

СТАМУХИ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

Ю.А.ГОРБУНОВ, С.М.ЛОСЕВ, Л.Н.ДЫМЕНТ

ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт

Представлены результаты анализа многолетних материалов ледовой авиационной разведки и спутниковой ледовой информации, отражающие особенности распространения стамух в море Лаптевых. Выявлены пространственные и временные изменения их количества. Приведены данные о размерах и продолжительности существования этих ледяных образований.

Стамухи (рис. 1) представляют определенную опасность как для судов, так и для гидротехнических сооружений в мелководных районах арктических морей. Их изучению уделяется особенно большое внимание в районах нефтяных и газовых месторождений Печорского моря и юго-западной части Карского моря. Исследования проводятся здесь с помощью дистанционных методов, прямых измерений [4, 5] и путем анализа ретроспективных материалов ледовой авиационной разведки [2, 4, 6].

Стамухи, широко распространенные в мелководных районах моря Лаптевых, пока не исследовались. Лишь в работе [1] выполнены оценки геометрических параметров этих ледовых образований, полученные на основе материалов радиолокационных съемок с самолета в июле—августе 1976 г. в юго-восточной части моря.

Важным источником информации о стамухах моря Лаптевых являются материалы визуальной ледовой авиационной разведки. В прошлом веке в течение



Рис. 1. Стамуха в припае, высота паруса 10 м. Фото А.Г.Егорова и А.А.Ермолова

нескольких десятков лет при выполнении ледовой разведки фиксировалось местоположение обнаруженных стамух, а иногда и их геометрические параметры. Исходная информация об этих ледовых образованиях за 1962–1993 гг. занесена в электронный архив [3]. В состав информации входят даты наблюдений, координаты местоположения стамух, число стамух и глубина моря в местах их фиксирования. В отдельных немногочисленных случаях имеются оценки размеров стамух. Общее число стамух, обнаруженных за три десятка лет, составило здесь 2086. Ниже приводятся некоторые результаты анализа этой информации, позволяющие получить представление об особенностях пространственного распространения и некоторых характеристиках этих ледяных образований.

Условия формирования стамух определяются в основном глубиной моря и характеристиками льда. Вся южная часть моря мелководна. Однако рельеф дна крайне неравномерен. В юго-западной и особенно в юго-восточной частях моря многочисленны банки с глубинами менее 10 м. Мелководье с глубинами до 20 м распространяется почти до 76° с.ш. к северу от Семеновской банки и к северу от острова Песчаный. В то же время глубины до 20–25 м распространяются с севера до 74° с.ш. к Анабарскому заливу, дельте реки Лены и острову Столбовой. Восточное побережье полуострова Таймыр сравнительно приглубое. Изобата 20 м расположена здесь в 5–20 км от берега.

В юго-восточной части моря к концу лета лед в большинстве случаев вытает. С началом нового ледового сезона стамухи в этом регионе образуются в основном из местных льдов при их торошении и набивании до дна, что в первую очередь происходит на банках. Западная часть моря летом далеко не всегда полностью очищается ото льдов. Поэтому стамухи здесь формируются не только из льдов нового образования, но иногда и из остаточного льда или даже двухлетнего льда, принесенного с севера.

Изложенные условия формирования стамух обуславливают особенности их распространения в море. Эти ледяные образования весьма многочисленны на обширном мелководье южной части моря (рис. 2). Однако в ее пределах стамухи распределены весьма неравномерно. Наибольшее количество стамух отмечается на банках в юго-восточной и юго-западной частях моря, в прибрежных районах от мыса Терпий-Гумса до Анабарского залива, вокруг острова Большой Бегичев, у восточного побережья п-ова Таймыр от мыса Цветкова до острова Андрея (рис. 3). Малочисленность зафиксированных стамух в губе Буорхая и Оленекском заливе объясняется тем, что ледовые разведки в этих районах выполнялись довольно редко. В более северных районах моря стамухи встречаются у островов Старокадомского и Малый Таймыр, на безымянной банке с минимальной глубиной 7,4 м в 7–13 милях к востоку от п-ова Олений (о. Большевик), на банке Некрасовская (минимальная глубина 9,6 м) к востоку от пролива Красной Армии. В этих районах возможна также встреча с айсбергами, сидящими на грунте.

В большинстве случаев в море встречаются одиночные стамухи, иногда небольшие их совокупности численностью от 2 до 5 штук. Группы стамух в количестве 10 и более отмечены лишь в пяти случаях. Максимальное число стамух в совокупности достигало 20. Эта группа зафиксирована у восточного побережья полуострова Таймыр в районе острова Петра.

Сезонные изменения количества стамух обусловлены их образованием при формировании припая и разрушением в период его взлома и таяния льда. По-видимому, наибольшая численность стамух приходится на конец зимы. Однако ледовые авиаразведки в это время года были немногочисленны, и полученные от них сведения недостаточны для уверенного заключения. Самое большое количество стамух зафиксировано в августе, но обусловлено это не реальным изменени-

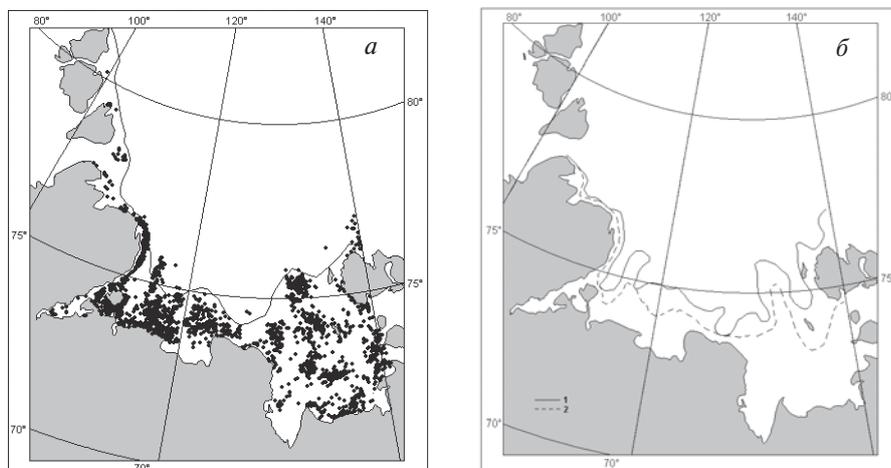


Рис. 2. Положение стамух (а) и границы их максимального (1) и среднего (2) распространения (б), 1962–1991 гг. Сплошная линия на (а) – граница наибольшего распространения припая

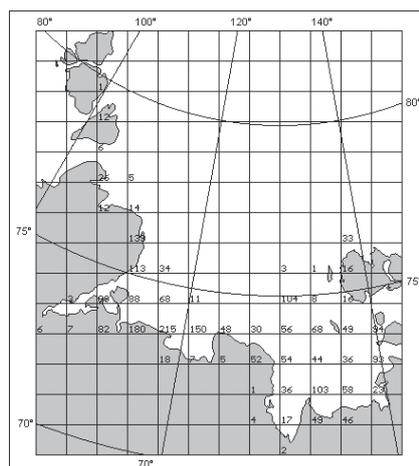


Рис. 3. Общее количество стамух, зафиксированных в квадратах сетки 100×100 км за 1962–1991 гг.

ем их численности, а связано с увеличением числа ледовых авиаразведок в этом месяце, когда мореплавание было наиболее интенсивным.

Межгодовые колебания числа стамух в 1960–1980-е гг. были велики. Наибольшее число стамух (232) наблюдалось в 1970 г., наименьшее (6) – в 1965 г. (рис. 4). Из рисунка следует, что периоды с повышенным количеством стамух продолжительностью 2–4 года чередовались с периодами их пониженной численности или численности, близкой к средним значениям. Продолжительность последних периодов составляла от 3 до 13 лет. Наиболее длительный период отмечен в 1970-х – начале 1980-х гг. Периоды с повышенным количеством стамух в основном совпадают с периодами неблагоприятных ледовых условий в летние месяцы. Связь числа стамух и ледовых условий в море Лаптевых подтверждается, в частности, и относительно высоким (0,63)

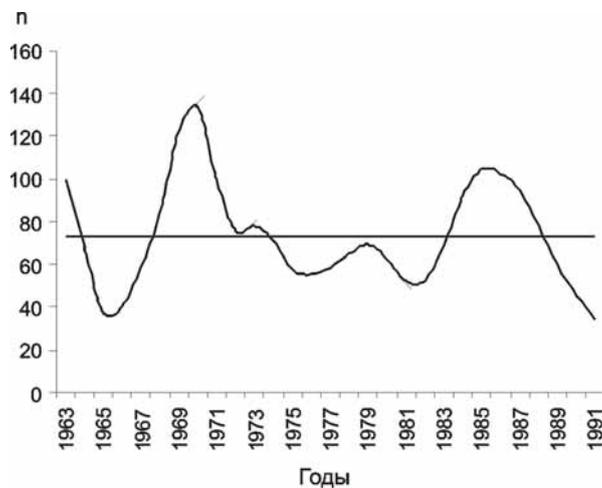


Рис. 4. Межгодовые изменения суммарного количества стамух, сглаженные по трехлетним периодам

коэффициентом корреляции между ледовитостью моря в сентябре и общим количеством стамух в году.

Горизонтальные размеры стамух во время ледовых авиаразведок не оценивались. На основе анализа спутниковой ледовой информации в море Лаптевых были установлены районы формирования крупных стамух, горизонтальные размеры которых могут превышать 10 км [3]. Такие ледяные образования обычно наблюдаются на отмелях и банках в открытых районах мелководной южной части моря. Во внутренней части заливов и губ, а также в прибрежной зоне, где происходит быстрое становление припая, столь крупные стамухи не успевают сформироваться до его образования.

Оценки высоты паруса стамух весьма немногочисленны (их всего три). Наибольшее ее значение (15 м) зафиксировано у восточного побережья полуострова Таймыр на подходах к бухте Марии Прончишевой.

Осадка стамух определялась по глубине моря в местах их фиксирования, которая снималась с навигационных карт масштаба 1:100000 – 1:700000. Максимальная величина осадки стамух, равная 37,2 м, отмечена в южной части желоба, который простирается вдоль восточного побережья полуострова Таймыр. Весьма вероятно, что данная стамуха образовалась из торосистых льдов, принесенных с севера.

Основная часть стамух (60 % от общего их числа) наблюдалась на участках с глубиной моря (h) от 8 до 16 м (рис. 5). Далее с увеличением h количество стамух быстро уменьшается и при $h \geq 24$ м не превышает 1 %. Распределение осадки асимметрично, и ее средняя величина несколько больше модального значения.

На основании статистических характеристик осадки, приведенных в таблице, установлено, что эмпирические повторяемости выравниваются кривой, которая по классификации Пирсона относится к кривым распределения IV типа. Уравнение кривой имеет вид:

$$p_i = p_0 \left[1 + \left(\frac{x_i}{l} \right)^2 \right]^{-q} e^{-v \cdot \arctg \frac{x_i}{l} \Delta h},$$

где $x_i = \frac{h_i - \bar{h}}{\Delta h} - \frac{v}{r} l$.

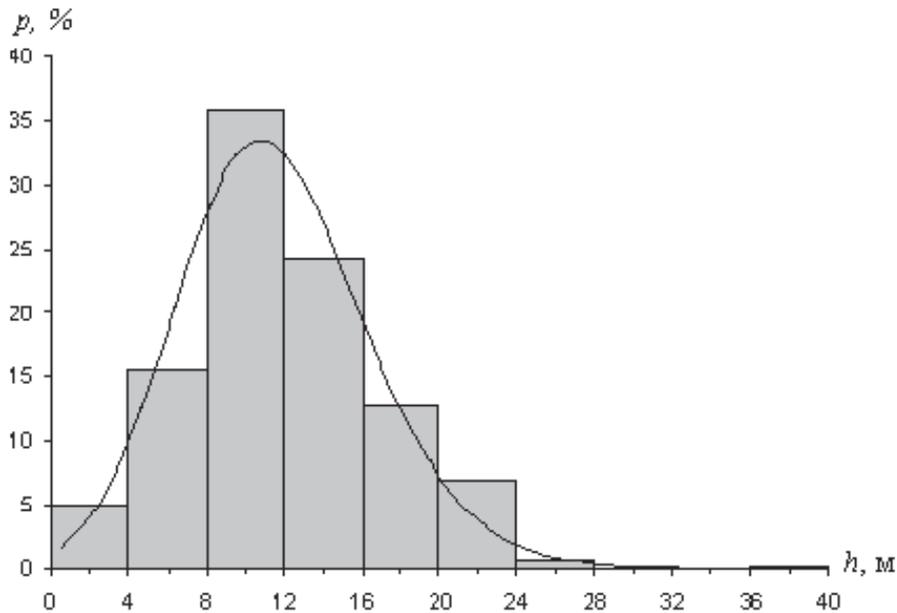


Рис. 5. Распределение осадки стамух

Здесь p_i – оценка вероятности встречи стамух (%), осадка которых попадает в интервал $h_i - h_{i+1}$, h_i – середина этого интервала, Δh – величина интервала, \bar{h} – средняя осадка стамух по данным всей выборки.

$$h'_i = \frac{h_i - \bar{h}}{\sigma_h}$$

Параметры уравнения, вычисленные по статистикам распределения, имеют следующие значения:

$$l = 6,707981; q = 24,487751; v = -34,520553; r = 46,975502; p_0 = 1,018272 \cdot 10^{-4}.$$

Произведение сомножителей p_0 и Δh в уравнении можно свести к одному коэффициенту $a = p_0 \cdot \Delta h$. В нашем случае ($\Delta h = 4$ м) получаем $a = 4,07309 \cdot 10^{-4}$.

Таблица

Статистические характеристики осадки стамух

Средняя осадка, м	Минимальная осадка, м	Максимальная осадка, м	Мода, м	Стандартное отклонение, м	Асимметрия	Экссесс
11,59	0,5	37,2	10,78	4,911	0,3571	0,3321

Отметим, что кривая IV типа уже использовалась для выравнивая распределения осадки стамух, которые формируются в Карском море в районе о-ва Свердруп [4]. В этой же работе приводится единая дифференциальная функция распределения безразмерной осадки стамух, применимая ко всем районам юго-западной части Карского моря, по которым имелись фактические данные. Безразмерная функция также представлена уравнением кривых IV типа. Средняя интервальная осадка выражена в

ней нормированной на σ_h , то есть задана в виде . Вопрос о возможности применения безразмерной функции для выравнивания распределения осадки стамух в

море Лаптевых представляет определенный интерес. Предпринятая проверка показала, что средняя квадратическая погрешность повторяемостей, рассчитанных по этой функции, не превышает погрешности при их расчете по приведенному здесь уравнению, хотя статистики осадки стамух, особенно размах распределения, в море Лаптевых заметно отличались от статистик в Карском море. Это позволяет предположить, что установленная ранее дифференциальная функция распределения безразмерной осадки может быть использована для оценки вероятности встречи стамух на различной глубине и в других арктических морях при наличии ограниченных выборок.

Взлом припая в море Лаптевых происходит в основном в июле. После взлома припая большая часть стамух в августе–сентябре разрушается в результате таяния. Однако в годы с неблагоприятными ледовыми условиями в летний период некоторая часть стамух не успевает растаять до начала ледообразования и остается на следующий год. Стамухи, продолжительность существования которых превышала один год, отмечались в западной части моря в узкой прибрежной зоне у восточного побережья полуострова Таймыр и на отмели к северу от острова Песчаный. За 30 лет наблюдений ледовой авиационной разведки в море Лаптевых зафиксированы 21 двухлетняя и одна трехлетняя стамуха. Большинство этих стамух наблюдалось в 1970-е гг. Трехлетняя стамуха отмечалась примерно с ноября 1969 г. по август 1972 г. на подходах к бухте Марии Прончищевой. Таким образом, продолжительность ее существования составила 34 месяца.

Следует отметить, что, хотя выполненное исследование и дает общее представление о распространении и некоторых характеристиках стамух в море Лаптевых, целесообразно дальнейшее изучение этих ледяных образований, в том числе и путем выполнения полевых ледоисследовательских работ, которые позволят произвести измерения размеров стамух, определить их строение и физико-механические характеристики льда. Потребность в таких сведениях всегда возникает при решении многих гидротехнических задач в шельфовой зоне моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбунов Ю.А. Стамухи в юго-восточной части моря Лаптевых // ПОЛЭКС–Север-76. Ч. 2. Л.: Гидрометеиздат, 1979. С. 107–110.
2. Горбунов Ю.А., Лосев С.М. Пространственная и временная изменчивость распространения стамух // Изменчивость природных условий в шельфовой зоне Баренцева и Карского морей. СПб.: ААНИИ, 2004. С. 351–358.
3. Горбунов Ю.А., Лосев С.М., Дымент Л.Н. Стамухи арктических морей сибирского шельфа // Электронный журнал «Новости ЕСИМО». Вып. 22, апрель–июнь 2005 г. <http://oceaninfo.ru/news/news22.htm#stat>
4. Ледяные образования морей Западной Арктики. СПб.: ААНИИ, 2006. 272 с.
5. Природные условия Байдарацкой губы // М.: ГЕОС, 1997. 432 с.
6. Gorbunov Ju.A., Losev S.M., Tyuryakov A.B., Dymont L.N. Stamukhas in the Pechora Sea // Proc. of ICETECH-2000. 12–14 September 2000. St. Petersburg, Russia. P. 508–511.

YU.A.GORBUNOV, S.M.LOSEV, L.N.DYMENT

STAMUKHAS OF THE LAPTEV SEA

The results of the analysis of materials of airborne ice reconnaissance and satellite ice information, reflecting peculiarities of the distribution of stamukhas in the Laptev Sea for a long-term period are presented. The spatial and temporal changes of their quantity were revealed. Data on the size and duration of existence of these ice features are given.