

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВОЗРАСТНОГО СОСТАВА ЛЬДОВ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

М.В. Шаратунова<sup>1</sup>, В.В. Иванов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия

## THE VARIABILITY AGE COMPOSITION OF ICE IN THE WINTER PERIOD OF THE EAST SIBERIAN SEA

M.V. Sharatunova<sup>1</sup>, V.V. Ivanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

*Возрастной состав ледяного покрова является важнейшим элементом ледового режима арктических морей в зимний период. В работе для оценки количества и возрастного состава льдов Восточно-Сибирского моря в осенне-зимний период были использованы ледовые карты ААНИИ за 1997-2017 гг. и их анализ с помощью ГИС-технологий.*

*Age composition of ice is the most important element of ice mode arctic seas in winter period. In report for evaluate for quantity and age composition of ice in East Siberian sea in autumn-winter period was used AARI ice charts from 1997 to 2017 years and GIS analysis.*

### **Формирование ледяного покрова.**

Восточно-Сибирское море самое ледовитое, из морей российской Арктики. С учетом физико-географических особенностей принята граница между западной и восточной частями моря проходит по 160° в.д. В принятых границах общая площадь моря составляет 770000 км<sup>2</sup>, западная часть – 363000 км<sup>2</sup>, восточная – 407000 км<sup>2</sup>. Важной особенностью моря является значительное развитие припая зимой, особенно в западной мелководной части [1].

В западной части моря (к западу от меридиана 160° в.д.) и в Новосибирских проливах образовавшийся лед преимущественно местного происхождения. В восточной части моря ледяной покров состоит как из вновь образовавшихся льдов, так и из льдов, не вытаявших летом, и многолетних льдов, поступивших из Арктического бассейна.

Метеорологические и ледово-географические условия летнего и осеннего периодов имеют значительные межгодовые изменения, поэтому сроки устойчивого ледообразования в конкретные годы могут существенно отличаться от среднемноголетних сроков и может составлять 5-6 декад. Процесс ледообразования начинаясь в конце августа, распространяется в прибрежную зону и в среднем за 35 суток море полностью замерзает [1]. Нарастание толщины льда происходит весьма интенсивно и продолжается в среднем до конца мая.

*Формирование припая* в Восточно-Сибирском море начинается в первой декаде октября - вдоль побережья островов и материкового побережья, увеличиваясь в местах мелководий и устьевых участков рек. К концу октября средняя толщина припая составляет 33 см. Со второй декады ноября замерзают проливы. С третьей декады декабря припай занимает всю площадь акватории между Новосибирскими островами и побережьем материка до меридиана 150° в.д. Своего максимального развития припай (толщина 210 см) достигает к апрелю, занимая таким образом 20-46 % акватории моря. Около 2/3 припая располагается в западной части моря. [2]. Положение границ припая при различных условиях его формирования представлено на рисунке 1.

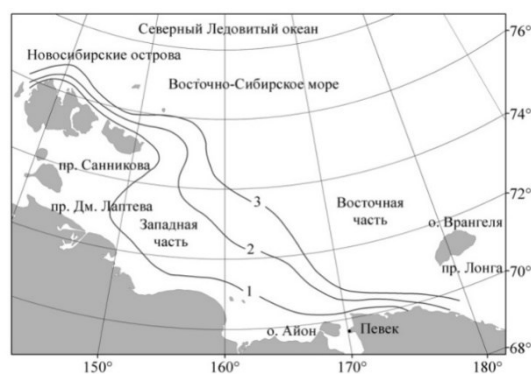


Рис. 1. Положение границ припая в Восточно-Сибирском море (1) минимальное, (2) среднее и (3) максимальное развитие припая

Количество льдов разного возраста приведено в таблицах 1-4 относительно площадей, занимаемых льдами в каждом осенне-зимнем месяце, эти площади изменяются с нарастанием ледяного покрова.

#### **Западная часть Восточно-Сибирского моря.**

##### *Возраст дрейфующего льда.*

С начала ледообразования в море, помимо молодых льдов присутствуют и остаточные льды, на долю которых приходится до 11-16%. До начала ноября в море преобладают молодые льды, максимальное количество которых приходится на первую декаду ноября. Образование однолетних льдов – тонких и средних – начинается с конца октября. С последней декады октября начинается образование однолетних тонких льдов толщиной 30-70 см, а со второй декады ноября и однолетних средних льдов, толщиной 70-120 см.

Максимальное количество однолетних тонких льдов приходится на третью декаду ноября - первую декаду декабря и составляет 50-52%. Их преобладание продолжается до конца декабря.

С начала декабря начинают образовываться средние льды, к началу января они составляют 42 % и преобладают до середины марта. В процессе нарастания толщины часть льдов переходит в возрастную градацию однолетних толстых толщиной более 120 см. Однолетние толстые льды начинают появляться с середины января 3%, и к концу марта они составляют 38%, а к концу мая составляют более 40% от западной части Восточно-Сибирского моря. В сумме однолетние льды занимают около 70%. Изменение количества дрейфующих льдов с октября по май представлено в таблице 1.

Таблица 1. Сезонные изменения возрастного состава (толщины) дрейфующих льдов в период нарастания ледяного покрова в западной части Восточно-Сибирского моря по данным за 1997-2017 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     | 24,8                    | 23,0             | 27,1                  | 4,5               | 0,1                 | 0,0               | 13,4                  |
| XI    | 1,7                     | 4,3              | 41,8                  | 38,3              | 1,6                 | 0,0               | 12,3                  |
| XII   | 1,2                     | 1,3              | 21,0                  | 43,4              | 20,5                | 0,0               | 12,6                  |
| I     | 1,0                     | 0,9              | 15,5                  | 22,2              | 44,5                | 4,1               | 11,6                  |
| II    | 1,0                     | 1,2              | 13,6                  | 13,0              | 47,4                | 14,9              | 8,9                   |
| III   | 1,2                     | 1,1              | 14,5                  | 8,5               | 32,2                | 32,4              | 10,0                  |
| IV    | 2,0                     | 0,3              | 13,0                  | 8,8               | 20,8                | 44,3              | 10,7                  |
| V     | 1,5                     | 0,1              | 10,7                  | 8,5               | 20,0                | 43,2              | 13,0                  |

##### *Возраст припайного льда.*

С началом становления припая во второй декаде октября преобладают серые и серо-белые льды. С конца октября в припаяе, молодые льды переходят в стадию однолетнего тонкого, Быстро

нарастая к середине ноября, однолетний тонкий лёд занимает уже 82%. В начале декабря отмечается появление однолетних средних льдов, во второй декаде они составляют уже 49%, а в третью декаду 72%. Переход среднего льда в толстый начинается с первой декады января, однако преобладание среднего льда продолжается до 3 декады. Начиная с первой декады февраля в припае преобладает толстый лёд (55%), далее до середины мая его количество увеличивается до 92, %. Также по подсчетам в составе припая находится порядка 1,5% старого льда, за счет вхождения в припай отдельных зон, содержащих остаточный лёд и его перехода в старый после 1 января. Изменение количества припайных льдов с октября по май представлено в таблице 2.

Таблица 2. Сезонные изменения возрастного состава (толщины) льдов в припае в период нарастания ледяного покрова в западной части Восточно-Сибирского моря по данным за 1997-2017 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     | 0,0                     | 13,8             | 22,8                  | 5,8               | 0,0                 | 0,0               | 0,5                   |
| XI    | 0,0                     | 1,6              | 23,4                  | 69,4              | 1,6                 | 0,0               | 0,0                   |
| XII   | 0,0                     | 0,0              | 5,3                   | 46,0              | 44,6                | 0,0               | 0,9                   |
| I     | 0,0                     | 0,0              | 0,5                   | 8,0               | 68,7                | 21,4              | 1,3                   |
| II    | 0,0                     | 0,0              | 0,1                   | 3,8               | 26,7                | 66,0              | 1,6                   |
| III   | 0,0                     | 0,0              | 0,1                   | 6,1               | 5,5                 | 85,1              | 1,4                   |
| IV    | 0,0                     | 0,0              | 0,0                   | 5,5               | 1,2                 | 91,8              | 1,5                   |
| V     | 0,0                     | 0,0              | 0,0                   | 5,6               | 0,2                 | 90,9              | 1,5                   |

### Восточная часть Восточно-Сибирского моря.

#### *Возраст дрейфующего льда.*

К началу ледообразования в восточной части моря количество остаточного льда в среднем может составлять до 32%. Во второй декаде октября количество серо-белого льда составляет около 30%, в третьей 38,6%, а к середине ноября 42,8%. По мере увеличения количества серо-белого льда, количество серого сокращается от 20 % в первой декаде ноября и до конца сезона его количество уже не превышает 0,7%. Однолетние тонкие льды начинают появляться со второй декады октября, их количество постоянно увеличивается и к середине декабря достигает максимума в 42,7%. Однолетние средние льды с момента образования в октябре, в конце декабря составляют 24%, а с первой декады января их количество преобладает и к концу января составляет уже более 50%. К первой декаде февраля на акватории моря образуется толстый однолетний лёд, количество которого начинает преобладать со 2 декады февраля, а в середине мая достигает максимума 53,2%.

#### *Возраст припайного льда.*

С начала становления припая, в середине октября в нем преобладает серо-белый лёд, количество которого к концу месяца составляет около 51%. Затем начинает появляться однолетний тонкий лёд и в конце ноября его уже 81,6%. Однолетний средний лёд появляется в припае в первой декаде декабря, его количество постоянно увеличивается до середины января (более 72%). С первой декады января в припае появляются и однолетние толстые льды, однако переход средних льдов в толстые происходит медленнее, нежели однолетних тонких в средние. В первой декаде февраля толстые льды уже преобладают 48,7%, далее их количество постоянно увеличивается до максимального значения в середине мая 87%. Начиная с середины января, в припае встречаются также и старые льды, их количество незначительно колеблется в пределах 5-7%.

Таблица 3. Сезонные изменения возрастного состава (толщины) дрейфующих льдов в период нарастания ледяного покрова в восточной части Восточно-Сибирского моря по данным за 1997-2017 гг, %

| Месяц | Начальные виды (<10 см) | Молодые льды     |                      | Однолетние льды   |                     |                   | Старые льды (>200 см) |
|-------|-------------------------|------------------|----------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|
|       |                         | Серый (10-15 см) | Серебелый (15-30 см) | Тонкий (30-70 см) | Средний (70-120 см) | Толстый (>120 см) |                       |
| X     | 20,5                    | 14,7             | 28,6                 | 2,6               | 1,4                 | 0,0               | 26,1                  |
| XI    | 2,6                     | 9,5              | 38,9                 | 26,9              | 2,1                 | 0,0               | 19,6                  |
| XII   | 0,6                     | 1,1              | 21,8                 | 41,0              | 16,4                | 0,0               | 19,0                  |
| I     | 0,2                     | 0,4              | 12,2                 | 21,7              | 45,2                | 2,4               | 17,7                  |
| II    | 0,4                     | 0,2              | 10,1                 | 7,6               | 49,1                | 15,3              | 17,3                  |
| III   | 0,3                     | 0,3              | 10,0                 | 4,5               | 29,0                | 39,9              | 15,9                  |
| IV    | 0,5                     | 0,1              | 9,9                  | 6,0               | 16,5                | 52,0              | 15,0                  |
| V     | 0,5                     | 0,1              | 9,6                  | 5,6               | 17,0                | 50,9              | 14,2                  |

Таблица 4. Сезонные изменения возрастного состава (толщины) льдов в припае в период нарастания ледяного покрова в восточной части Восточно-Сибирского моря по данным за 1997-2017 гг, %

| Месяц | Начальные виды (<10 см) | Молодые льды     |                      | Однолетние льды   |                     |                   | Старые льды (>200 см) |
|-------|-------------------------|------------------|----------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|
|       |                         | Серый (10-15 см) | Серебелый (15-30 см) | Тонкий (30-70 см) | Средний (70-120 см) | Толстый (>120 см) |                       |
| X     | 0,0                     | 3,5              | 23,3                 | 2,6               | 0,8                 | 0,0               | 0,0                   |
| XI    | 0,0                     | 1,1              | 25,7                 | 63,6              | 1,6                 | 0,0               | 0,0                   |
| XII   | 0,0                     | 0,4              | 7,6                  | 45,3              | 43,5                | 0,0               | 0,1                   |
| I     | 0,0                     | 0,0              | 1,5                  | 9,2               | 66,6                | 17,0              | 4,0                   |
| II    | 0,0                     | 0,0              | 0,0                  | 4,7               | 32,6                | 55,4              | 5,4                   |
| III   | 0,0                     | 0,0              | 0,0                  | 6,2               | 9,8                 | 77,6              | 4,6                   |
| IV    | 0,0                     | 0,0              | 0,0                  | 5,4               | 4,0                 | 84,4              | 6,1                   |
| V     | 0,0                     | 0,0              | 0,0                  | 5,6               | 0,7                 | 85,0              | 6,9                   |

### Выводы.

Изменение возрастного состава льдов в зимний период носит последовательный, волнообразный характер, при котором преобладание какого-либо возрастного состава льда достигая своего максимума начинает снижаться. За этим следует нарастание и достижения преобладающего количества льдов следующего возрастного состава.

Анализ возрастного состава льдов показал преобладание однолетнего толстого льда в дрейфующих и припайных льдах Восточно-Сибирского моря.

К концу зимнего периода количество дрейфующего однолетнего толстого льда в западной и восточной частях Восточно-Сибирского моря составило 40-50%. В западной части однолетние толстые льды формируются в среднем на месяц раньше, чем в восточной.

Таким образом, выполненное исследование для Восточно-Сибирского моря подтверждает, выявленную ранее закономерность для других арктических морей, что в припайных льдах переход льдов в старшую возрастную градацию происходит раньше на 2- 6 декады [3]. В припае к концу зимнего периода однолетний толстый лед составляет 87-93% площади льдов.

### **Литература**

1. Наблюдения за ледовой обстановкой: Учебное пособие. СПб. ГУ «АНИИ», 2009. -360 с.
2. 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.
3. Хотченков Формирование возрастного состава ледяного покрова в море Лаптевых. СПб, Проблемы Арктики и Антарктики. 2017.№4 (114), С. 5-15.