

159

На правах рукописи

Зигельман Николай Исаакович

ЛЕДОВЫЕ УСЛОВИЯ ПРОМЫСЛА КРИЛЯ В МОРЕ СОДРУЖЕСТВА  
(ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИКА)

Специальность II.00.08. ОКЕАНОЛОГИЯ

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Владивосток 1995 г.

Работа выполнена в Дальневосточном государственном университете.

Научный руководитель: доктор географических наук, профессор  
ЯКУНИН ЛЕВ ПЕТРОВИЧ

Официальные оппоненты:

доктор географических наук, профессор  
СВИНУХОВ Г.В.  
кандидат географических наук, с.н.с.  
ПЛОТНИКОВ В.В.

Ведущая организация:

Дальневосточный научно-исследовательский  
гидрометеорологический институт,  
г. Владивосток

Защита диссертации состоится 13 июня 1995 г. в 12 часов на  
заседании диссертационного совета Д 002 06 09 при Президиуме  
ДВО РАН по адресу: 690041 г. Владивосток ул. Балтийская 43. ТОИ  
ДВО РАН.

С диссертацией можно ознакомиться в центральной библиотеке  
ДВО РАН по адресу: 690022 Владивосток проспект Столетия  
Владивостока 159 ДВГИ.

Автореферат разослан 12 мая 1995 г.

Ученый секретарь диссертационного

В.В.Н.

#### Общая характеристика работы

##### Актуальность темы

Ледовая обстановка определяет сроки промысла криля и сильно влияет на его ход. Отсутствие информации о ледовых условиях приводит к авариям, сбоям в работе крилевых промысловых экспедиций. Анализ обширного списка работ показывает, что требования рыбной промышленности к ледовой информации остаются неудовлетворенными. Материалы ледовых наблюдений с судов МРХ в районах лова остаются неизвестными потребителю. Совместный анализ этих данных с материалами ИСЗ и опубликованными наблюдениями ААНИИ позволит в известной мере удовлетворить потребности промысла в информации о ледовом режиме.

##### Цель работы

Работа имеет целью получение режимных и вероятностных характеристик ледяного покрова моря Содружества как-то:

- экстремальные и среднее положения кромки дрейфующих льдов подекадно со II декады мая по III декаду ноября.
- экстремальные и среднее положения внешних и внутренних границ зон дрейфующих льдов навигационных градаций сплоченности (I-3, 4-6, 7-8, 9-10 б) подекадно.
- распределение вероятностей встречи со льдом навигационных градаций сплоченности.
- карт наиболее вероятного распределения льдов, а также распределения льдов навигационных градаций сплоченности при максимальном, минимальном и среднем



развитии ледяного покрова, а также их анализ для обеспечения судоходства и промысла криля.

#### Научная новизна

- Систематизация ранее не использовавшихся данных судовых ледовых наблюдений из неопубликованных источников и использование этих данных совместно с другими, уже использовавшимися материалами, в результате чего получены новые карты режимных и вероятностных характеристик ледяного покрова исследуемого района.
- Освещение полученными характеристиками наименее изученного периода года.
- Разработка пакета программ которые, позволяют автоматизировать процесс получения указанных карт и их обновления по мере поступления новых данных.

#### Практическая ценность

- Использование полученных карт рыбной промышленностью позволит расширить районы и сроки промысла криля, снизить аварийность добывающих судов, оптимизировать обеспечение промысла.
- Применение предложенной методики привязки снимков ИСЗ непосредственно на промысле позволит существенно оптимизировать работу промыслового флота.
- В учебном процессе студентов ДВГУ используется рукопись методического пособия "Картирование морских льдов по телевизионным снимкам метеорологических спутников Земли", фактически являющейся частью настоящей работы.

- Полученные карты используются в АО ТУРНИФ и АО ДВМП при планировании и осуществлении соответственно поисковых работ и транспортных операций в Южном океане, а также во Владивостокском торговом порту при инструктировании судоводительского состава судов, работающих в Антарктике.

#### Апробация работы и публикации

Результаты, представленные в диссертации докладывались и обсуждались: на I конференции молодых ученых ДВГУ (Владивосток 1984 г.), научном семинаре ДВНИГМИ (Владивосток 1984 г.), I Всесоюзной школе-семинаре молодых ученых "Актуальные проблемы океанологии" (Ленинград 1987 г.), III съезде советских океанологов (Ленинград 1987 г.).

По материалам исследований автором и в соавторстве опубликовано 7 научных работ.

#### Объем диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, включая заключение, списка литературы и приложения. Содержание I тома изложено на 225 страницах, включая список литературы из 161 наименования, 47 рисунков, 8 таблиц и 4 акта внедрения. II том является приложением, состоящим из различных ледовых карт моря Содружества на 161 листе.

#### Содержание работы

Во введении обоснована актуальность исследований ледовых условий Антарктики, показана важность учета ледовых условий при осуществлении промысла в этом районе. Раскрыты потребности рыбной промышленности в ледовой информации. Характеризуется

современный комплекс ледовых наблюдений в Антарктике на фоне обзора предыдущих исследований.

Формулируются цели работы, перечисляются научные задачи, которые необходимо было решить для их достижения, а также оценивается научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе проводится анализ развития представлений о ледовых условиях южной полярной области от первых плаваний в Антарктике до 1956 г. - начала работ по программе Международного Геофизического Года. Особое внимание уделяется современному периоду исследований ледовых условий Антарктики. Делается вывод о недостаточной для нужд промысла криля изученности ледовых условий промысловых районов.

Вторая глава посвящена данным наблюдений, которые послужили исходным материалом для выполнения работы, а также методике их обработки. При определении географических границ района исследований констатируется факт того, что благодаря активной динамике участков побережья моря Содружества, представленных шельфовыми ледниками, современные морские навигационные карты устарели. В главе перечисляются различные источники, содержащие данные ледовых наблюдений, использовавшиеся в работе. Приводится методика получения искомым характеристик, предложенная научным руководителем работы д.г.н. проф. Львом Петровичем Якуниным.

В процессе формирования банка данных ледовых наблюдений автору пришлось дешифровать значительное число (несколько тысяч) телефотоснимков ИСЗ. Практически каждый из полученных

снимков показал отличия между положениями приметных ориентиров на снимке и на географической карте. Это заставило усомниться в допустимости погрешности привязки любого из двух принятых методов привязки снимка - по орбитальным данным и по наземным ориентирам. Как выход из сложившегося положения был предложен метод "двойной" привязки, который, как представляется автору, сводит до минимума негативные эффекты и максимально использует положительные качества обеих принятых методик.

Обработка ледовой информации по предложенной методике предусматривает построение значительного числа различных карт (около 1300 карт).

Трудоемкость этой задачи заставила разработать пакет программ для получения искомым характеристик в графическом виде. (В логической и вычислительной частях программирование осуществлялось под руководством ст.преподавателя кафедры вычислительной математики ДВГУ к.ф.-м.н. Л. А. Молчановой). Задача была реализована на языке FORTRAN IV ОС ЕС с обращением к графической библиотеке Дистграф версий 1981 и 1985 гг. Отладка выполнялась на вычислительных центрах ДВГУ ( ЭВМ ЕС 1022, рулонный графопостроитель ЕС 7052 ); ИАПВ ДВНЦ (ЭВМ ЕС 1060, плоттер ЕС 7054 и ЕС 1066, операционная среда СВМ, плоттер ЕС 7095); института Дальморниипроект (ЭВМ ЕС 1035, плоттер ЕС 7054); а также на IBM - совместимых персональных компьютерах. В последнем случае карты выводились на матричные принтеры, а программы пакета были адаптированы к версии Фортрана Microsoft FORTRAN 4.0 с обращением к графической библиотеке Графор.

Построение алгоритма решения поставленной задачи сводилось к следующим основным моментам:

- Определение границ экстремального распространения льдов.

Имеем ряд кривых границ зон льдов той или иной сплоченности в различные годы, заданных таблично.

$$Y_1 = \varphi_1(x)$$

$$Y_2 = \varphi_2(x)$$

.....

$$Y_n = \varphi_n(x)$$

где  $n$  - количество лет с наблюдениями над ледовыми условиями в данную декаду.

В общем случае значения аргументов таблично заданных функций  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  для каждой из этих функций свои. Чтобы определить границы экстремального и среднего распространения льдов необходимо иметь массивы, состоящие из значений функций при одних и тех же значениях аргумента для всех кривых. Для этого применена интерполяция Эрмитовым кубическим сплайном по массиву опорных точек.

$$PEZ = Y(num) + \frac{[XT - X(num)][Y(num+1) - Y(num)]}{[X(num+1) - X(num)]} + \frac{[XT - X(num)]^2 [Y(num+1) - Y(num)]}{[X(num+1) - X(num)]^2} - \frac{[XT - X(num)]^2 [Y(num+2) - Y(num+1)]}{[X(num+2) - X(num+1)][X(num+1) - X(num)]} + \frac{[XT - X(num)]^3 [Y(num+2) - Y(num+1)]}{[X(num+2) - X(num+1)][X(num+1) - X(num)]^2} - \frac{[XT - X(num)]^3 [Y(num+1) - Y(num)]}{[X(num+1) - X(num)]^3} \quad (1)$$

где: PEZ - широта границы льдов на меридиане XT.

Y(num) - широта границы льдов в точке num.

X(num) - долгота точки num границы льдов.

XT - текущее значение меридиана, для которого вычисляется PEZ.

XT меняется от 53° до 83° в д с шагом DX.

После того, как сформированы массивы, состоящие из широт границ льдов на каждом меридиане  $XT + n \cdot DX$  во все годы наблюдений в данную декаду, они ранжируются (метод пузырька) для определения экстремальных и средних (медианы по выборке) значений. Алгебраически это выглядит следующим образом.

Необходимо найти:

а)  $x=a > 53^\circ$  и  $k$  такие, что при

$$53. \leq X \leq a \text{ и } 1 \leq k \leq n$$

$$y_k < (y_1, y_2, \dots, y_{k-1}, y_{k+1}, \dots, y_n)$$

$a, b, \dots, p$  - границы интервалов  $X$  при которых то или иное  $y_k$  является минимальным.

б)  $x=b > a$  и  $1 \leq l \leq n$  такие, что при  $a \leq x \leq b$

$$y_l < (y_1, y_2, \dots, y_k, \dots, y_{l-1}, y_{l+1}, \dots, y_n)$$

.....

р)  $x=p > \dots > b > a$  и  $1 \leq m \leq n$  такие, что при

$$p \leq x \leq 83.$$

$$y_m < (y_1, y_2, \dots, y_{m-1}, y_{m+1}, \dots, y_k, \dots, y_l, \dots, y_n)$$

Тогда искомая кривая максимального распространения льдов

$U_{\max}(x)$  будет:

$$U_{\max}(x) = \begin{cases} y_k & \text{при } 53. \leq x \leq a, \\ y_l & \text{при } a \leq x \leq b, \\ \dots & \dots \\ y_q & \text{при } s \leq x \leq p, \\ y_m & \text{при } p \leq x \leq 83. \end{cases}$$

причем при  $x=a$   $y_k = y_l$ ; ..... при  $x=p$   $y_m = y_q$

где  $x$  - долгота,  $53^\circ < a < b < \dots < p < 83^\circ$

$a, b, \dots, p$  - значения долгот, в которых происходит смена годов экстремального положения границы льдов.

Для каждой градации сплоченности они имеют свое значение.

$1 < k, l, \dots, m < n$ ;  $k, l, \dots, m, \dots, n$  - номера годов с наблюдениями.

Эта процедура повторяется для всех градаций сплоченности.

Кривая минимального распространения определяется аналогично с той разницей, что находится не минимальное значение  $y$ , а максимальное.

- Определение средней границы распространения льдов.

а) при нечетных  $n = 2q+1$ ;  $q = 1, 2, \dots, \frac{n-1}{2}$

найти  $x=c$   $53. \leq x \leq c$  и  $i$ , такое, что

$$\underbrace{(y_{\max}, y_k, \dots, y_m)}_q > y_i > \underbrace{(y_r, y_a, \dots, y_t, y_{\min})}_q$$

$$1 \leq \max(k, m, i, v, \dots, r, s, t, \min) \leq n$$

при четных  $n = 2q$ ;  $q = 1, 2, \dots, \frac{n}{2}$

найти  $x=c$   $53. \leq x \leq c$  и  $i, r$  и  $\bar{y}_{i,r} = \frac{y_i + y_r}{2}$  такие, что

$$\underbrace{(y_{\max}, y_k, \dots, y_m)}_{q-1} > y_i > y_r > \underbrace{(y_r, y_a, \dots, y_t, y_{\min})}_{q-1}$$

$$1 \leq \max(k, m, i, v, \dots, r, s, t, \min) \leq n$$

б) при нечетных  $n = 2q+1$ ;  $q = 1, 2, \dots, \frac{n-1}{2}$

найти  $x=d$   $c \leq x \leq d$  и  $j$ , такое, что

$$\underbrace{(y_{\max}, y_k, \dots, y_m)}_q > y_j > \underbrace{(y_r, y_a, \dots, y_t, y_{\min})}_q$$

$$1 \leq \max(k, m, j, v, \dots, r, s, t, \min) \leq n$$

при четных  $n = 2q$ ;  $q = 1, 2, \dots, \frac{n}{2}$

найти  $x=l$   $c \leq x \leq d$  и  $j, l$  и  $\bar{y}_{j,l} = \frac{y_j + y_l}{2}$  такие, что

$$\underbrace{(y_{\max}, y_k, \dots, y_m)}_{q-1} > y_j > y_l > \underbrace{(y_r, y_a, \dots, y_t, y_{\min})}_{q-1}$$

$$1 \leq \max, k, m, i, v, \dots, r, s, t, \min \leq n$$

t) при нечетных  $n = 2q+1$ ;  $q = 1, 2, \dots, \frac{n-1}{2}$

найти  $x=w$   $w \leq x \leq 83$  и  $v$ , такое, что

$$\underbrace{(Y_{\max}, Y_k, \dots, Y_m)}_q > Y_v > \underbrace{(Y_r, Y_a, \dots, Y_t, Y_{\min})}_q$$

$$1 \leq \max, k, m, i, v, \dots, r, s, t, \min \leq n$$

при четных  $n = 2q$ ;  $q = 1, 2, \dots, \frac{n}{2}$

найти  $x=w$   $w \leq x \leq 83$  и  $v, e$  и  $Y_{v,e} = \frac{Y_v + Y_e}{2}$  такие, что

$$\underbrace{(Y_{\max}, Y_k, \dots, Y_m)}_{q-1} > Y_v > Y_e > \underbrace{(Y_r, Y_a, \dots, Y_t, Y_{\min})}_{q-1}$$

Тогда искомая кривая среднего распределения льдов  $T$  будет:

$$T(x) = \begin{cases} \begin{cases} Y_i & \text{при } n=2q+1; q=1, 2, \dots, \frac{n-1}{2}; \\ Y_{i,r} & \text{при } n=2q; q=1, 2, \dots, \frac{n}{2}; \end{cases} & \text{при } 53. \leq x \leq c \\ \begin{cases} Y_j & \text{при } n=2q+1; q=1, 2, \dots, \frac{n-1}{2}; \\ Y_{j,1} & \text{при } n=2q; q=1, 2, \dots, \frac{n}{2}; \end{cases} & \text{при } c \leq x \leq d \\ \dots & \dots \\ \begin{cases} Y_v & \text{при } n=2q+1; q=1, 2, \dots, \frac{n-1}{2}; \\ Y_{v,e} & \text{при } n=2q; q=1, 2, \dots, \frac{n}{2}; \end{cases} & \text{при } w \leq x \leq 83. \end{cases}$$

Процедура повторяется для каждой градации сплоченности. Затем строятся карты экстремального и среднего распространения льдов путем переноса полученных кривых на отдельную карту для каждого из трех типов распространения льдов. При возникновении ситуаций, нарушающих принятые представления о распространении льдов (сплоченность растет с движением на юг), из-за разного

количества ранжируемых и осредняемых кривых каждой из градаций сплоченности, а не специфических особенностей моря Содружества, выполняется приравнение положения границ льдов большей сплоченности с границами льдов меньшей сплоченности.

$$\text{Если } Y_{4-6} < Y_{1-3}, \text{ то } Y_{4-6} = Y_{1-3}$$

(в индексах подразумеваются баллы сплоченности)

$$Y_{7-8} < Y_{4-6} < Y_{1-3}, \text{ то } Y_{7-8} = Y_{4-6} = Y_{1-3}$$

$$Y_{9-10} < Y_{7-8} < Y_{4-6} < Y_{1-3}, \text{ то } Y_{9-10} = Y_{7-8} = Y_{4-6} = Y_{1-3}$$

Это преобразование не распространяется на припай. Если в такой ситуации окажется припай, то уже граница дрейфующих льдов, а не припай приравниваются к границе припая.

$$\text{Если } Y_{\text{припай}} < Y_{9-10} < Y_{7-8} < Y_{4-6} < Y_{1-3}, \text{ то}$$

$$Y_{1-3} = Y_{4-6} = Y_{7-8} = Y_{9-10} = Y_{\text{припай}}$$

- Определение вероятности положения границы льдов.

Акватория моря разбивается на одноградусные квадраты.

В каждом квадрате надо найти

$$\omega = \frac{K}{N} * 100\% \text{ где: } K - \text{число попаданий кривых}$$

$Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  в каждый квадрат.

$N$  - число наблюдений.

Число лет с наблюдениями равно числу кривых в одноградусной меридиональной полосе. Отдельно выделяются ситуации, когда наблюдения проводились, но льдов не было.

- Определение вероятности наличия льдов (вероятность встречи с льдами).

В каждом квадрате нужно найти

$$\gamma = \frac{J}{N} * 100\% ;$$

где J - количество раз, когда в данном квадрате был лед (не граница льдов, а лед, т. е. граница льдов может проходить и севернее квадрата). Она равна сумме случаев, когда через квадрат проходила граница и случаев, когда граница проходила севернее.

$$\gamma = \frac{J}{N} * 100\% = \frac{\sum_{i=1}^l K_i}{N} * 100\%$$

где l - число квадратов не южнее данного квадрата, через которые проходили границы льдов в различные годы.

K - число кривых, проходящих через каждый из этих квадратов. При большом количестве наблюдений  $\gamma$  стремится к обеспеченности положения границы льдов в этом квадрате.

При отладке программы WERREJ, реализующей приведенный выше алгоритм, было установлено, что работа некоторых модулей системы ДИСТРАФ отличается от их описания в документации, поэтому решение задачи встретило серьезные затруднения. Ниже приводится список модулей, работа которых показала необходимость уточнения документации или неверность последней: BEGRPT, ORIGIN, TRMDEV, COLOUR, POINT, TEXT, BLANC, DRACON, DDAXLN, DDAXNL, DDGREX.

Кроме этого, заостряется внимание на определении начального положения пера, проблеме отрисовки нескольких чертежей в одном шаге задания и применения COMMON - блоков.

В третьей и четвертой главах обсуждаются полученные с помощью применения предложенных методик обработки ледовой информации и дешифрирования ТВ-снимков ИСЗ, программы WERREJ характеристики ледяного покрова на примере зимы и весны. Эти сезоны выбраны как наименее изученные.

Расстояние от внешней кромки льдов до континента изменялось от 100 миль у земли Эндерби во второй декаде июля до 950 миль в районе залива Прюдс в III декаде сентября. При наименьшем развитии ледяного покрова на некоторых участках моря Содружества, в частности к востоку от 76° в.д., льды отсутствуют уже в III декаде ноября.

Граница морских льдов занимает крайнее северное за два сезона положение в III декаде сентября, достигая в 1981 г 52°50' юш, а обычно в это время она лежит в пределах 57-60° юш. Пояс морских льдов при среднем развитии ледяного покрова в этот период имеет ширину от 440 до 660 миль.

Зимой самое южное за период наблюдений положение кромки льдов отмечено во II декаде июня на различных участках моря Содружества в 1980, 1984, 1981 г., а также в августе 1970 г. между 66 и 76 меридианами. Граница минимального зимнего распространения льдов на север за период наблюдений находилась в пределах 62-65° юш, а обычно в это время она лежит между 60° и 63° юш. В отдельные зимы для поиска криля доступны районы вплоть до 64° юш, но обычно районы до 60° юш закрыты льдами.

Весной самое южное положение кромки льдов отмечено в III декаде ноября в западной части моря Содружества в 1974,



1975, 1977 гг. В восточной части моря, начиная с 78° в д в 1974 г льды вообще отсутствовали. Граница минимального распространения льдов на север весной не выходила за 59°30' ш, а обычно в это время, она находится в пределах 60°30'–63°30' ш.

Общая площадь моря, занятая льдами при среднем развитии ледяного покрова увеличивается от 0.9 млн км<sup>2</sup> в начале зимы до 1.5 млн км<sup>2</sup> в августе – октябре и затем снижается до уровня начала зимы. Сплоченность льдов зимой составляет в среднем 9–10 б, а весной – 7–8 б, уменьшаясь от 9–10 б в начале весны до 7–8 б в конце при максимальном и среднем развитии ледяного покрова и до 4–6 б при исключительно благоприятных ледовых условиях.

За зиму пояс льдов расширяется на 130–370 миль. За весну он сужается на 40–460 миль. В восточной части моря Содружества в отдельные годы смещение кромки в течение весны заканчивается очищением вод, омывающих Западный шельфовый ледник в III декаде ноября. В этих случаях зона льдов сужается на 780 миль.

Средняя за зиму скорость продвижения кромки на север находится в пределах 10–40 миль за декаду, а средняя за весну скорость отступления кромки на юг изменяется в зависимости от долготы в пределах 10–50 миль за декаду. Поскольку отступление кромки проходит неравномерно, более показательной величиной, чем скорость в среднем за весну, будет скорость отступления кромки за ноябрь – месяц наиболее интенсивного разрушения льдов. Эта скорость, изменяясь в зависимости от долготы, лежит в пределах 10–110 миль в декаду.

Перемещение кромки на север носит крайне неравномерный характер. При общей тенденции распространения льдов на север от I декады июня к III декаде августа, скорость перемещения кромки меняется в очень больших пределах, вплоть до перемены знака, когда движение кромки на север сменяется в разгаре зимы на отступление её на юг. Перемещение кромки на юг весной также отличается неравномерностью. При общей тенденции колебания кромки около некоторого её положения в сентябре–октябре и затем явно выраженного отступления на юг в ноябре, скорость перемещения кромки на юг, как в течение весны, так и в ноябре, меняется в очень больших пределах, вплоть до перемены знака, когда весеннее отступление внешней кромки на юг сменяется на перемещение её на север, т.е. ледяной покров приостанавливает разрушение и даже начинает восстанавливаться.

За зиму количество льда в море Содружества увеличивается более чем в 1.5 раза. Это значит, что в конце зимы возраст примерно 40% льдов не превосходит трёх месяцев. За весну разрушается почти весь лёд, образовавшийся за зиму. Наиболее резкое уменьшение площади, занятой льдами, происходит, как уже отмечалось выше, в ноябре. В сентябре и октябре уменьшение площади либо вообще не происходит, либо оно проходит значительно медленнее.

Как следует из таблицы I, межгодовые различия в площади распространения морских льдов растут от начала зимы к концу весны.

Таблица I

Средние и экстремальные площади распространения морских льдов в море Содружества за период с 1964 по 1987 г. зимой и весной (тыс. км<sup>2</sup>).

декады	I-06	II-06	III-06	I-07	II-07	III-07	I-08	II-08	III-08
миним	765	662	843	946	961	996	816	859	880
средн	932	994	943	1189	1193	1275	1412	1327	1460
макс	1100	1278	1299	1417	1461	1449	1582	1551	1840
амплит	335	616	456	471	500	453	766	692	960
декады	I-09	II-09	III-09	I-10	II-10	III-10	I-11	II-11	III-11
миним	1249	914	1160	1212	794	1226	726	464	126
средн	1515	1509	1514	1582	1560	1592	1364	1172	907
макс	2268	2080	2141	1938	1961	1995	1992	1732	1736
амплит	1019	1166	981	726	1167	769	1266	1268	1610

По имеющимся данным не прослеживается какой-либо четкой тенденции межгодового изменения теплового состояния моря Содружества, т.е. с 1968 по 1987 гг. потепления климата, отмечаемого рядом автором в других регионах, в данном случае не отмечается.

В отличие от Арктики, где весной таяние льдов происходит за счет отступления только внешней кромки в сторону полюса, в Антарктике, где имеется еще и внутренняя кромка, являющаяся зимой границей между припаем и дрейфующим льдом, северная кромка отступает к югу, а южная перемещается на север.

Лед I-3 б отмечается со II декады октября. Обычно он примыкает к южной кромке с севера. Максимальное удаление на север за-

фиксировано в III декаде ноября, когда его северная граница достигла в районе земли Эндерби 64°20' юш и удалялась от берега на 90 миль. Минимальное удаление редкого льда от берега отмечено также в III декады октября и ноября - на картах типового и среднего распределения льдов южная кромка, представленная сплоченностью I-3 б, в районе залива Прюдс удаляется от берега на более, чем на 10 миль и находится на параллели 69°20' юш.

Более заметную роль в формировании ледяного покрова играют льды 4-6 б. Их максимальное удаление на север отмечено в I декаде октября, когда граница зоны 4-6 б достигла 54°30' юш в районе 80° вд, удаляясь от берега на 810 миль. Максимальное распространение на юг зафиксировано со II декады октября по I декаду ноября при среднем развитии льдов, когда граница проходила по 69°20' юш на меридианах залива Прюдс.

Еще более заметную роль, чем разреженный, играет лед 7-8 б. Он становится преобладающим, начиная со II декады ноября при среднем развитии ледяного покрова. Максимальное удаление зоны на север зафиксировано в I декаде августа, когда северная граница достигала 56°15' юш на 75° вд и удалялась от берега на 795 миль. Максимальное распространение на юг - до 69°20' юш зафиксировано в I, II декадах октября и I, III декадах ноября в районе залива Прюдс, где она приближалась к берегу на 10 миль.

Льды сплоченностью 9-10 б являются преобладающими при среднем развитии ледяного покрова до I декады ноября. Максимальное удаление границы зоны на север - до 56°30' юш или 720 миль от берега, получено во вторую декаду сентября на 78° вд,

а обычно, при типовом распределении льдов северная граница не выходит за пределы  $57^{\circ}30'$  в.д., а удаление от берега — за 660 миль. В конце весны, начиная с I декады ноября при минимальном распределении ледяного покрова дрейфующий лёд сплочённостью 9-10 б отсутствует на всей акватории моря.

Поскольку зимой лёд 9-10 б является преобладающим, он сохраняет тенденцию, характерную для ледяного покрова в целом, а именно: площадь льдов 9-10 б увеличивается в течение сезона, одновременно вытесняя лёд меньшей сплочённости на север. Весной льды сплочённостью 9-10 б уменьшаются по площади, уступая место менее сплочённым льдам. Поэтому именно этот параметр (площадь льдов 9-10 б), среди всех рассмотренных ранее, можно считать наиболее ярким индикатором весеннего разрушения ледяного покрова.

Анализ данных по припаяю за октябрь-ноябрь, показывает, что наибольшую ширину — 120 миль, припай имеет при максимальном развитии ледяного покрова в I-II декадах октября в районе к востоку от земли Эндерби ( $58-62^{\circ}$  в.д.) и во II-III декадах ноября у Западного шельфового ледника. Обычно ширина припая не превосходит 60 миль. В районах земли Эндерби ( $53-56^{\circ}$  в.д.), к западу от п-ова Бьеркеодден ( $69-70^{\circ}$  в.д.), у юго-восточного берега залива Прюдс ( $71-74^{\circ}$  в.д.) припайный лёд либо отсутствует, либо ширина его минимальна. А на участках побережья от залива Эдуарда VIII до  $67^{\circ}$  в.д., у Западного шельфового ледника ( $80-83^{\circ}$  в.д.) и к востоку от п-ва Бьеркеодден (район отмели Фрам —  $70-72^{\circ}$  в.д.), наоборот, припай присутствует практически всегда и ширина его

близка к максимальной.

Наличие полыней является характерной чертой ледового режима моря Содружества весной. При среднем развитии ледяного покрова площадь полыней находится в интервале 55-102 тыс. км<sup>2</sup>, достигая верхнего предела во II декаде ноября. Площадь полыней составляет при этом 11% от площади, занятой дрейфующим льдом. В третьей декаде ноября при минимальном распределении они прекращают свое существование, соединившись с чистой водой океана.

Анализ полученных карт ледовых условий с точки зрения их влияния на промысел криля показал следующее. При максимальном развитии льдов промысел криля в течение весны невозможен — районы лова покрыты льдом 9-10 б. При минимальном развитии возможность для промысла наступает с I декады ноября. В этот период пояс льдов отделён от материка и припайной шириной до 100 миль, охватывающей всё побережье моря, весьма перспективной в промысловом отношении. Сплочённость льдов на участке  $57-58^{\circ}$  в.д. не превышает 4-6 б. Здесь возможны проход флота в заприпайную полынь и начало добычи в I декаде ноября, что на 1,5 месяца сокращает сезонность промысла. Форсирование пояса льдов рекомендуется выполнять под проводкой ледокольно-спасательного судна и при наличии спутниковых ТВ-изображений, подтверждающих существование развитой полыни и разрежения в районе земли Эндерби. С III декады ноября пояс льдов теряет сплошной характер и полынья соединяется с океаном, открывая свободный доступ к районам лова. Для прохода

рекомендуются участки 53–56°вд, 70–71°вд и к востоку от 76°вд.

Повторяемость таких лет мала. Большой интерес представляют годы, близкие к типовому распределению льдов. Несмотря на уменьшение площади и сплоченности льдов к концу весны, ледовые условия в III декаде ноября при типовом распределении льдов остаются суровыми. Заприпайная полынья не имеет сплошного характера и по ширине не превышает 60 миль. Пояс льдов имеет в своей основе лед 7–8 б с включением небольших зон сплоченности 9–10 б. Зона льдов 7–8 б имеет наименьшую ширину на 57°вд. Именно здесь возможно форсирование пояса льдов крилевыми траулерами типа "Антарктида", корпус которых имеет ледовые подкрепления, под проводкой ледокольно-спасательного судна. По достижении заприпайного разрежения со сплоченностью I–6 б рекомендуется, придерживаясь этой зоны, двигаться на восток до скоплений криля в полыньях к западу от п-ва Бьеркеодден и в заливе Прудс. Реализация приведенной рекомендации позволит сократить сезонность промысла криля на 2–3 недели.

#### Основные результаты

1. В работе систематизированы ранее не использовавшиеся наблюдения из неопубликованных источников. Анализ этих данных с уже использовавшимися материалами, позволил получить новые карты ледяного покрова исследуемого района с декадной дискретностью (при месячной дискретности в предыдущих исследованиях).

2. Полученные характеристики ледяного покрова осветили зимний и весенний наименее изученные периоды. Расстояние от внешней кромки льдов до берега изменяется от 100 миль в начале

лета до 950 миль в середине весны и затем кромка отступает на юг, иногда достигая берега. Средняя площадь льдов увеличивается от 0.9 млн км<sup>2</sup> в июне до 1.5 млн км<sup>2</sup> в августе – октябре и затем снижается до уровня начала зимы.

3. В соответствии с рекомендациями А.А.Романова, согласно которым актуальным является выявление региональных особенностей распределения льдов, получены характеристики по морю Содружества отдельно, а не как части Южного океана.

4. В отдельные годы поиск криля возможен в течение всей зимы до 64°юш. В такие годы начало промысла реально с I декады ноября. Примерно каждую вторую–третью весну, с III декады ноября возможен доступ к районам лова крилевых траулеров типа "Антарктида", имеющих ледовые подкрепления. Для форсирования пояса дрейфующих льдов предлагается 57°вд. Реализация приведенных рекомендаций сокращает сезонность промысла на срок от 2 недель до 1.5 месяцев, а значит повышает его рентабельность.

5. Предложена методика привязки ТВ-снимков ИСЗ.

6. Разработаны программы, которые автоматизируют получение ледовых карт и их обновление при поступлении новых данных.

7. В процессе обучения студентов отделения океанологии ДВГУ использована рукопись методического пособия "Картирование морских льдов по телевизионным снимкам метеорологических спутников Земли", являющаяся частью настоящей работы

Основное содержание работы изложено в следующих публикациях:

1. Зигельман Н.И. Современная изученность морских льдов Антарктики и промысел криля. Деп. в ВИНТИ №639-гм, 1987. 9 с.

2. Зигельман Н.И. Привязка телевизионных снимков ИСЗ для составления ледовых карт в районах с редкой сетью опорных наземных пунктов. // Актуальные проблемы океанологии. Тезисы докладов на I Всесоюзной школе-семинаре (Ленинград, 2-11 апреля 1987 г.). Л.: Гидрометеиздат, 1987. 127-128 с.
3. Зигельман Н.И. Некоторые особенности ледового режима моря Содружества зимой. // III съезд советских океанологов. Тезисы докладов. Секция физика и химия океана. Полярная и региональная океанология. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 180 - 181 с.
4. Зигельман Н.И. "Двойная" привязка телевизионных снимков ИСЗ при картировании морских льдов. Док. в ВИНТИИ №762-ТМ, 1988. 10 с.
5. Зигельман Н.И. Данные о ледовых условиях в море Содружества для антарктических ОУЭС. // Комплексное использование энергии океана. Сборник научных трудов. Владивосток: Институт проблем морских технологий ДВО АН СССР, 1988. 45 - 50 с.
6. Зигельман Л.И., Зигельман Н.И. Аппарат построения трафиков и изолиний в географической системе координат. Комментарий к эксплуатации графопроектирующей ВГ-7052, 7054, 7095 и многоотверстной интерактивной системы "Дигитайр". Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, преепринт, 1994. 46 с.
7. Молчанова Л.А., Зигельман Л.И., Зигельман Н.И. Автоматизация получения некоторых характеристик ледяного покрова на примере моря Содружества (Восточная Антарктика). Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, преепринт, 1994. 28 с.

Николай Исаакович ЗИГЕЛЬМАН  
ЛЕДОВЫЕ УСЛОВИЯ ПРОФИСЛА КРИЛИ  
В МОРЕ СОДРУЖЕСТВА (ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИКА)

Автореферат

Лицензия ЛР № 040118 от 15.10.91 г.  
Подписано к печати 24.04.95 г. Формат 60x84/16.  
Печать офсетная. Усл.п.л. 1,5. Уч.-изд. л. 0,77.  
Тираж 100 экз. Заказ 245.

Отпечатано в типографии издательства "Дальнаука" ДВО РАН  
690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7