывающе характеризующих ледовые условия, были выбраны поля сплоченности, возраста и форм льда.

Исходный архив ледовой информации

Исходной информацией при создании архива данных о ледовых условиях дальневосточных морей послужили:

- карты ледовых авиаразведок над Японским морем;
- спутниковые снимки ледяного покрова морей, получаемые с ИСЗ серий *NOAA*, *Meteop*, *Космос*, *Radarsat-1/2*, *Sentinel-1A*, *Landsat u m.n.*;

- гидрометеорологические ежемесячники (ежегодники) по Дальневосточному региону, содержащие данные прибрежных гидрометеорологических станций и постов.

В качестве дополнительной информации привлекались прибрежные радиолокационные и вертолетные наблюдения за льдом, попутные судовые наблюдения, сведения, получаемые при исследованиях на ледовых полигонах, и т.д.

Вся информация о состоянии ледяного покрова, получаемая в течение определенной декады, картировалась и подвергалась предварительному анализу. Основой при выборке исходных данных о ледовом состоянии морей до 1990 г. служили данные ледовых авиаразведок, проводимых в течение данной декады, а после 1990 г. – наблюдения из космоса. Обычно в течение декады имеется несколько карт или снимков ледяного покрова. Полученные фрагменты ледовой обстановки, включая данные прибрежных наблюдений гидрометстанций и постов, осредняются для данной декады по всему морю. Одновременно проводился и критический контроль получаемой информации (данные процедуры обычно выполняются в оперативных подразделениях гидрометслужбы, занимающихся сбором и первичным анализом ледовой информации). То есть минимальная дискретность построения карт ледовой обстановки, охватывающих всю акваторию конкретного моря и представляющих практически непрерывный ряд в течение ледового периода, составила одну декаду. Более высокое временное разрешение, учитывая сложность получения ледовой информации (обширные акватории, наличие неблагоприятных погодных условий и т.д.), возможно только для отдельных локальных акваторий, причем получаемые ряды, в силу уже изложенных причин, будут заведомо неэквидистантны.

По средним декадным картам ледовых условий определялись значения основных ледовых характеристик (сплоченность, возраст, формы льда).

Для численного представления полей ледовых характеристик акватории морей разбивались на ряд сравнительно однородных районов. Использовались осредненные в рамках этих районов значения ледовых элементов, отнесенных к центрам соответствующих районов. Степень детализации сведений о ледовых условиях в данном случае напрямую зависит от размеров элементарных ячеек сетки, которой покрывается акватория моря для снятия значений ледовых характеристик (рис. 1) [13–14].

В прибрежных зонах, наиболее интересных с точки зрения их хозяйственного освоения, площади районов для снятия ледовых характеристик обычно уменьшались.

Список снимаемых параметров на данном этапе решено было ограничить сведениями о сплоченности, возрасте и формах льда. В дальнейшем его планируется существенно расширить, включив туда более детальные представления (по градациям) о сплоченности, возрасте и формах льда, а также сведения о деформационных процессах в ледяных массивах (сжатия-разрежения льда) и в весенний период – о разрушенности льда.

Вся терминология и понятия о ледовых явлениях, используемые в данной работе, соответствуют «Международной символике для морских ледовых карт и номенклатуре морских льдов» [5].

Численные значения характеристик льда снимались непосредственно с ледовых карт в абсолютных или условных (баллах) единицах.

Учитывая высокую степень точности определения местоположения самолета при производстве авиаразведок, следовательно, и точность фиксирования ледовых условий, а при отсутствии авиаразведок достаточную точность привязки и дешифровки спутниковых данных, можно полагать, что возможные ошибки наблюдений и фиксирования полей сплоченности, возраста и форм льда не превышают одного балла [6, 13, 14].

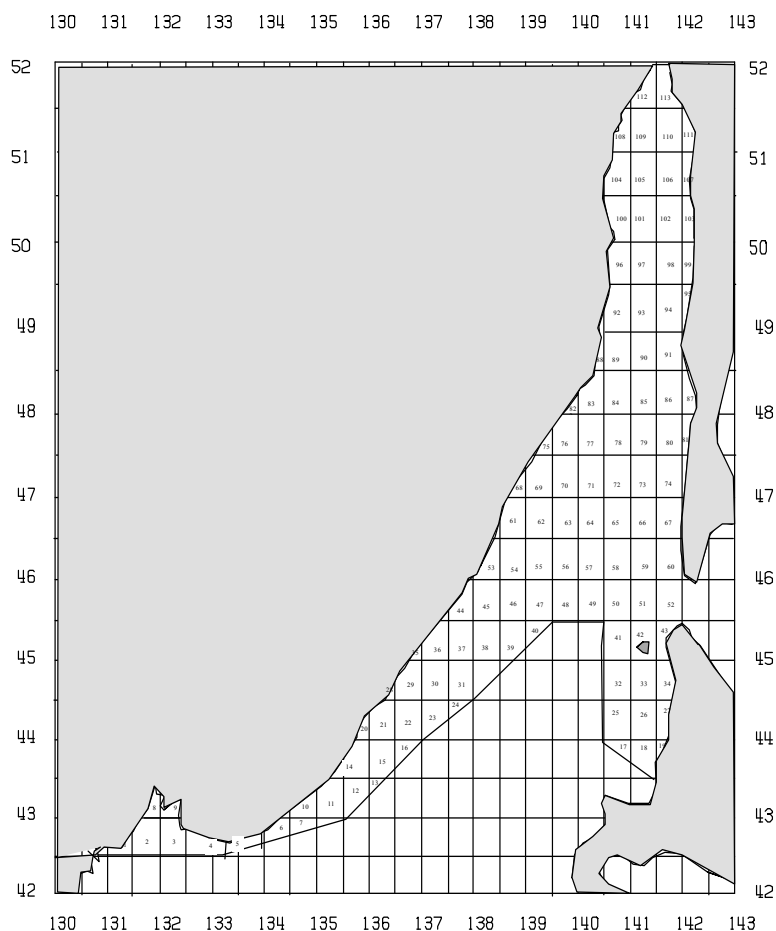


Рис. 1. Расположение и нумерация районов для снятия значений ледовых характеристик на Японском море (непрерывная линия показывает границу предельного распространения льда)

Fig. 1. Location and numbering of the areas to take values of the ice characteristics on the Japan/East Sea (the continuous line shows border of limit ice distribution)

В результате для оценки состояния льда на море были сформированы информационные матрицы размерностью $M \cdot N \cdot P \cdot K$, где M – количество лет ($M=55$), N – количество декад ледового периода ($N=15$, для Японского моря: с I декады декабря по III декаду апреля), а P – количество фиксируемых для данного моря ледовых параметров (3 – сплоченность, возраст, форма льда), K – размерность полей ($K=114$, рис. 1), которые были объединены в архив ледовой информации. За начало отсчета при формировании информационных матриц был принят декабрь 1960 г. Более ранние наблюдения в связи с их исходной неполнотой (отсутствием ледовой информации одновременно по всему морю), недостаточным объемом и качеством наблюдений, а следовательно, сложностью их критической оценки в архив не включались.

Результаты и их обсуждение

Основные черты развития ледовых процессов в море. По ледовым условиям Японское море можно разделить на 3 района: Татарский пролив, район от мыса Поворотного до мыса Белкина и зал. Петра Великого, причем в зимний период постоянно лед наблюдается только в Татарском проливе и зал. Петра Великого, на остальной акватории лед за исключением закрытых бухт и заливов наблюдается не чаще, чем в 25 % случаев. Самым холодным районом является Татарский пролив, где в зимний период формируется и локализуется более 90 % всего льда, наблюдаемого в Японском море. Исходя из этого, общий анализ характера рас-

пределения ледовых условий Японского моря можно проводить, базируясь только на данных о состоянии ледяного покрова Татарского пролива, что в ряде случаев в дальнейшем изложении практиковалось.

По многолетним данным, продолжительность периода со льдом в зал. Петра Великого составляет около 120 дней, а в Татарском проливе в силу его большей меридиональной протяженности – от 40–80 дней в южной части пролива до 140–170 дней в северной его части.

Первое появление льда повсеместно наблюдается в вершинах бухт и заливов, закрытых от ветра волнения и имеющих опресненный поверхностный слой. В умеренные зимы в зал. Петра Великого первое появление льда обычно наступает во второй декаде ноября. В Татарском проливе в вершинах заливов Советская Гавань, Чихачева и проливе Невельского первичные формы льда наблюдаются уже в начале ноября. Раннее ледообразование в зал. Петра Великого (Амурский залив) наступает в начале ноября, в Татарском проливе – во второй половине октября. Позднее – в конце ноября. В начале декабря развитие ледяного покрова вдоль о. Сахалин происходит быстрее, чем вблизи материкового берега и, соответственно, в восточной части Татарского пролива в это время льда больше, чем в западной. К концу декабря количество льда в восточной и западной частях выравнивается, и после достижения параллели мыса Сюркум направление кромки меняется: смещение ее вдоль сахалинского берега замедляется, а вдоль материкового активизируется. В начале января лед заполняет всю северную часть Татарского пролива примерно до широты мыса Ламанон. В Татарском проливе ледяной покров достигает максимального развития во второй половине февраля, в зал. Петра Великого – в середине февраля. В среднем льдом покрывается около 52 % площади Татарского пролива и 56 % площади зал. Петра Великого. В Татарском проливе абсолютный максимум ледовитости (86,8 %) был зафиксирован в зиму 1950–1951 гг. В зал. Петра Великого этот максимум пришелся на зиму 1969–1970 гг. (около 95 % от площади залива).

Таяние льда обычно начинается в первой половине марта. В середине марта от дрейфующего льда очищаются открытые районы зал. Петра Великого и все приморское побережье до мыса Золотого. Граница ледяного покрова в Татарском проливе отступает на северо-запад. В восточной части пролива происходит очищение от льда. Раннее очищение Японского моря от льда наступает во второй декаде апреля, позднее – в конце мая–начале июня [11, 21].

Основные черты распределения полей сплоченности, возраста и форм льда.

Несмотря на относительно небольшую площадь, занимаемую льдом в Японском море, сплоченность, возраст и формы льда отличаются значительным пространственно-временным разнообразием. Например, при сильных и продолжительных западных и северо-западных ветрах происходит вынос льда в центральную и восточную части Татарского пролива. Одновременно вдоль западного побережья образуется полынья шириной до 5–10 миль, где, в свою очередь, происходит интенсивное продуцирование начальных видов льда. При продолжительных штормах с ветрами северных направлений происходит разрежение, а при южных ветрах – сплочение льда в центральной части пролива, приводящее к смещению кромки льда на север.

В зал. Петра Великого к середине декабря, в восточных и северных частях Амурского и Уссурийского заливов, а также в зал. Посыет преобладают зоны льда сплоченностью 7–9 баллов. В бухтах и заливах центрального Приморья сплоченность льда не превышает 6 баллов, и только в бухте Преображения и гавани Тихая Пристань сплоченность льда может достигать 9–10 баллов.

Распределение возрастных видов льда имеет свои закономерности. В самой северной части пролива, как правило, наблюдается зона серого льда с преобладающей сплоченностью 9 баллов. Южнее ее располагается массив сплоченного серо-белого и тонкого белого льда. В прикромочной зоне шириной 10–15 миль преобладает битый серо-белый лед. В мягкие зимы более тяжелый лед скапливается у западного и юго-западного побережья, а в зимы, близкие к

норме, – концентрируется вдоль сахалинского берега. Ледовитым зимам соответствует широтное распределение возрастных зон льда: от пролива Невельского молодой лед постепенно переходит в более старые виды и только вблизи ледовой кромки повторяемость молодого льда вновь увеличивается.

В январе–феврале Амурский и Уссурийский заливы в основном заполнены серым и серо-белым льдом сплоченностью 7–9 баллов. Понижение температуры способствует смерзанию малых форм льда в поля сморози, которые, начиная с января, встречаются по всей акватории Амурского и Уссурийского заливов. Весной в результате интенсивного таяния сплоченность льда быстро уменьшается, исчезают молодые виды льда и увеличивается процентное содержание более старого льда. В середине марта сплоченный лед можно встретить только в северной половине Амурского и восточных районах Уссурийского заливов. За одну – две декады до окончательного очищения сплоченность льда повсеместно уменьшается до 1–3 баллов [11, 21–23].

Изменчивость полей ледовых характеристик обладает ярко выраженным сезонным характером. В сезонной эволюции ледовых условий можно условно выделить три периода:

- осенний период (октябрь – январь) – нарастание объемов льда;
- зимний период (январь – март) – стационарирование льда;
- весенний период (март – май) – таяние льда.

Понимание процессов эволюции ледяного покрова в эти периоды особенно важно для глобальной оценки сезонного перераспределения льда в море.

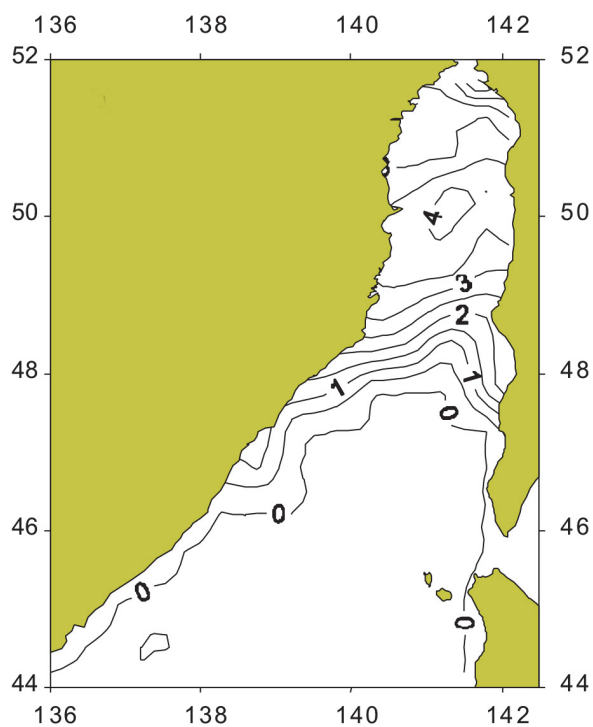
Для количественного анализа пространственно-временной изменчивости сплоченности, возраста и форм льда внутри каждого из отмеченных периодов были выделены реперные декады, отражающие наиболее типичные свойства ледяного покрова в данном периоде. Учитывая особенности сезонного хода ледовых процессов на Японском море [3, 11, 18], в качестве реперных декад были соответственно приняты:

- осенний период – третья декада декабря;
- зимний период – вторая декада февраля;
- весенний период – первая декада апреля.

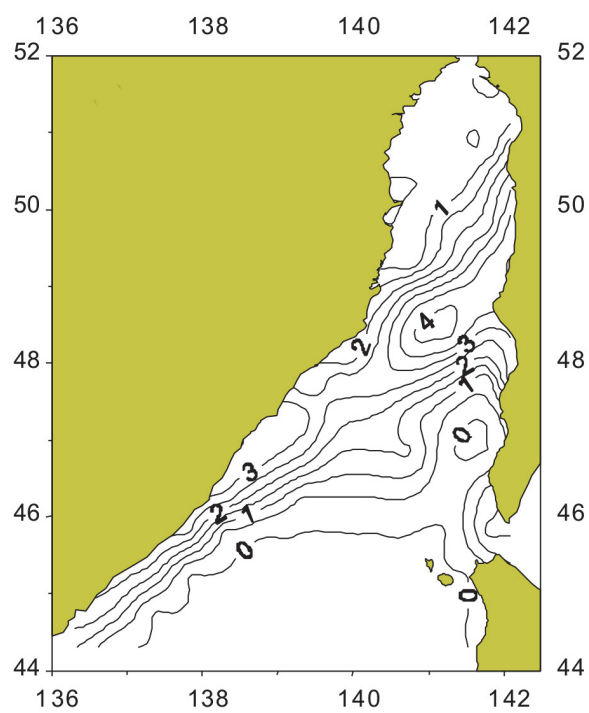
Для ориентировочной численной оценки характера пространственно-временной изменчивости полей сплоченности, возраста и форм льда по акватории моря были рассчитаны и построены карты средних квадратических отклонений полей сплоченности, возраста и форм льда для каждого из отмеченных периодов, рис. 2–4.

Из анализа приведенных распределений (рис. 2–4) видно, что минимальная изменчивость приурочена к областям, где формирование ледяного покрова уже заканчивается и сплоченность достигает 9–10 баллов (в северных районах и закрытых заливах) или еще только начинается и льда очень мало (меньше 3 баллов) – юго-восточные районы моря. Эти зоны ($\sigma \leq 1$) особенно интересны, так как в любой ситуации можно полагать существование в этих зонах определенных ледовых условий (ледовые параметры находятся в состоянии, близком к стационарному). Соответственно, для этих зон решена и проблема прогностического обеспечения, так как климатологический прогноз ледовых параметров в этих зонах, учитывая, что допустимая ошибка равна одному баллу, будет иметь оправдываемость, близкую к 100 %.

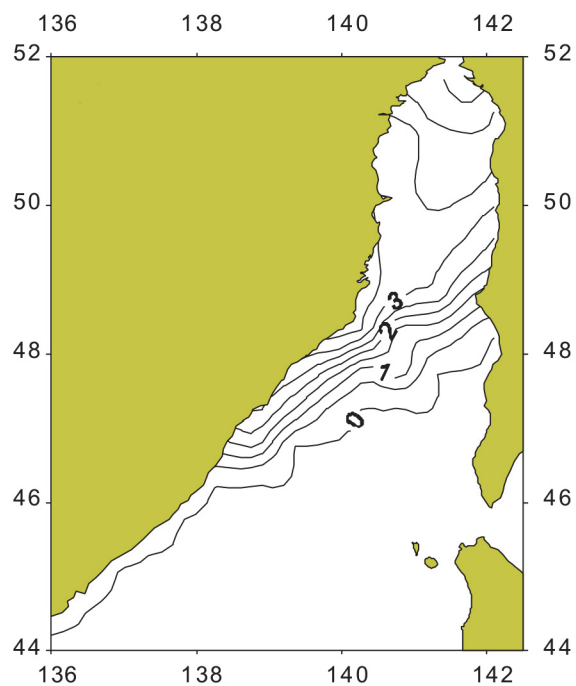
Зона максимальной изменчивости сплоченности, возраста и форм льда в первой половине ледового сезона направленно смещается с севера на юг, а во второй – поднимается обратно к северу. В апреле вследствие активного разрушения льда особенно в прибрежных районах эта зона вытягивается по направлению с северо-востока на юго-запад. В зимний период, следуя за постоянно смещающейся кромкой льда, максимум изменчивости сплоченности льда зимой смещается с 50° с.ш. на 48° с.ш.



а

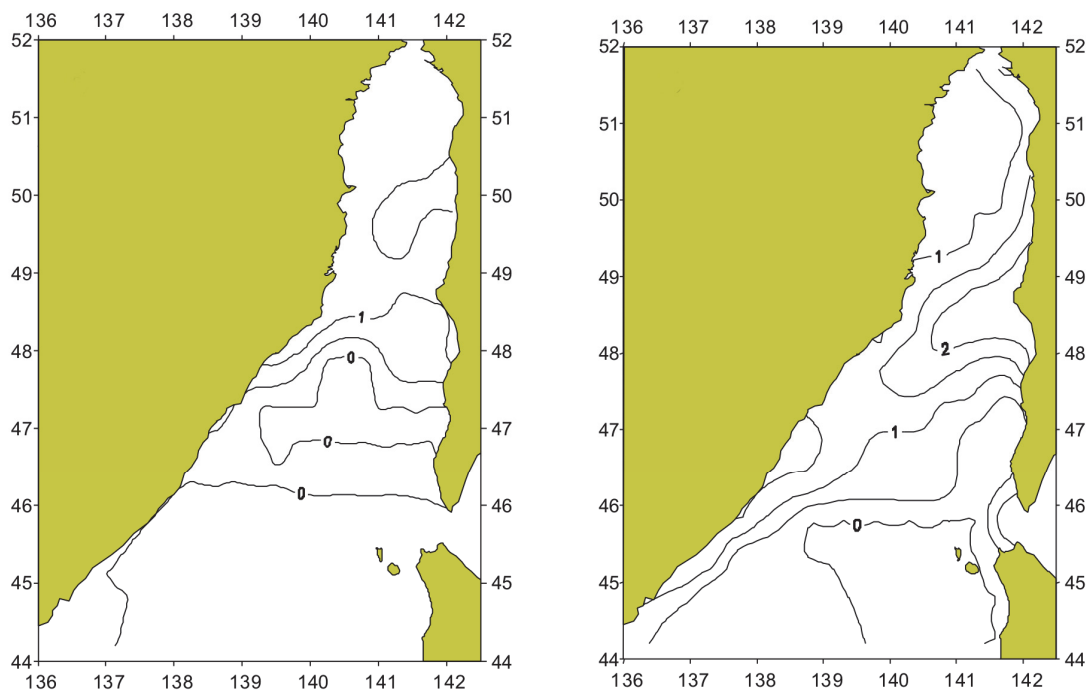


б



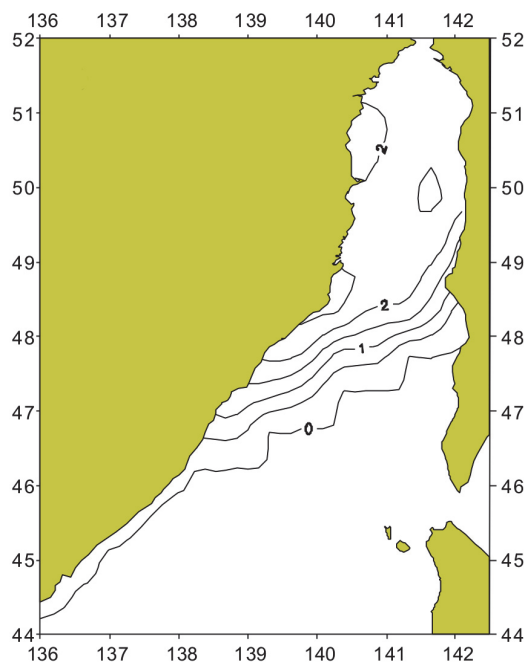
в

Рис. 2. Распределение среднего квадратического отклонения сплоченности льда в Японском море для осеннего (а), зимнего (б) и весеннего (в) периодов
 Fig. 2. Distributions of mean-square deviation of ice concentration in the Japan/East Sea for the autumn (a), winter (б) and spring periods (в)



а

б



в

Рис. 3. Распределение среднего квадратического отклонения преобладающих возрастных категорий льда в Японском море для осеннего (а), зимнего (б) и весеннего (в) периодов

Fig. 3. Distributions of mean-square deviation of the prevailing age ice categories (thickness) in the Japan/East Sea for the autumn (а), winter (б) and spring periods (в)

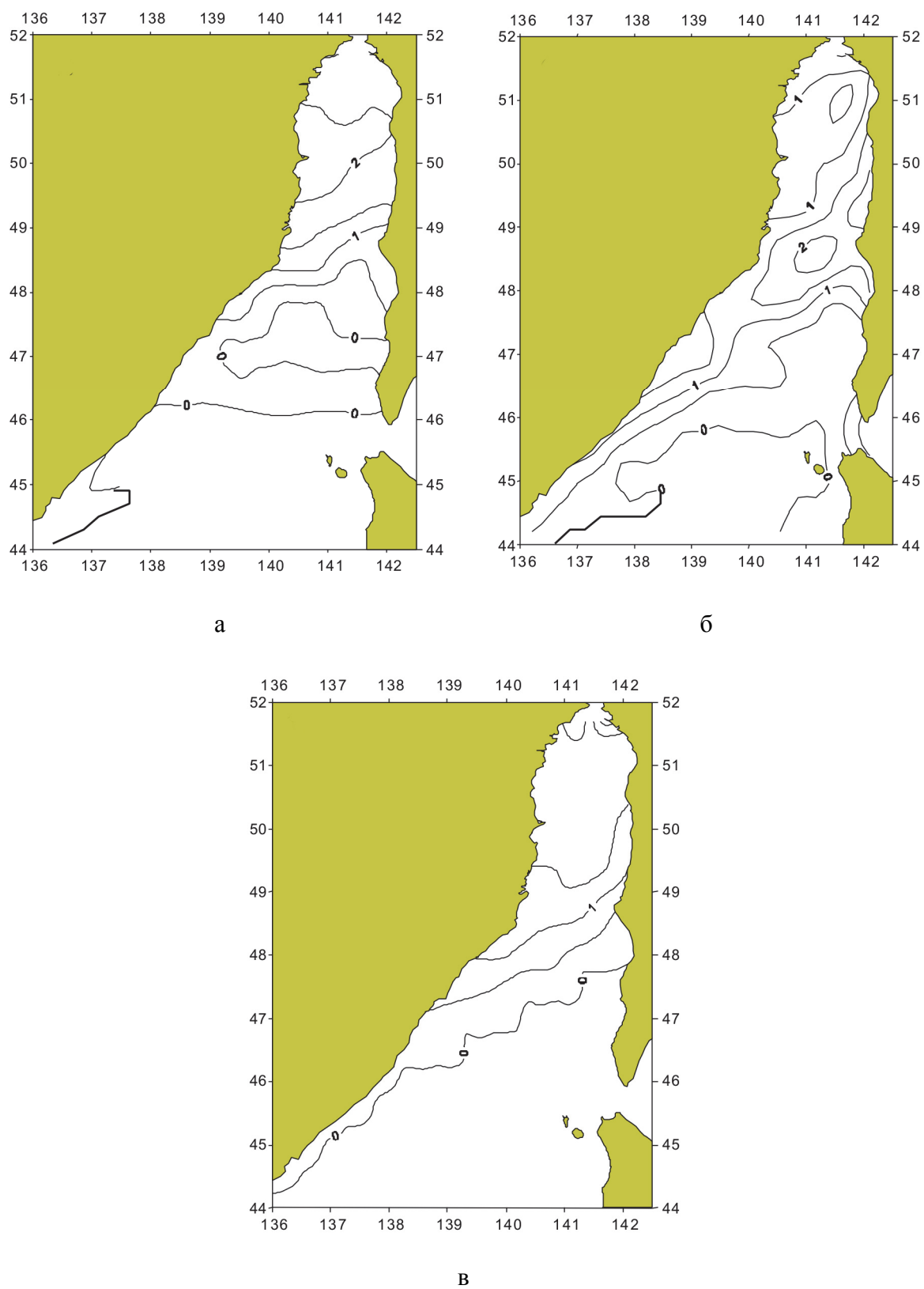


Рис. 4. Распределение среднего квадратического отклонения преобладающих форм льда в Японском море для осеннего (а), зимнего (б) и весеннего (в) периодов
Fig. 4. Distributions of mean-square deviation of the prevailing ice forms in the Japan/East Sea for the autumn (a), winter (б) and spring periods (в)

Если осенью зона наибольшей изменчивости сплоченности локализуется на севере моря, то зимой она вытягивается с юго-запада на северо-восток рассматриваемой акватории. А весной, когда начинают превалировать процессы таяния и разрушения льда, эта зона, не меняя своей ориентации, смещается обратно к северу, рис. 2–4.

Распределение стандартного отклонения дает общую изменчивость по всему морю. Более детальную картину – спектральное (по пространственным масштабам) распределение изменчивости сплоченности, возраста и форм льда по акваториям дальневосточных морей может дать анализ основных эмпирических составляющих этих полей. Однако данный анализ выходит за рамки поставленных задач и в работе не проводится.

Заключение

К основным результатам можно отнести следующее.

1. Для Японского моря сформирован архив ледовой и сопутствующей гидрометеорологической информации. Архив включает сведения об основных характеристиках ледяного покрова (поля сплоченности, возраста и форм льда), а также комплексе метеорологических и гидрологических параметров, их определяющих. Объем и характер собранного материала позволили получить достаточно репрезентативные оценки основных характеристик ледяного покрова и их изменчивости.

2. Распределение полей сплоченности, возраста и форм льда в Японском море весьма схожи между собой. Подобное сходство обусловлено связью исследуемых характеристик, распределения которых складываются под воздействием одних и тех же факторов. При этом максимальная изменчивость полей ледовых элементов связана с областями 4–8-балльной сплоченности, где вклад динамического фактора (дрейф льда, взаимодействие между льдинами и т.д.) в перераспределение сплоченности максимален.

3. Основные сезонные различия в распределениях характеристик изменчивости в полях сплоченности, возраста и форм льда выражаются в некотором смещении центров соответствующих изолиний. Эти различия определены тем, что поля форм льда преимущественно формируются под воздействием динамических причин, эволюция полей возраста льда определяется главным образом термическими факторами (формирование полей сплоченности складывается под воздействием как динамических, так и термических факторов) и в зонах, где максимально меняется сплоченность, основные изменения форм льда уже произошли, а изменчивость возраста льда еще не достигла своего максимума. Причем свои особенности накладывают и морфометрические характеристики бассейнов.

Проведенные в рамках поставленных задач исследования и полученные результаты открывают определенные перспективы в решении задач моделирования состояния ледяного покрова на Японском море.

Список литературы

1. Атлас опасных и особо опасных для мореплавания и рыболовства гидрометеорологических явлений: Охотское, Японское и Берингово моря. – Л.: ГУНИО МО, 1980. – 251 с.
2. Гидрометеорологическая карта Японского моря. – Л.: ГУНИО МО СССР, 1989.
3. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. VIII, Японское море, Вып. 1, Гидрометеорологические условия. IX. Ледовые условия и методы их прогнозирования. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2003. – С. 187–215.
4. Лоция Японского моря. – М.: Изд-во ГГУ МО СССР, 1960. – Ч. 1, 2.
5. Международная символика для морских ледовых карт и номенклатура морских льдов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 56 с.

6. Плотников, В.В. Оценка точности спутниковой информации о состоянии льда, реализуемая в схеме физико-статистического прогноза / В.В. Плотников // Тез. докл. на III съезде сов. океанол. – Л., 1987. – С. 186.
7. Плотников, В.В. Опыт использования вероятностной байесовской модели для прогноза некоторых ледовых характеристик на Охотском и Японском морях / В.В. Плотников // Метеорология и гидрология. – 1996. – № 4. – С. 81–86.
8. Плотников, В.В. Пространственно-временная сопряженность ледовитости дальневосточных морей / В.В. Плотников // Метеорология и гидрология. – 1997. – № 3. – С. 67–79.
9. Плотников, В.В. Использование гидрометеорологической (ледовой) информации для обеспечения безопасности мореплавания в холодный период на дальневосточных морях / В.В. Плотников. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1998. – 52 с.
10. Плотников, В.В. Особенности зимнего плавания на трассах Японского моря (тезисы и доклад) / В.В. Плотников, П.А. Трусков, С.А. Покрашенко // Тр. VI Междунар. конф. по судам и морским конструкциям в холодных регионах «ICETECH-2000». – СПб.: Изд-во ЦНИИ им. А.Н. Крылова, 2000. – С. 78–86.
11. Плотников, В.В. Изменчивость ледовых условий дальневосточных морей и их прогноз / В.В. Плотников. – Владивосток: Дальнаука, 2002. – 172 с.
12. Плотников, В.В. Оценка состояния ледяного покрова Японского моря / В.В. Плотников, А.Н. Четырбоцкий, Т.В. Гордейчук // Метеорология и гидрология. – 2010. – № 2. – С. 65–75.
13. Плотников, В.В. Синтез разноплановой информации при формировании исторических архивов о ледовых условиях на ДВ морях / В.В. Плотников // Современные информационные технологии для научных исследований: материалы Всерос. конф., Магадан, 20–24 апреля 2010 г. – Магадан, 2010. – С. 66–68.
14. Плотников В.В., Шкорба С.П., Ростов И.Д., Дмитриева Е.В. Свидетельство о государственной регистрации базы данных «Состояние ледяного покрова Японского моря». № 2011620558, зарегистрировано 03.08. 2011 г.
15. Столярова, Г.А. К вопросу о расчете сплоченности льдов в Татарском проливе / Г.А. Столярова // Тр. ДВНИГМИ. – 1975. – Вып. 50. – С. 33–37.
16. Столярова, Г.А. О влиянии адвекции водных масс на ледовитость Татарского пролива / Г.А. Столярова // Тр. ДВНИГМИ. – 1974. – Вып. 55. – С. 45–50.
17. Столярова, Г.А. Прогноз ледовитости Татарского пролива / Г.А. Столярова // Тр. ДВНИГМИ. – 1976. – Вып. 62. – С. 154–166.
18. Четырбоцкий, А.Н. Ледяной покров Японского моря. Анализ данных и моделирование / А.Н. Четырбоцкий, В.В. Плотников. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – 208 с.
19. Якунин, Л.П. К вопросу о колебаниях ледовитости дальневосточных морей в зависимости от цикличности солнечной активности / Л.П. Якунин. – Владивосток: Записки ПФГО СССР, 1966. – Т. 25. – С. 88–93.
20. Якунин, Л.П. Ледовые исследования на дальневосточных морях / Л.П. Якунин // Тр. ДВНИГМИ. – 1979. – Вып. 77. – С. 102–107.
21. Якунин, Л.П. Атлас ледовитости дальневосточных морей СССР / Л.П. Якунин. – Владивосток: ПУГКС, 1987. – 80 с.
22. Якунин, Л.П. Атлас границ распространения и крупных форм льда дальневосточных морей России: препринт / Л.П. Якунин. – Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 1995. – 58 с.
23. Якунин Л.П. Атлас границ преобладающего однолетнего льда дальневосточных морей России: препринт / Л.П. Якунин. – Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 1997. – 32 с.

Сведения об авторах: Плотников Владимир Викторович, доктор географических наук, профессор, e-mail: vlad_plot@poi.dvo.ru;

Круглик Ирина Алексеевна, кандидат биологических наук, и.о. зав. кафедрой «Экология и природопользование», e-mail: irina-kruglik@mail.ru;

Руденко Ольга Николаевна, ассистент кафедры «Экология и природопользование», e-mail: airo2@mail.ru.