

ВСЕМИРНАЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

**МОРСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ
И СВЯЗАННАЯ С НЕЙ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**

ВЫПУСК № 35

ЛЕДОВЫЕ УСЛОВИЯ ПЛАВАНИЯ В ЮЖНОМ ОКЕАНЕ

А.А. Романов

**Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, Российская Федерация**

ВМО/ТД- No. 783



1996

Всемирная Метеорологическая Организация

ПРИМЕЧАНИЕ

Употребляемые в настоящей публикации обозначения и представление материала не должно рассматриваться как выражение, какого бы то ни было мнения со стороны Секретариата Всемирной Метеорологической Организации относительно правового статуса той или иной страны, города или района, или их властей, или делимитации их границ.

Примечание редактора: Настоящая публикация является в основном офсетным производством рукописей, представленных автором и подготовлена без дополнительного редактирования в Секретариате ВМО.

АННОТАЦИЯ

Изложены природные особенности формирования ледового режима Южного океана и условий судоходства.

Дана характеристика морских антарктических льдов и айсбергов, сформулированы основные закономерности их пространственно-временной изменчивости. Оценено влияние ледяного покрова на движение судов во льдах. Рекомендованы оптимальные маршруты и сроки плавания экспедиционных судов к антарктическим станциям, описаны ледово-навигационные условия судоходства. Изложены приемы и методы учета ледовых условий при выполнении грузовых операций у антарктического побережья. Рассмотрена современная практика ледово-информационного обеспечения судоходства.

Рекомендуется как режимно-справочное пособие для целей плавания, организации и осуществления судоходства в антарктических водах и льдах.

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	3
СОДЕРЖАНИЕ	4
ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА И УСЛОВИЙ СУДОХОДСТВА	7
1.1. Физико-географические условия	7
1.2. Климатические и метеорологические условия	9
1.3. Гидрологические условия	10
1.4. Гидрометеорологические условия и характеристика обледенения судов	12
1.5. Навигационные и гидрографические условия судоходства	13
ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА МОРСКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ ЛЬДОВ	16
2.1. Дрейфующие льды	16
2.2. Айсберги	20
2.3. Движение льда и айсбергов	21
2.4. Ледяные массивы	27
2.5. Припай	29
2.6. Полыньи	32
2.7. Межгодовая изменчивость	36
ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА НА ДВИЖЕНИЕ СУДНА И ЛЕДОВО- НАВИГАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСЛОВИЙ СУДОХОДСТВА	37
3.1. Влияние ледяного покрова на движение судна	37
3.2. Особенности плавания в различных ледовых условиях	33
3.2.1 Дрейфующие льды	33
3.2.2 Припай	36
3.2.3. Айсберговые воды	39
3.3 Принципы оценки условий плавания	40
3.4 Рекомендуемые маршруты плавания и навигационные периоды	43
ГЛАВА 4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ГРУЗОВЫХ ОПЕРАЦИЙ У АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ	66
4.1. Выгрузка с использованием авиации	66
4.2. Выгрузка на барьер	66
4.3. Выгрузка наземным транспортом	67
4.3.1 Расчет несущей способности ледяного покрова	67
4.3.2. Основные правила эксплуатации ледовых трасс на припае	74
ГЛАВА 5. ОСНОВЫ И ПРИНЦИПЫ УЧЕТА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ СУДОХОДСТВА	74
5.1. Оперативная информация	75
5.2. Режимная и климатическая информация	77
5.3. Долгосрочные ледовые прогнозы	78
ПРИЛОЖЕНИЯ	81
Приложение 1. Положение антарктических станций и баз	82
Приложение 2. Схема циркуляции поверхностных вод	83
Приложение 3. Вероятность обледенения судов (%) с декабря по март	84
Приложение 5. Положение границы сплоченного льда с октября по март	88
Приложение 6. Ледовые условия при среднем типе развития ледовых процессов	89
Приложение 7. Основные характеристики стационарных полыней	95

ПРЕДИСЛОВИЕ

Трудно найти аналог столь значительного влияния природных условий на практическую деятельность человека, как влияние ледяного покрова на изучение и освоение полярных областей, которое неразрывно связано с выполнением морских экспедиционных исследований и обеспечением жизнедеятельности антарктических научных станций и баз экспедиционными и транспортными судами. Особенно это проявляется при плавании в высоких широтах Южного океана, где экстремальный характер природных явлений, автономность плавания, его отдаленность от основных морских коммуникаций предъявляют повышенные требования к обеспечению безопасности мореплавания. Обязательным становится необходимость учета природных и, в первую очередь, ледовых условий, как при планировании, так и осуществлении судоходства.

Заблаговременная и надежная информация о ледовых условиях плавания, оценка их возможного влияния на работу судов с учетом их ледовых качеств могут предотвратить или существенно уменьшить моральные и материальные потери, потенциальные экологические последствия, связанные с работой судов различного типа и назначения во льдах Южного океана.

Пособие написано на основании исследований, выполненных в ААНИИ за последние 30 лет. Используются зарубежные публикации, имевшиеся в распоряжении автора.

Основные положения, выводы и рекомендации, изложенные в книге, используются в практике планирования и научно-оперативного обеспечения плавания российских судов с 1972 г., а с 1989 г. - международных экспедиций и плаваний судов других стран антарктического содружества (Международная экспедиция в море Уэдделла на НЭС "Академик Федоров", 1989, плавания финского НЭС "Аранда", 1989, китайского судна "Джи-Ди", 1990, германского ледокола "Поларштерн", 1991, американского ледокола "Палмер", 1992, 1993).

В пособии нашел отражение и личный опыт автора - участника четырех антарктических плаваний, в том числе в качестве ледового лоцмана на американском научно-исследовательском ледоколе "Палмер" в морях Беллинсгаузена и Амундсена зимой 1993 г. Автор выражает уверенность, что читатель поймет те трудности, которые стояли перед ними при подготовке первого в международной практике научно-прикладного пособия по ледовым условиям плавания в Южном океане, и с большой благодарностью и признательностью примет все замечания и предложения по его совершенствованию.

ВВЕДЕНИЕ

Ледяной покров является важной физико-географической особенностью полярных областей Мирового океана. Значительная пространственно-временная изменчивость полярных льдов определяет необходимость их изучения как составной части общей климатической системы нашей планеты и как основного природного фактора, влияющего на деятельность человека в плане изучения и освоения природных ресурсов полярных областей и охраны окружающей среды.

Основная цель научно-прикладного пособия - предоставить потребителю необходимый объем научных знаний, сведений и рекомендаций для принятия квалифицированных решений по обеспечению эффективности и безопасности плавания в антарктических водах и льдах на стадиях планирования и осуществления плавания.

В соответствии с поставленной целью в пособии последовательно, по главам, решались следующие задачи:

1. Кратко изложить особенности природных условий формирования и развития морских антарктических льдов.

2. Дать описание современного состояния морских льдов на основе количественных характеристик ледяного покрова, влияющих на условия судоходства.

3. Изложить принципы и методы оценки влияния природных и в первую очередь ледовых условий на плавание судов.

4. Дать рекомендации по оптимальным маршрутам и срокам начала и окончания плавания судов в районы научных станций и баз, расположенных на антарктическом побережье.

5. Обобщить опыт выполнения грузовых операций по снабжению станций и баз, дать необходимые рекомендации по их выполнению, включая методы расчета грузоподъемности ледяного покрова.

6. Сформулировать методические основы и принципы учета природных условий при гидрометеорологическом обеспечении судоходства, описать источники гидрометеорологической и ледовой информации.

При написании пособия основное внимание уделялось представлению количественных характеристик морских антарктических льдов и айсбергов и условий судоходства в виде таблиц, графиков и карт.

ГЛАВА 1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА И УСЛОВИЙ СУДОХОДСТВА

Южный океан представляет собой обширную физико-географическую область Мирового океана с самостоятельной системой циркуляции вод, характерной структурой водных масс, системой зонально расположенных фронтальных зон, наличием дрейфующих морских льдов и айсбергов.

Выделение Южного океана в самостоятельный водный объект было продиктовано не только расширением и углублением знаний о природе южной полярной области, но и удобством описания явлений этой огромной акватории Мирового океана.

Сказанное можно в полной мере отнести и к ледовому режиму, рассматривая его как совокупность параметров, характеризующих интенсивность, пространственное распределение и изменения во времени элементов ледяного покрова. Расчленение ледяного покрова на части исключило бы общерегиональный подход к изучению ледового режима Южного океана как самостоятельного физико-географического объекта.

1.1. Физико-географические условия

За северную границу Южного океана принята линия, проходящая через южные оконечности Африки, Южной Америки и Австралии. Положение этой границы соответствует орографическим признакам. Она максимально приближена к зоне субтропической конвергенции. Южная граница океана определяется береговой чертой Антарктиды.

Океанический характер северной границы Южного океана является важнейшим физико-географическим фактором формирования ледового режима. Движение льдов и айсбергов от берегов Антарктиды в северные, более теплые районы, практически не ограничено.

Наличие мощного ледникового покрова определяет своеобразие берегов Антарктиды, представляющих собой почти на всем протяжении ледниковые барьеры, вы-

сота которых над уровнем моря меняется от нескольких до десятков метров. Из общей протяженности береговой линии Антарктиды (30 тысяч км) 92% приходится на ледяные берега и лишь 8% - на скальные. Вследствие движения антарктического ледникового покрова от центра к периферии ледяные берега Антарктиды меняют свою конфигурацию. Происходит постоянный облом краев ледников, приводящий к образованию айсбергов и отступанию береговой линии иногда до нескольких десятков километров на довольно значительном протяжении. Эти явления придают определенный динамизм ледовым процессам, происходящим в узкой прибрежной зоне, что проявляется, в первую очередь, в формировании и создании благоприятных условий для образования прибрежных полыней.

В целом плавная конфигурация береговой черты Антарктиды и ее слабая изрезанность обеспечивают свободное движение дрейфующих льдов и айсбергов вдоль берегов континента. Южный океан является глубоководным бассейном. Области с глубинами 3000 м занимают около 77% общей площади океана. Антарктический шельф вследствие огромной ледниковой нагрузки погружен на глубину до 500 м и простирается сравнительно узкой полосой: в среднем около 280 км. В данном пособии в основном будет рассматриваться антарктическая область (антарктический бассейн) Южного океана, под которой понимается его южная часть, ограниченная на севере зоной антарктической конвергенции (рис.1.1). Эта зона является северной границей распространения поверхностных антарктических вод и практически совпадает со средней границей распространения айсбергов. Большая часть антарктической области является районом сезонного развития дрейфующих морских льдов. Южный океан подразделяется на три естественных сектора: Атлантический, Индийский и Тихоокеанский, в прибрежных акваториях которых выделено 12 морей. Некоторые, достаточно обширные пространства, расположенные между выделенными морями, не имеют пока собственного названия.

Физико-географические условия в сочетании с другими факторами определяют те значительные различия в ледовом режиме, которые существуют между прибреж-

ными районами указанных секторов. Они легли в основу районирования антарктической области Южного океана по меридиональному принципу.

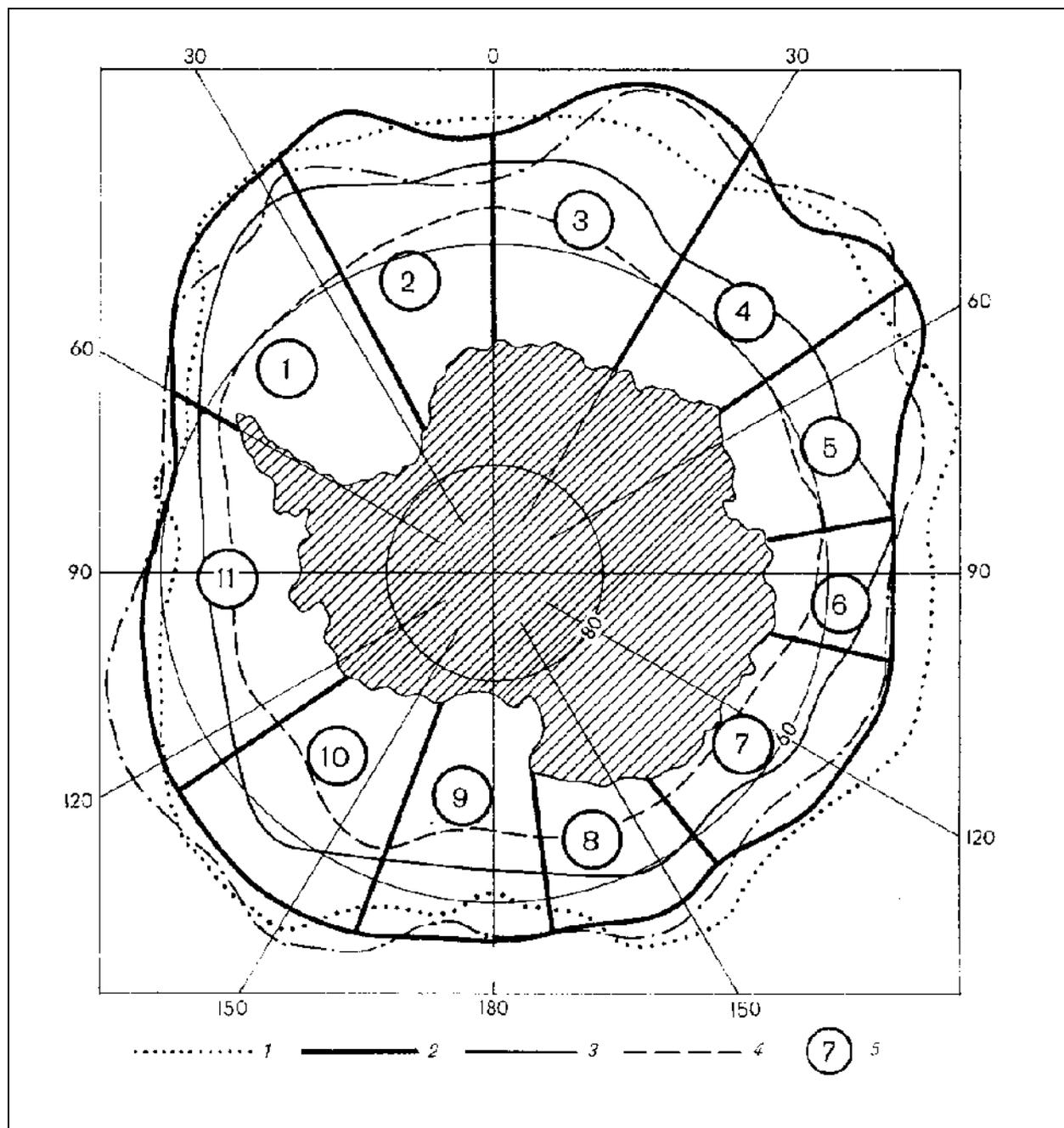


Рис.1.1 Схема районирования антарктической области Южного океана. (1 - положение антарктической конвергенции, 2 - границы распространения айсбергов, 3 - максимальное положение кромки дрейфующих льдов зимой, 4 - минимальное положение кромки дрейфующих льдов зимой, 5 - номер района).

Необходимость такого районирования вытекает из основной задачи пособия: описание закономерностей пространственно-временной изменчивости основных элементов ледового режима и условий плавания в различных районах. Учтены меридиональные границы морей, выделенных у берегов

Антарктиды, положение прибрежных антарктических станций, достижение которых морским путем является одной из основных задач антарктических экспедиций (Приложение 1).

В Атлантическом секторе выделено три района: район 1 расположен между 60°

и 25° з.д.; 2 - между 25° з.д. и 0°; 3 - между 0 и 30° в.д. Первый район - это, собственно, море Уэдделла, который представляет собой глубокий океанический залив, ограниченный с запада восточным побережьем Антарктического полуострова, с юга - антарктическим континентом, с севера - Южными Оркнейскими и Южными Сандвичевыми островами и подводными возвышенностями. Моря Лазарева и Рисер-Ларсена объединены в район 3.

В Индийском секторе Южного океана выделено наибольшее количество прибрежных антарктических морей, что обусловлено, главным образом, развитой извилистостью береговой черты и гидрографическими особенностями прибрежной зоны. Районы 4, 5 и 6 соответствуют морям Космонавтов, Содружества и Дейвиса. Обширная акватория между морями Дейвиса и Сомова выделена в район 7, в состав которого входят моря Моусона на западе и Дюмон Д'Юрвиля на востоке.

В Тихоокеанском секторе выделено 4 района, район 8 - это море Сомова, меридиональные границы района 9, соответствуют положению моря Росса. К востоку от моря Росса, между меридианами м.Колбек (160° з.д.) и м.Дарт (125° з.д.) вдоль побережья Земли Мэри Бэрд расположена обширная акватория, не имеющая собственного названия, которая выделена в район 10, или район ст.Русская. Моря восточной части Тихоокеанского сектора Амундсена и Беллинсгаузена объединены в 11 район.

1.2 Климатические и метеорологические условия

В антарктической области Южного океана выделено девять климатических центров низкого давления: в восточной части моря Уэдделла (40°з.д.), в районе, прилегающем к Берегу Принцессы Марты (0°), в морях Рисер-Ларсена (30°в.д.), Содружества (70°в.д.), Моусона (110°в.д.), Д'Юрвиля (150°в.д.), Росса (165°з.д.), Амундсена (130°з.д.) и Беллинсгаузена (75°з.д.). Положение климатических депрессий, их замкнутый характер оказывают влияние на формирование локальных скоплений льдов.

В связи с активной циклонической деятельностью как при зональных, а особенно при меридиональных атмосферных процессах, важную роль в формировании

теплового баланса подстилающей поверхности и, как следствие, ледяного покрова, играет адвекция воздушных масс.

Наиболее развита адвекция в период сезонного максимума распространения льдов. Так, в прибрежных районах Антарктиды с выходом меридиональных циклонов зимой температура воздуха в восточной части циклонов повышается от -20°, -25° до 0°, -5°. В западной части циклонов происходит проникновение холодного воздуха антарктического континента на океанические акватории, что приводит к существенному понижению температуры воздуха.

Характерной особенностью метеорологического режима Южного океана в связи с активной циклонической деятельностью является большое количество осадков. Вдоль антарктического побережья их годовая сумма составляет 300-400 мм. Большое количество осадков обуславливает повышенную заснеженность антарктических льдов, особенно припайных, где заснеженность существенно увеличивается из-за переноса с континента метелевого снега. Отражательная способность антарктических льдов весьма велика. Большая часть солнечной энергии отражается в атмосферу, а радиационный баланс в среднем близок к нулю. Альbedo поверхности шельфовых ледников оценивается значениями 90-95%, припайных и однолетних сплоченных льдов - 80%; молодых сплоченных льдов - 70-80%.

Высокие значения альbedo антарктических льдов, их большая заснеженность, пониженная влажность воздуха в прибрежной зоне создают условия, существенно затрудняющие таяние ледяного покрова сверху. Прямое влияние солнечной радиации на эти процессы ослаблено, оно осуществляется, главным образом, через океан за счет поглощения солнечной энергии полыньями и разводьями и развитием процессов бокового таяния и внутреннего разрушения льда.

Условия образования льда в Южном океане придают своеобразие его строению и свойствам, вследствие чего некоторые из них являются типично антарктическими. В зависимости от этих условий антарктический лед может быть представлен развитым слоем конжеляционного или кристаллического льда, или состоять из нескольких разнородных или повторяющихся слоев, образуемых снежно-водным и внутриводным льдом.

Большое влияние на строение льда и его свойства оказывают диатомовые водоросли, поселения которых встречаются в антарктических льдах в большом количестве. Эти водоросли поселяются на нижней поверхности льда, затем распространяются на всю его толщу, окрашивая лед в ржаво-коричневый цвет. Диатомовые водоросли ослабляют лед непосредственно механическим путем, распространяясь и размножаясь в толще льда, и опосредованно, за счет интенсивного поглощения солнечной радиации, благодаря своей темной окраске.

1.3. Гидрологические условия

Циркуляция поверхностных вод

Система циркуляции поверхностных вод Южного океана включает в себя три основных зоны: зону западного переноса вод у берегов Антарктиды в системе Прибрежного антарктического течения (ПАТ), лежащую к северу от нее зону слабого неустойчивого переноса с северной составляющей и, наконец, зону устойчивого мощного восточного переноса вод в системе Антарктического циркумполярного течения (АЦТ) (Приложение 2).

Весьма существенное влияние на положение кромки дрейфующих льдов и формирование ледовых условий имеют нарушения зональности потока вод в системе АЦТ. В районах его отклонения к югу за счет влияния динамических и термических факторов распространение льдов к северу ограничено и процессы таяния ледяного покрова происходят более интенсивно. Из наиболее крупных нарушений зональности АЦТ следует отметить его отклонение к югу в Атлантическом секторе в системе круговорота Уэдделла, в Индийском секторе в районе плато Кергелен и в Тихоокеанском секторе в районах морей Росса, Амундсена и Беллинсгаузена.

Большое влияние на ледовые условия окраинных антарктических морей оказывает ПАТ. Это течение, направленное с востока на запад, наблюдается повсеместно у берегов Антарктиды, но не является строго круговым, а прерывается рядом циклонических циркуляций, положение которых в общем соответствует местам стационарирования атмосферных депрессий. В районах западных и северных ветвей циклонических циркуляций поверхностные воды и льды выносятся

от побережья на север и северо-восток, где вовлекаются в систему АЦТ.

Скорость ПАТ в среднем составляет 5-10 см/с, что в 3-5 раз меньше скорости, наблюдаемой в зоне АЦТ. Между этими основными потоками расположена зона слабых течений северо-восточного и восточного направлений со скоростью около 5 см/с. Эта зона по своему географическому положению совпадает с областью ослабления ветров.

Влияние ПАТ на распределение льда ограничивается сравнительно узкой прибрежной зоной и во многом определяется ее гидрографическими условиями, главным образом, изрезанностью береговой черты, наличием банок и мелководий. При определенном сочетании этих факторов создаются условия для образования локальных скоплений льдов в прибрежной зоне, или для свободного выноса их в открытые районы океана и образования полыней.

Структура

Поверхностную структурную зону Южного океана образует в основном Антарктическая поверхностная вода (АПВ). АПВ занимает практически всю антарктическую область Южного океана вплоть до зоны антарктической конвергенции. Толщина слоя поверхностных вод в районе антарктической дивергенции и в центрах циклонических круговоротов составляет 100-150 м, к северу и к югу от дивергенции мощность слоя этих вод увеличивается до 200 м.

АПВ подстилается снизу циркумполярной глубинной водой (ЦГВ), являющейся преобладающей водной массой Южного океана. Верхняя граница этой водной массы в области антарктической дивергенции проходит на горизонтах 200-250 м, опускаясь в зоне субантарктической конвергенции до глубин 1400-1800 м.

Температура и соленость

Пространственное распределение температуры АПВ вокруг Антарктиды носит асимметричный характер. Так, летние значения температуры поверхностного слоя составляют в Атлантическом секторе 1,0°-1,2°, в Индийском 1,2°-2,6°, Тихоокеанском 0,6°-1,2°. Температура АПВ вод в летний период в широтном направлении меняется от 6,0° в районе АПФ до -1,8° около кромки дрейфующих льдов, соленость стабильна и группируется около значений

34,0⁰/₀₀, уменьшаясь в районах интенсивного таяния морских льдов до 33,0⁰/₀₀ и ниже.

Средняя температура ЦГВ составляет от 1,1° до 1,4° в Атлантическом и от 1,3° до 1,8° в Индийском и Тихоокеанском секторах.

Волнение и приливы

Зоны штормового волнения являются основными источниками волн зыби, распространяющихся из открытых районов океана в прибрежную зону в юго-восточном направлении в соответствии с преобладающими траекториями циклонов полярного фронта. Зыбь оказывает существенное влияние на ледовый режим прибрежных морей (образование и взлом припая, смещение айсбергов, сидящих на мели, динамику ледяных берегов континента и т.д.). Это обстоятельство необходимо учитывать при плавании у берегов Антарктиды, особенно при производстве грузовых операций на рейдах антарктических станций.

Формирование ледяного покрова в прикромочной зоне происходит под постоянным влиянием океанской зыби. Расстояние проникновения зыби в ледяной покров по спутниковым наблюдениям оценивается в 300-400 км. Влияние приливо-отливных явлений на ледовый режим Южного океана прежде всего сказывается на сроках взлома и разрушения припая, образования сжатий и разрежений среди дрейфующих льдов, движении айсбергов, в развитии прибрежных полыней в районах с орографически благоприятными условиями. В целом антарктические льды по сравнению с арктическими характеризуются преобладанием однолетних льдов меньшей толщины, меньшими горизонтальными размерами слагающих его ледовых образований, их незначительной торосистостью и большей раздробленностью. Сплоченность ледяного покрова понижена, отмечается большое количество полыней и разводий, особенно в прибрежной зоне. Колебания в сезонном и межгодовом развитии антарктических льдов выражены ярче. Все это является прямым следствием физико-географических особенностей Южного океана.

Региональные особенности природных условий

Существуют региональные различия в физико-географических условиях Южного океана, определяющие специфику его ледового режима. Эти различия прежде всего

проистекают из-за асимметричного положения Антарктиды относительно полюса, конфигурации ее береговой черты и широтного положения АЦТ, что определяет в конечном счете степень континентальности или океанности климатических условий прибрежных антарктических морей и, как следствие, региональные неоднородности ледового режима.

Прибрежные районы Атлантического и Тихоокеанского секторов, расположенные южнее полярного круга, находятся в основном в области отрицательного радиационного баланса в течение года и формирование ледового режима происходит здесь под воздействием континентального антарктического климата. Континентальная антарктическая воздушная масса является самой холодной на земном шаре, отличается исключительно малым влагосодержанием, высокой прозрачностью и устойчивостью.

Районы Индийского сектора расположены в основном севернее полярного круга в области положительных значений радиационного баланса и испытывают преобладающее влияние морского антарктического климата. Морская антарктическая воздушная масса более теплая и увлажненная.

Атлантический сектор Циркуляция атмосферы и поверхностных вод в море Уэдделла (район 1) определяется западной частью климатического циклона с центром около 40°з.д., что в сочетании с полузамкнутым характером береговой черты обуславливает вынос холодных воздушных масс и поверхностных вод с юга на север.

Район 2 по своим климатическим условиям близок к первому. Характерной особенностью его является то, что западная часть района находится в восточной части климатического циклона (40°з.д.) и зоне мощного ответвления АЦТ, входящего в систему круговорота Уэдделла, что обеспечивает поступление в этой части акватории не только теплых воздушных масс, но и поверхностных вод с севера. Восточная часть района расположена на западной периферии климатического циклона (с центром около 0°), где наблюдается вынос воздушных масс и поверхностных вод от побережья к северу. Вследствие указанных циркуляционных особенностей в центральной части района формируется мощная зона дивергенции потоков.

В морях Лазарева и Рисер-Ларсена (район 3) преобладают выносные потоки воздушных и водных масс, поскольку боль-

шая часть района расположена в западной части климатического циклона с центром около 30°в.д. Наиболее существенной гидрографической особенностью данного района является наличие в северо-западной части моря Лазарева подводной возвышенности Мод, с минимальной глубиной около 120 м, что создает здесь условия для подъема теплых глубинных вод к поверхности океана.

Индийский сектор Циркуляция воздушных масс и поверхностных в морях Космонавтов (4), Содружества (5) и Дейвиса (6) вод определяется южной областью обширной климатической депрессии с центрами около 70° и 110°в.д., вследствие чего преобладают восточно-западные потоки вдоль побережья и выносные в мористых районах, особенно интенсивные вдоль восточного побережья Земли Эндерби.

Климатические условия обширной акватории между морями Дейвиса и Сомова (район 7) аналогичны рассмотренным выше.

Тихоокеанский сектор Море Сомова (район 8) расположено в области небольшого, но развитого климатического циклона с центром около 165°в.д. Это обстоятельство в сочетании с гидрографическими особенностями моря, наличием в его западной части развитых к северу мелководий и подводных поднятий, банки Вирик и Моусон, и в северной - мористой гряды островов Баллени, создает благоприятные условия для формирования замкнутой устойчивой циркуляции поверхностных вод и льдов.

Гидрометеорологические условия моря Росса (9) формируются под влиянием южной части климатического циклона, расположенного на северной окраине района около 165°з.д. Движение воздушных масс и поверхностных вод осуществляется, главным образом, вдоль восточного побережья Земли Виктории с юга на север.

Гидрометеорологические условия ст.Русская (10) формируются под влиянием климатического циклона с центром около 165°з.д. В западной части района, примыкающей к морю Росса, происходит вынос холодных воздушных масс и поверхностных вод от берегов континента, в восточной, прилегающей к морю Амундсена, поступление теплых воздушных масс из умеренных широт и теплых вод океана - за счет ответвления АЦТ к югу.

Моря Амундсена и Беллинсгаузена (11) расположены, в основном, в западной

части климатической депрессии, центр которой находится к западу от Антарктического полуострова (75°з.д.). Преобладает движение воздушных масс и поверхностных вод вдоль побережья. В восточной части района вдоль западного берега Антарктического полуострова наблюдается поступление теплых воздушных масс и поверхностных вод из пролива Дрейка.

1.4. Гидрометеорологические условия и характеристика обледенения судов

К одному из наиболее опасных для мореплавания гидрометеорологических явлений следует отнести обледенение судов.

Обледенение не имеет существенного значения для крупнотоннажных экспедиционных судов. Однако для судов сравнительно небольших размерений обледенение представляет грозную опасность для мореплавания. Ниже изложены результаты исследования влияния гидрометеорологических условий на плавание судов водоизмещением порядка 1000 т и высотой надводного борта около 5 м. Именно для судов данного тоннажа явление обледенения наиболее полно изучено.

Обледенение судов, возникающее обычно при наличии отрицательной температуры воздуха, ветре и забрызгивании судна забортной водой, является одним из наиболее опасных гидрометеорологических явлений. Опасность обледенения заключается в том, что на палубе, надстройках, грузовых стрелах, такелаже, радиоантеннах при определенных условиях образуется большое количество льда, что приводит к значительному изменению положения центра тяжести судна и ухудшению его остойчивости.

В антарктической области Южного океана южнее параллели 60°ю.ш. обледенение судов возможно практически в течение всего года. При максимальном развитии ледяного покрова с мая по октябрь преобладает атмосферное обледенение; с ноября по апрель наморское обледенение приходится 37% всех случаев обледенения за это время, смешанное - 31% и атмосферное обледенение - 32%.

В результате атмосферного обледенения, происходящего, как правило, при температуре воздуха от 0 до -20°С и скоро-

сти ветра менее 10 м/с, льдом толщиной 1-2 см (редко 6 см) покрываются поверхности конструкций судна. При морском и смешанном обледенении лед в некоторых случаях нарастает до 1 м.

Скорость и продолжительность обледенения

По скорости нарастания льда обледенение подразделяется на медленное, быстрое и очень быстрое.

Медленное обледенение - скорость нарастания льда на судне 2 т/ч. Оно происходит при температуре воздуха 0... -3°C и любой скорости ветра, а также при температуре воздуха -3°C и ниже и скорости ветра менее 10 м/с.

Быстрое обледенение - на судно за 1 ч. нарастает 2-6 т льда. Оно наблюдается при температуре воздуха от -3°C до -8°C и скорости ветра 10-15 м/с.

Очень быстрое обледенение - на судне за 1 ч. нарастает более 6 т льда. Оно наблюдается при температуре воздуха ниже -8°C и скорости ветра более 15 м/с.

Предельную ледовую нагрузку 65 т судно при медленном обледенении получит через 32 ч., при быстром - через 11 ч. и очень быстром - менее чем через 10ч.

Продолжительность морского обледенения характеризуется следующими данными: менее 12 ч. она составляет 73,5% всех случаев, менее 24 ч. - 89,9%, и менее 48 ч. - 98,1%. Максимальная продолжительность морского обледенения наблюдалась около 7 суток.

Вероятность обледенения

Карты вероятности обледенения судов в антарктической области Южного океана (Приложение 3, рис.3.1 и 3.2) подтверждают широтную зональность распределения гидрометеорологических элементов. Вероятность медленного обледенения от декабря к апрелю уменьшается от 80 до 60%; быстрого - увеличивается от 1 до 20%; очень быстрого - также увеличивается от 0 до 10%. Наибольшая изменчивость всех градаций обледенения (около 20 %) характерна для морей Скоша, Лазарева, Дюмон Д'Юрвиля и весьма незначительна (около 10%) в море Сомова.

Карты вероятности обледенения судна, принятого за "стандартное", можно использовать и для судов других типов. При этом массовая скорость нарастания льда на судах будет другая: она возрастает с уве-

личением суммарной площади надводной части этих судов и уменьшается с ростом высоты надводного борта.

Карты вероятности обледенения можно использовать при планировании работ в Южном океане (в районы, где возможно очень быстрое обледенение, должны направляться суда с высотой борта более 3 м); выборе пути следования. В случае попадания в районы обледенения (выход должен осуществляться в сторону меньшего значения вероятности обледенения или к подветренному берегу острова). Скорость нарастания льда на судне можно уменьшить, снизив его скорость или изменив курсовой угол волны на кормовой.

1.5 Навигационные и гидрографические условия судоходства

В океане практически отсутствует необходимая морская инфраструктура, характерная для других районов Мирового океана. Здесь нет портов, судостроительных и судоремонтных предприятий, необходимых средств навигационного оборудования и связи, организации аварийно-спасательной службы. Практически отсутствует гарантированное и своевременное ледокольное обеспечение плавания судов, не приспособленных для решения экспедиционных и научных задач в сложных ледовых условиях.

Лишь некоторые антарктические станции, расположенные на побережье Антарктиды и прилегающих островах, обладают отдельными элементами инфраструктуры. Оборудованных причалов в районах станций практически нет, погрузо-разгрузочные операции по существу носят рейдовый характер и выполняются в сложных гидрометеорологических и ледовых условиях.

Для укрытия от штормов судам рекомендуются закрытые якорные стоянки среди островов вблизи Антарктического полуострова. Это, например, проливы Антарктик, Жерласи, Грандидье, острова Даннеборг, Арджентайн, а также острова Десепшен и Кинг-Джордж (Ватерлоо), проливы Инглиш и Мак-Фарлин в районе архипелага Южных Шетландских островов. В других районах побережья Антарктиды суда могут находить укрытие в бухтах шельфовых ледников.

На достоверность местоположения береговой черты, особенно в районе шельфовых и выводных ледников, полагаться нельзя. Более надежными навигационными ориентирами при плавании вблизи берега следует считать приметные горы, мысы и острова, состоящие из коренных пород. При этом надо учитывать, что вид берега и островов сильно меняется от зимы к лету и наоборот. Летом в результате таяния снега и льда отдельные участки берега обнажаются, очертания островов изменяются, частично меняется положение и очертания ледниковых барьеров. Немногочисленные, в большинстве несветящиеся, навигационные знаки установлены лишь на рейдах некоторых антарктических станций. Несколько больше их на Антарктическом полуострове, на Южных Шетландских островах, а также на подходах к бухтам и другим местам, где имеются якорные стоянки - это бухта Порт-Форстер, проливы Инглиш и Мак-Фарлин, острова Кинг-Джордж (Ватерлоо) и Лингвистон (Смоленск) и другие. Как правило, навигационные знаки представляют собой металлические столбы или ажурные мачты высотой около 15 м. На некоторых из них при подходе судна зажигается огонь, если в бухте размещена научная станция или база.

При плавании вблизи побережья надо иметь в виду, что многие его участки изучены еще совершенно недостаточно, о чем свидетельствуют пунктирное их изображение на картах и многочисленные предупреждения в существующих лоциях Антарктики. Сами точности положения береговых ориентиров на картах также различны для разных участков побережья. С большей точностью составлены карты Восточной Антарктиды, гораздо хуже - Западной Антарктиды (кроме Антарктического полуострова), где среднеквадратическая ошибка положения точки на карте может достигать 10 и более км.

Островов в открытых водах Южного океана мало. Большинство из них гористы, с обрывистыми берегами, что делает их хорошими радиолокационными ориентирами. Следует, однако, иметь в виду, что некоторые из них покрыты ледниками, сползающими в море, поэтому береговая черта подвержена изменениям. Местоположение некоторых из них определено недостаточно точно. Острова окаймлены многочисленными опасностями, которые обследованы плохо, нанесены на карты неточно. Заход в

бухты возможен только при хорошем знании местных условий, тем более, что большинство из них не оборудовано навигационными средствами. Проливы между островами в большинстве судоходны, но ввиду недостаточной изученности для плавания опасны, приливо-отливные течения в них могут достигать 4-6 узлов. Укрытые от ветров бухты, пригодные для якорной стоянки, имеются, например, на островах Кергелен и Южная Георгия. В районе остальных островов укрыться от непогоды можно лишь временно, с подветренной стороны, на якоре или в дрейфе. При этом надо учитывать возможность появления дрейфующих льдов и айсбергов как местного происхождения, так и приносных. Подходить к якорным местам надо с осторожностью, при перемене направления ветра - менять место или уходить в море. Высадка на берег из-за его крутизны, обычно сильного прибоя и многочисленных прибрежных опасностей чрезвычайно затруднительна, а в большинстве случаев невозможна. Подводные скалы можно иногда опознать по скоплениям водорослей, растущих на них, сулоям, а также по изменению цвета воды. Такие районы надо обходить на безопасном расстоянии.

Рельеф дна и глубины изучен еще совершенно недостаточно, систематический промер производился лишь в отдельных, ограниченных районах, большей частью без надежного координирования. Большинство подводных гор еще не обнаружено и не обследовано, многие изобаты проведены очень усредненно, поэтому ориентирование по рельефу дна и глубинам надо считать только самым резервным и недостаточно точным способом контроля местоположения судна. В этом отношении показательной является посадка на банку НЭС "Академик Федоров" при форсировании им припая в районе станции Молодежная в декабре 1987 г. Причем рейд станции достаточно обеспечен промерными галсами и, казалось бы, подходы к ней изучены во всех отношениях.

Навигационных опасностей в открытом океане не обнаружено, но очень редкое покрытие этого района промерными галсами также не исключает полностью возможность встречи с ними. Поэтому при непредвиденном и резком уменьшении глубин, показываемых эхолотом, необходимы соответствующие меры предосторожности. Каждое обнаруженное характерное поднятие грунта должно быть обследовано с возмож-

ной подробностью и тщательностью, позволяющими в дальнейшем нанести их на карты.

Наиболее надежным и точным средством определения места судна являются судовые спутниковые навигационные сис-

темы. На многих антарктических станциях установлены также спутниковые системы связи, которые могут быть использованы при обеспечении судоходства в Южном океане.

ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА МОРСКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ ЛЬДОВ

Основными структурными образованиями, составляющими ледяной покров Южного океана, являются дрейфующие льды, айсберги, припай и полыньи, которые характеризуются географическим положением и размерами, а также пространственно-временной изменчивостью их основных параметров и элементов.

2.1. Дрейфующие льды

Ледовитость

За показатель ледовитости принимается площадь распространения ледяного покрова, выраженная либо в км² (S_n), либо в % от площади моря в заданных пределах ($S_n\%$). Объективным показателем ледовитости служит также положение кромки дрейфующих льдов.

В целом для Южного океана процессы ледообразования и нарастания льда начинаются в марте (Приложение 4, рис.4.1), когда интенсивное выхолаживание океана происходит практически на всей его антарктической области. Наиболее активны они с марта по июнь, когда среднемесячное приращение площади льдов составляет 2,8 млн.км² (табл.2.1). В дальнейшем, вплоть до годового максимума, в сентябре, процесс замедляется и увеличение площади льдов составляет 1,7 млн.км².

Географическое положение кромки льда по своей конфигурации соответствует положению основных океанических и атмосферных фронтальных разделов, а также береговой черты Антарктиды.

Сокращение площади дрейфующих льдов начинается в прикромочной зоне в октябре (Приложение 4, рис.4.2) и происходит весьма интенсивно, в среднем на 1,2 млн.км² за месяц от годового максимума до минимума. Но особенно быстро оно протекает с декабря по январь, когда площадь льда в океане в течение одного месяца уменьшается на 5,0 млн.км², т.е. составляет около 80% от общей площади, тающего льда.

В среднем, общая площадь ледяного покрова в Южном океане на период его максимального развития в сентябре составляет 19,3 млн.км², на период мини-

мального развития в феврале 3,2 млн.км², т.е. площадь льдов от зимы к лету сокращается в 6,3 раза (табл.2.1).

В южном океане существует четкая асимметрия в продолжительности разрастания льда (7 месяцев) и его сокращения (5 месяцев). В северном полушарии - наоборот. Это является следствием более значительного влияния океанических процессов на ледяной покров в южной полярной области по сравнению с северной. Иными словами, в Южном океане существует механизм, тормозящий развитие ледяного покрова в осенне-зимний период и способствующий его разрушению в весенне-летний. Основной причиной этого является повышенное теплосодержание верхнего слоя океана, развития конвекция, слабый пикноклин и адвекция тепла океанических вод из низких широт в высокие.

Существуют значительные региональные различия в развитии морских антарктических льдов (табл.2.2, 2.3).

Полного очищения Южного океана от дрейфующих льдов никогда не наблюдается в западной части Атлантического сектора (район 1), море Сомова (8) и восточной части Тихоокеанского сектора (10,11), т.е. в районах развития ледяных массивов.

Соотношение a/A % (табл.2.3) подтверждает преобладание сезонных колебаний ледовитости Южного океана в ее общей изменчивости и в то же время свидетельствует о региональных различиях вкладов сезонной и межгодовой амплитуды в общий спектр колебаний ледовитости. Максимальные сезонные и межгодовые амплитуды колебаний ледовитости наблюдаются в Атлантическом и Тихоокеанском секторах Южного океана, в Индийском секторе размах колебаний существенно меньше.

Сплоченность

Сплоченность антарктических льдов заметно меньше, чем арктических. Так, средняя сплоченность льдов Южного океана равна 8,1 балла, Северного Ледовитого - 9,4 балла. Максимальная сплоченность ледяного покрова в Южном океане наблюдается в августе-сентябре (9,2 балла), минимальная - в марте (6,9 балла), т.е. сезонные изменения сплоченности составляют 2,3 балла, в Северном Ледовитом океане -

Таблица 2.1 Площадь дрейфующих льдов в Южном океане (млн.км²)

ПЛОЩАДЬ	М Е С Я Ц Ы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Максимальная	6.7	4.5	5.0	8.3	11.9	15.7	18.2	19.5	20.2	20.0	18.0	12.3
Средняя	4.5	3.2	4.2	6.2	10.0	14.2	17.0	18.3	19.3	18.2	14.5	9.5
Минимальная	3.3	2.4	3.3	3.5	7.2	12.4	15.2	15.3	16.1	16.4	13.0	7.2
Амплитуда	3.4	1.8	1.8	4.5	4.4	3.5	3.1	4.0	4.4	3.7	4.9	4.7
Дисперсия	0.9	0.7	1.0	1.4	1.4	1.3	1.2	1.3	1.3	0.9	1.5	1.4

Таблица 2.2 Среднее значение площади распространения льдов различных интервалов сплоченности (S) в сезонном цикле для Южного Океана (в числителе- млн.км², в знаменателе- %)

S, БАЛЛЫ	СЕЗОНЫ			
	осень	зима	весна	лето
S 1-10	10.0 / 100	12.8 / 100	9.6 / 100	4.0 / 100
S 1-3	1.5 / 15	0.1 / 2	1.2 / 13	0.4 / 11
S 4-6	1.7 / 17	0.9 / 7	1.4 / 15	0.8 / 20
S 7 to 8	1.5 / 15	1.9 / 15	1.9 / 20	0.7 / 18
S 9-10	5.3 / 53	9.9 / 76	5.1 / 54	2.0 / 51

Таблица 2.3 Средние значения разрушенности и толщины дрейфующих льдов различной сплоченности в Южном океане (числитель - разрушенность, баллы; знаменатель - толщина льда, см)

СПЛОЧЕННОСТЬ ЛЬДА,	М Е С Я Ц Ы			
	ноябрь	декабрь	январь	февраль
баллы				
1-3	0-1 / 40	3 / 40	4-5 / 40	5 / 40
4-6	0 / 50	2-3 / 50	3-4 / 60	4 / 70
7-8	0 / 140	1-2 / 120	3 / 90	3-4 / 80
9-10	0 / 150	1 / 140	2 / 120	2-3 / 110

1,4 балла Межгодовая изменчивость сплоченности ледяного покрова Южного океана составляет около 1,5 балла.

Зимой в Южном океане полностью преобладают сплоченные льды, площадь льдов сплоченностью 7-10 баллов составляет 90%, разреженные льды представлены весьма незначительно (8%), редкие практически отсутствуют (2%). Весной сокращение площади дрейфующих льдов происходит, главным образом, за счет вытаивания редких и разреженных льдов, по-

скольку они расположены на внешней периферии циркумполярного пояса льда, окружающего Антарктиду. Общее преобладание сплоченных льдов сохраняется. Так, летом льды сплоченностью 7-10 баллов составляют 69% общей площади, 4-6 баллов - 20%, 1-3 балла - 11%. Значения сплоченности меняются в больших пределах и полностью соответствуют положению ледяных массивов, полыней и зон вергенции льда (табл.2.4).

Таблица 2.4 Пространственно-временная изменчивость сплоченности ледяного покрова по среднемесячным значениям

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА	СПЛОЧЕННОСТЬ, БАЛЛЫ										
	Район										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Максимальная	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,6	9,5	9,5	9,5	9,5
Минимальная	7,2	2,0	2,0	2,0	4,5	3,8	3,8	6,7	2,6	5,0	5,5
Средняя	8,4	7,6	7,9	8,0	7,8	7,9	8,0	8,5	7,9	8,5	8,5
Дисперсия	1,2	1,2	1,7	1,3	1,6	1,2	1,0	0,6	1,3	0,9	0,7

Толщина, разрушенность

Распределение толщины льда даже в пределах небольших районов очень неравномерно в результате торошения, наслоения, особенностей нарастания и таяния льда, залегания снега и т.д. Распределение толщины дрейфующих льдов близко к нормальному с поправкой на асимметрию и эксцесс (рис.2.1). Это относится ко всем стадиям термического разрушения ледяного покрова. В целом, перед началом таяния средние значения толщины льда составляют 45 и 145 см, т.е. в антарктических водах наряду со льдами осеннего образования наблюдаются и молодые более тонкие льды, занимающие довольно значительные площади.

Такой характер распределения льда перед началом его весеннего разрушения обусловлен тем, что ледонакопление в Южном океане происходит в условиях постоянного выноса дрейфующих льдов, интенсивного процесса нарастания молодого льда

на постоянно образующихся участках чистой воды среди льдов, полыньях и разводьях.

В процессе разрушения льда его толщина уменьшается в результате вытаивания молодого льда и стаивания осеннего. Но вместе с тем увеличивается неравномерность ее распределения. Молодые льды толщиной 30-70 см, расположенные в основном в районе кромки среди редких и разреженных льдов, практически стаивают полностью при достижении этим льдом разрушенности 3 балла, т.е. к середине декабря. В результате таяния и разрушения льда происходит и перераспределение его сплоченности, но основные соотношения между этими важнейшими характеристиками сохраняются (табл.2.5).

Толщина остаточных льдов к началу ледообразования составляет от 40 до 110 см, в зависимости от их сплоченности.

Таблица 2.5 Средние значения разрушенности и толщины дрейфующих льдов различной сплоченности в Южном океане (числитель - разрушенность, баллы; знаменатель - толщина льда, см)

СПЛОЧЕННОСТЬ ЛЬДА,	М Е С Я Ц Ы			
	ноябрь	декабрь	январь	февраль
баллы				
1-3	0-1 / 40	3 / 40	4-5 / 40	5 / 40
4-6	0 / 50	2-3 / 50	3-4 / 60	4 / 70
7-8	0 / 140	1-2 / 120	3 / 90	3-4 / 80
9-10	0 / 150	1 / 140	2 / 120	2-3 / 110

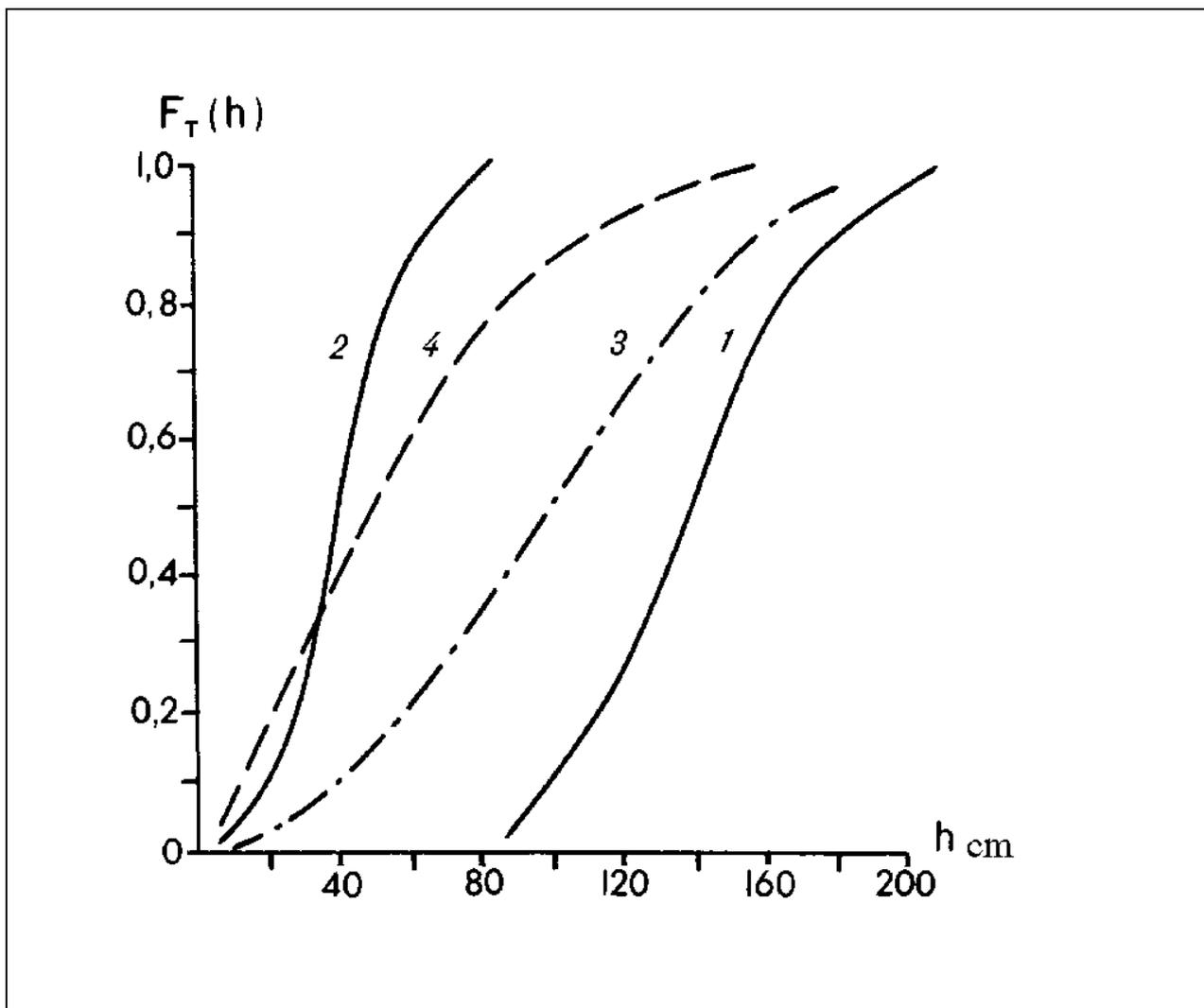


Рис.2.1 Функции распределения толщины дрейфующего льда различной разрушенности (1, 2 - разрушенность '0' баллов для однолетних и многолетних льдов соответственно, 3 - '1-3' балла, 4 - '4-5' баллов)

Горизонтальные размеры

Активное и свободное воздействие океана на пояс дрейфующих льдов, окружающих Антарктиду, а также наличие большого количества полыней обуславливают преобладание среди антарктических дрейфующих льдов крупно- и мелкобитых форм, горизонтальная протяженность которых не превышает 100 м.

Столь малые размеры дрейфующих льдов объясняются воздействием на них ветровых волн и зыби. Образование таких форм льда происходит на протяжении всего процесса его развития и разрушения. Прикромочная зона шириной 100-150 км обычно сложена из мелкобитых льдов, не превышающих 20 м в поперечнике. По мере удаления от кромки с одновременным увеличением сплоченности наблюдается и

увеличение горизонтальных размеров льдин. В редких и разреженных льдах преобладают крупнобитые льды, поперечные размеры которых составляют 50-60 м; в сплоченных льдах наблюдается преобладание крупнобитого льда, размерами до 500 м. Среди льда сплоченностью от 1 до 8 баллов протяженность льдин составляет от 3 до 60 метров при среднем значении 15 м; во льду сплоченностью 8-10 баллов размеры льдин меняются от 10 до 500 м при среднем значении 75 м.

Большие и обширные ледяные поля, протяженность которых может превышать 20 км, постоянно существуют в Атлантическом и Тихоокеанском ледяных массивах и западной части Балленского массива. Это, как правило, поля взломанного припая, которые наблюдаются в прибрежной зоне летом и осенью. Но обширные поля взломанного припая существуют непродолжительное время и быстро разрушаются под влиянием волнения и зыби.

Торосистость и заснеженность

Торосистость оказывает заметное влияние на увеличение толщины дрейфующего льда. Для арктических льдов увеличение торосистости на 1 балл приводит к увеличению его толщины на 20-25%, для антарктических дрейфующих льдов - в среднем на 15%. Это объясняется тем, что процесс торосообразования в Антарктике не столь значителен, как в Арктике, и торосообразование происходит при меньших толщинах льда.

Для торосистости 1-2 балла, преобладающей для сплоченных льдов, характерными являются: высота торосов от 100 до 250 см, при среднем значении 170 см, толщина льдин, слагающих торосы, от 10 до 80 см, при среднем значении 30 см. Торосы

2.2. Айсберги

Классификация

По происхождению айсберги подразделяются на три типа: айсберги шельфовых ледников; айсберги выводных ледников; айсберги материкового ледяного барьера.

По форме айсберги подразделяются на столообразные, куполообразные, неправильной формы (разрушающиеся).

Айсберги шельфовых ледников образуются в результате разрушения мористого края ледников, находящихся обычно на плаву. Они имеют столообразную форму с идеально ровной горизонтальной поверхностью и почти строго вертикальными и относительно ровными боковыми гранями. Встречаются столообразные айсберги с плавной холмистостью на поверхности. Высота столообразных айсбергов в среднем составляет 30-35 м, максимальная - не превышает 40-45 м. Горизонтальные размеры изменяются в пределах до нескольких десятков километров, а у одиночных гигантских айсбергов могут превосходить десятки и даже сотни километров.

У большинства столообразных айсбергов шельфового происхождения отношение высоты надводной части к осадке составляет около 0,5-0,6.

Одной из разновидностей столообразных айсбергов являются айсберги, отколовшиеся от молодых шельфовых ледников, образовавшихся из морского, длительное время не взламывавшегося, припая.

обычно располагаются грядами длиной 200-300 м при расстоянии между ними 50-100 м.

Вследствие обильного выпадения снега в прибрежных районах Антарктики ледяной покров отличается большой заснеженностью. Преобладающая высота снега на льду равна 30-50 см. Непосредственно в районе берега мощность снежного покрова весьма значительна и может составлять 100-350 см.

В целом для антарктического ледяного покрова характерно зональное распределение основных параметров. От кромки к берегу происходит увеличение сплоченности ледяного покрова, толщины, торосистости, заснеженности и горизонтальных размеров льдин.

Высота таких айсбергов не превышает 6-7 м, осадка - около 25 м.

Айсберги выводных ледников имеют, как правило, куполообразную форму, их поверхность испещрена трещинами, неровностями. По своим размерам куполообразные айсберги значительно уступают айсбергам шельфовых ледников. Их длина колеблется в пределах 400-4000 м, а высота - в интервале 30-125 м. Отношение высоты куполообразных айсбергов к осадке составляет чаще всего 0,5-0,6.

Айсберги материкового ледяного барьера не имеют установившейся формы, свойственной айсбергам шельфовых и выводных ледников. От материкового ледяного барьера могут откалываться как покрытые трещинами куполообразные, так и столообразные айсберги неправильной формы. Айсберги этого типа самые небольшие по размерам. От материкового ледяного барьера, кроме обычных айсбергов, откалываются отдельные куски льда и небольшие айсберги всевозможной формы.

С момента образования айсберга любого вида непрерывно происходит процесс его разрушения, в мористой части океана - особенно активно.

Многочисленные формы айсбергов - пирамидальные, наклонные, округлые, с арками, таранами - возникают при их разрушении.

Наклонные айсберги являются характерной первоначальной формой разрушения, особенно шельфовых столообразных айсбергов. Волноприбойная подводная терраса, стремясь всплыть, поднимает один

край айсберга. Наклонные айсберги отличаются большой высотой.

В процессе разрушения от айсбергов откалываются различные по величине части айсберга, которые подразделяются на: обломки айсберга, возвышающиеся над водой от 1 м до 5 м, площадью 100-300 м²; куски айсберга высотой менее 1 м, площадью около 20 м².

Распределение и размеры

Современная северная граница распространения айсбергов стабильна и близка к положению зоны антарктической конвергенции. Самое северное положение айсберга (высотой 50 м, длиной 4000 м и шириной 700 м) в текущем столетии из документально зарегистрированных отмечено 27 декабря 1982 года на 49°30' ю.ш. и 40°20' з.д. Кроме того, за последние 10 лет айсберги длиной более 1500 м значительно чаще стали встречаться к северу от 65° ю.ш. Общее количество таких айсбергов за этот период составило 316.

Вероятность встречаемости айсбергов, высота которых составляет 100-150 м, менее 50%, длиной свыше 3000 м в прибрежной зоне не более 5% (рис.2.2). Гигантские айсберги - редкое явление.

Средняя длина айсбергов, расположенных между берегом и 65° ю.ш., равна 1090 м, к северу она уменьшается почти в 2,5 раза и составляет 430 м. Изменения высоты надводной части айсбергов, в зависимости от широты, весьма незначительны. Так, в прибрежной зоне к югу от 65° ю.ш. средняя высота айсбергов равна 50 м, к северу - 48 м.

Среднее отношение ширины айсберга к их длине практически постоянно и равно 0,6. Отношение надводной части айсбергов к подводной меняется более существенно и зависит от формы айсбергов и в среднем составляет 0,6-0,7.

Плотность распределения айсбергов, или их количество на 1000 км² (рис. 2.3), соответствует основным закономерностям циркуляции атмосферы, поверхностных вод и льдов, их распределению, а также географическому положению основных участков ледникового побережья Антарктиды, продуцирующих айсберги.

Продолжительность существования айсбергов в антарктических водах в среднем составляет около 2 лет (при объеме айсбергового стока в океан 2,2 тыс.км²/год и общем объеме их в океане 4,7 тыс.км³).

2.3. Движение льда и айсбергов

Системы дрейфа

На генеральной схеме движения морских антарктических льдов можно выделить следующие системы дрейфа льда (рис.2.4).

В море Уэдделла (район 1) расположена циклоническая замкнутая система, что в сочетании с выдвигающимися к северу Антарктическим полуостровом и вдающейся в материк южной частью моря создает условия для формирования устойчивого скопления дрейфующих льдов, ядра Атлантического ледяного массива.

Обширная система с центром между 20 и 30° в.д. захватывает акватории морей Лазарева, Рисер-Ларсена (3) и Космонавтов (4) и по своему характеру в целом является выносной.

Между 50 и 125° в.д. расположена обширная система, центр которой находится в районе моря Моусона. Развитая западная периферия этой системы обуславливает вынос дрейфующих льдов из районов морей Содружества (5), Дейвиса (6) и восточной части моря Космонавтов (4) и способствует очищению этих морей от дрейфующих льдов, а также формированию благоприятных для плавания ледовых условий. Исключение составляет крайняя восточная часть этой циркуляционной системы, где в районе между 100 и 120° в.д. замкнутый характер дрейфа льдов способствует их скоплению.

В море Сомова (8) находится локальная замкнутая циркуляционная система, которая формирует устойчивое скопление дрейфующих льдов - Балленский ледяной массив. Западная ветвь этой циркуляции благоприятствует выносу льдов из района моря Д"Юрвила.

В море Росса (9) и на акватории, прилегающей к нему с востока (10), расположена двухцентровая циклоническая циркуляция. Небольшая замкнутая циркуляция в северной части моря Росса не оказывает существенного влияния на формирование ледовых условий, поскольку большую часть года она находится севернее зоны дрейфующих льдов. В целом характер дрейфа льда в море Росса благоприятен для его очищения. Система циркуляции в районе ст.Русская (10), к востоку от моря Росса, занимает более обширную площадь и способствует скоплению льдов между 160 и 130° з.д.

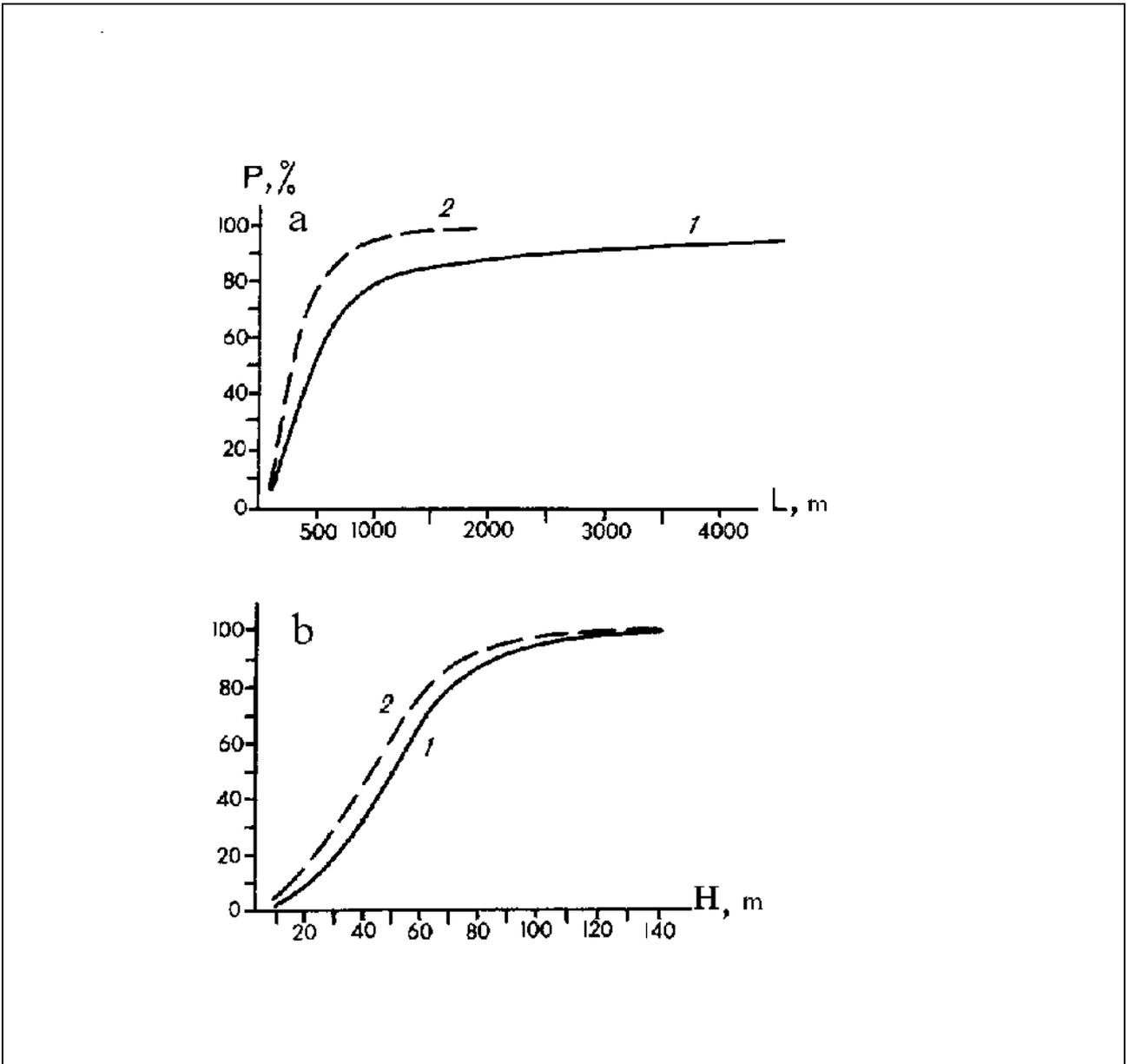


Рис.2.2 Вероятность длины (H, m) и высоты айсбергов (b, m) к югу (1) и северу (2) от $65^{\circ}50'0''$ ю.ш.

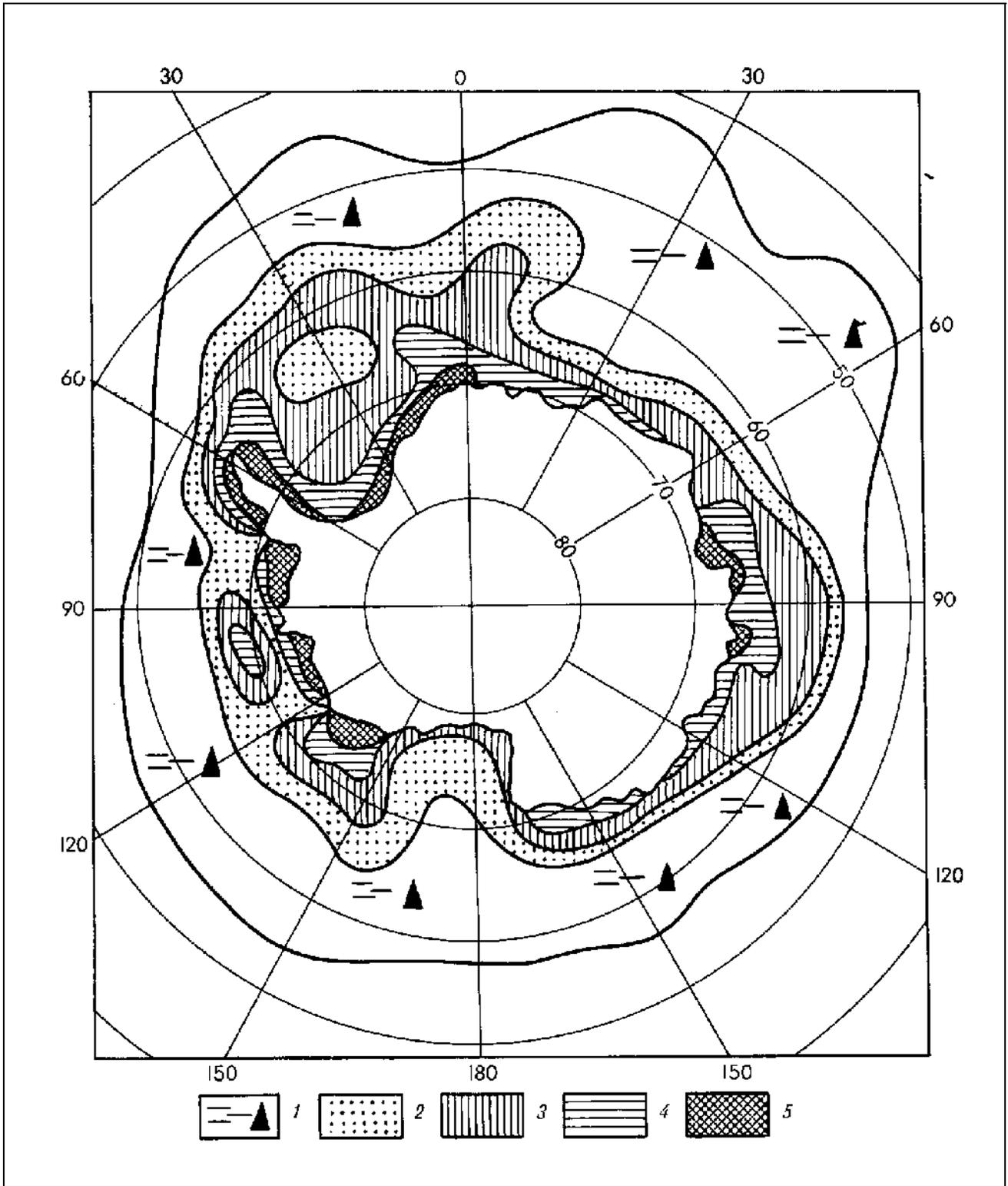


Рис.2.3 Плотность распределения айсбергов (количество на 10^3 км^2). Обозначения: 1 - 0-1, 2 - 2-3, 3 - 4-9, 4 - 10-14, 5 - 15 и более.

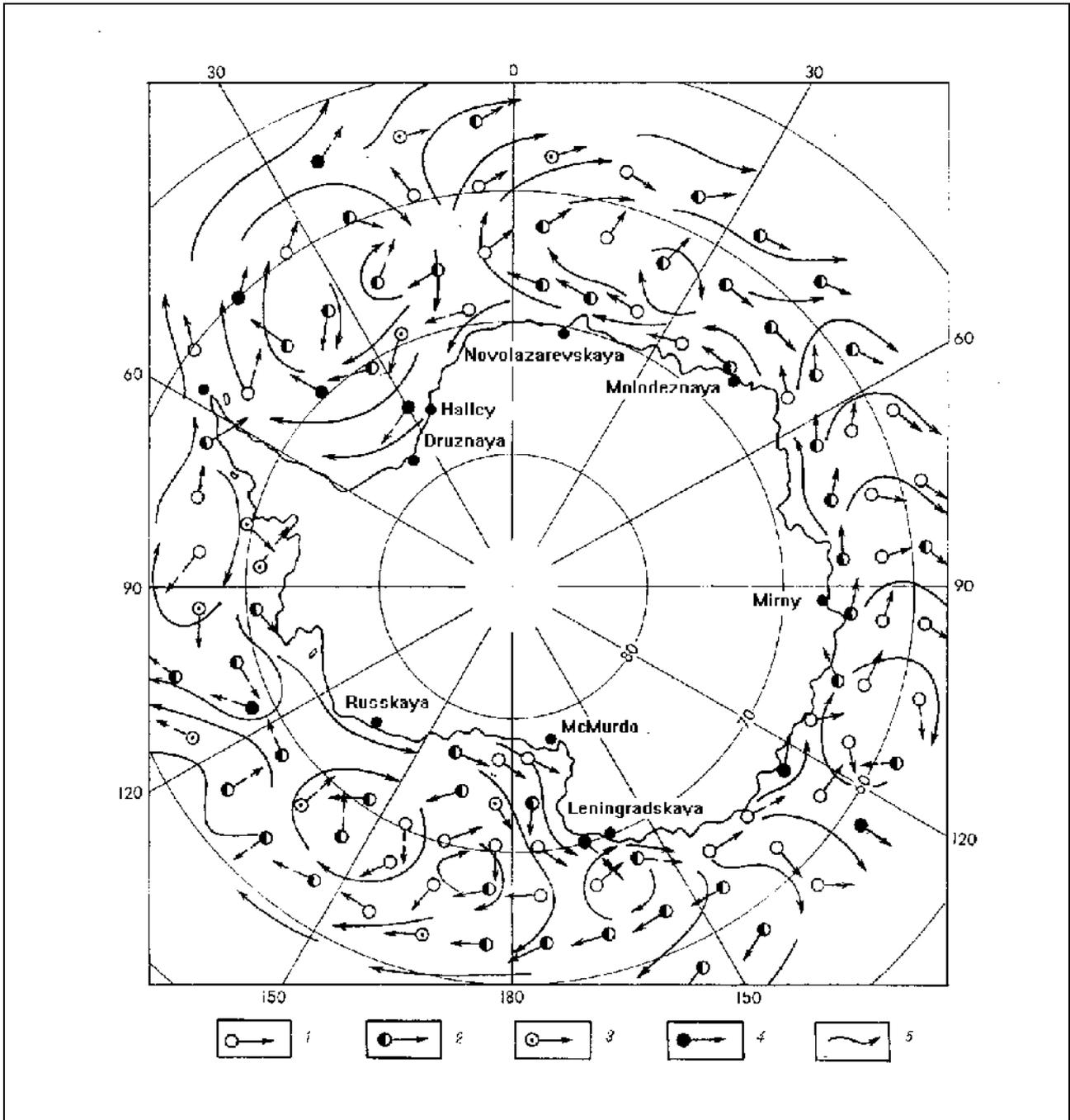


Рис.2.4 Схема дрейфа льда . Скорость дрейфа (м/сек): 1 - 0.01-0.05, 2 - 0.051-0.100, 3 - 0.101-0.150, 4 - 0.151-0.200, 5 - траектории дрейфа.

Система циркуляции, захватывающая акватории морей Амундсена и Беллинсгаузена, практически полностью замкнута. Однако ее северная периферия находится за пределами сезонного распространения дрейфующих льдов и поэтому не оказывает существенного влияния на формирование Тихоокеанского ледяного массива. наиболее значительный вынос льдов в этой об-

ласти существует в районе 130° и 100-90° з.д.

Зоны вероятного скопления и разрежения льда

Зоны наиболее вероятного скопления льдов расположены в морях Уэдделла, Беллинсгаузена и Амундсена, а также в море Сомова (рис.2.5). Положение этих зон

соответствует районам развития ледяных массивов: Атлантического, Тихоокеанского и Балленского. Небольшие по размерам зоны конвергенции дрейфа существуют в западной части моря Космонавтов (30-

40°в.д.) и море Моусона (100-130°в.д.), которые определяют образование локальных скоплений льдов.

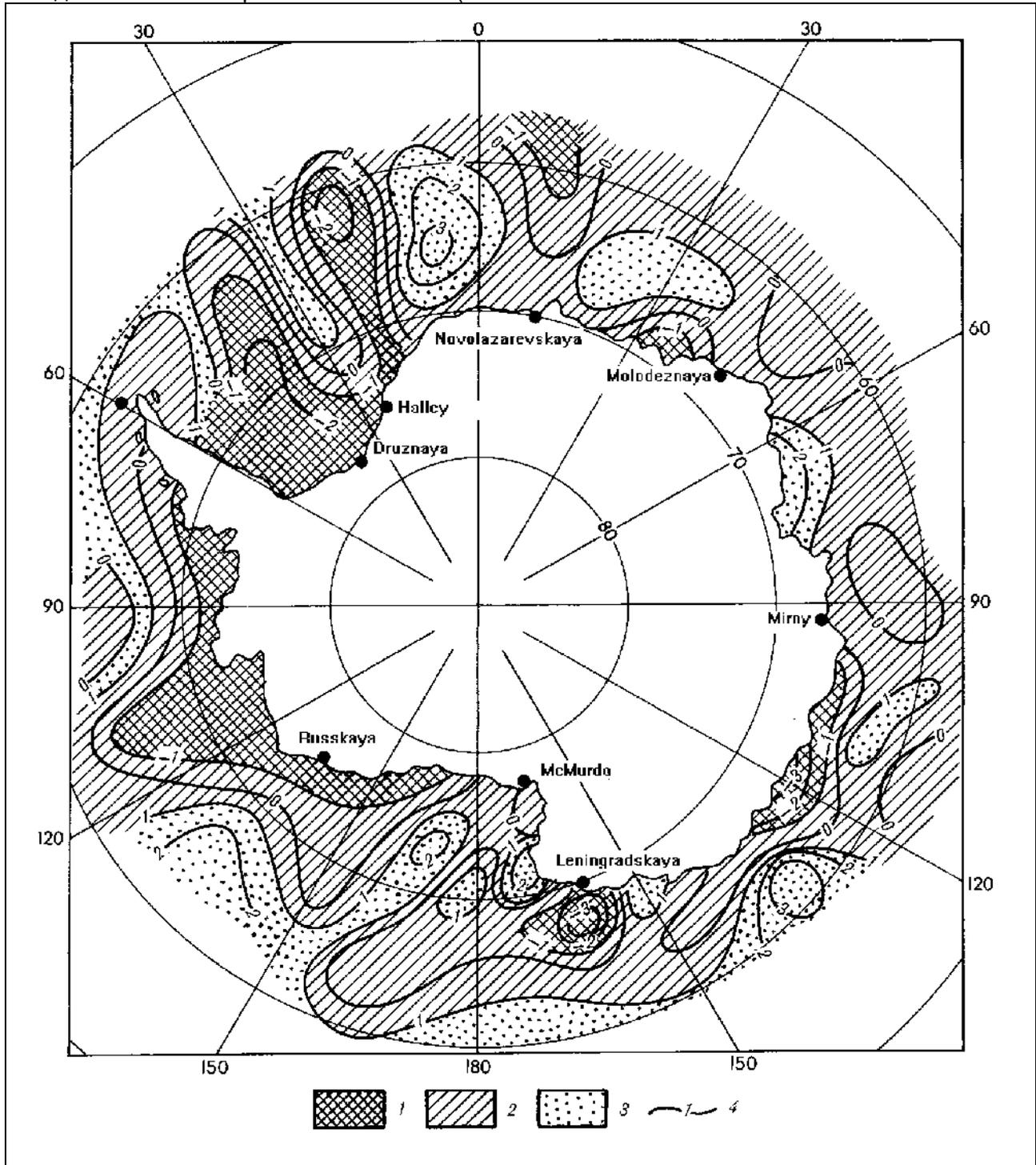


Рис.2.5 Положение зон вероятного скопления и разрежения льда. 1 - сплочение, 2 - нейтральные зоны, 3 - разрежение, 4 - значения вергенции

Наиболее значительные зоны разрежения льдов расположены в центральной части Атлантического сектора (район 2), в морях Содружества и Росса, в его центральной и западной части. Эти акватории

морей хорошо известны как сравнительно малоледовитые и благоприятные по условиям плавания. Следует отметить наличие зоны дивергенции льда в Тихоокеанском секторе между 120 и 150°з.д., которая ока-

зывает весьма существенное влияние на формирование условий плавания в этом районе. Положение систем дрейфа льда совпадает с районами стационарирования климатических циклонов.

Скорость дрейфа льда

Минимальные скорости дрейфа (0,05 м/с) наблюдаются в средней зоне северного и северо-восточного дрейфа, которая по существу является зоной раздела западного и восточного дрейфа. Осевая линия этой зоны соответствует как положению антарктического атмосферного фронта, так и положению антарктической дивергенции. В зонах западного прибрежного и восточного океанического дрейфа скорости дрейфа льда максимальны (0,07 и 0,08 м/с соответственно), поскольку эти зоны находятся под

воздействием южной и северной периферии циклонов антарктического фронта.

Устойчивость направления дрейфа льда также находится в соответствии с характером циркуляции атмосферы. Максимальная устойчивость наблюдается в прибрежной зоне западного дрейфа и в зоне восточного дрейфа (коэффициент устойчивости 0,5-0,7), минимальная - в переходной зоне северного и северо-восточного дрейфа (0,3-0,5). Под коэффициентом устойчивости понимается отношение скорости результирующего дрейфа к средней скорости дрейфа.

Расчетные значения векторов дрейфа льда хорошо согласуются с величинами скоростей и направлений вынужденных дрейфов судов в Южном океане (табл.2.6).

Таблица 2.6 Основные сведения о вынужденных дрейфах судов в антарктических льдах

СУДНО	РАЙОН	ПЕРИОД	МЕСТО НАЧАЛА И ОКОНЧАНИЯ ДРЕЙФА		ПРОТЯЖЕННОСТЬ ДРЕЙФА, КМ		СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ДРЕЙФА, М/С	
			широта	долгота	общая	по прямой	общая	по прямой
«Бельжика»	Море Беллингаузена	02.03.1898-10.03.1899	71°30 70°50	82°15'W 102°15'W	3070	600	0.10	0.02
«Дойчланд»	Море Уэдделла	08.03.1912-26.11.1912	73°40 63°42	31°00'W 36°20'W	2940	1134	0.13	0.05
«Эндьюренс»	Море Уэдделла	10.01.1915-09.04.1916	76°34 61°56	31°30'W 54°05'W	3268	1728	0.09	0.04
«Аврора»	Море Росса и Балленский ледяной массив	06.05.1915-12.02.1916	77°38 64°49	166°24'E 152°40'E	2144	1440	0.09	0.06
«Обь»	Балленский ледяной массив	23.04.1973-22.07.1973	68°05 64°54	156°39'E 160°32'E	1015	673	0.13	0.09
«Михаил Сомов»	Балленский ледяной массив	02.02.1977-26.03.1977	68°48 67°19	156°39'E 152°19'E	452	380	0.09	0.04
«Михаил Сомов»	Тихоокеанский ледяной массив	15.03.1985-26.07.1985	74°21 74°54	135°10'E 153°03'E	997	517	0.09	0.05

Дрейф айсбергов

Движение айсбергов, глубоко погруженных в воду, отражает суммарное воздействие ветра и результирующего течения от поверхности до глубины погружения айсбергов. Вследствие развития дрейфовых течений до значительных глубин движение айсбергов в антарктических водах согласуется с генеральной схемой движения поверхностных вод и льдов.

Существуют значительные региональные, сезонные и межгодовые различия в скоростях движения айсбергов. Так, средняя скорость дрейфа айсбергов в Атлантическом секторе (0,18 м/с) в 1,4 раза превышает наблюдаемую в Индийском (0,13 м/с) и в 1,6 раза в Тихоокеанском (0,11 м/с).

В Атлантическом секторе океана скорости айсбергов отличаются не только большими значениями, но и четко выраженной сезонной и межгодовой изменчивостью. Так, от лета к зиме наблюдается увеличение скорости дрейфа айсбергов в 2,0 раза. Межгодовые различия в летний период не выражены, но в зимний период они могут быть весьма значительными и сопоставимы с сезонными изменениями.

В Индийском и Тихоокеанском секторах сезонная и межгодовая изменчивости скорости дрейфа выражены менее значительно. В Индийском секторе скорость дрейфа меняется от лета к зиме в 1,4, в Тихоокеанском - в 2,0 раза. В межгодовом плане различий в скорости дрейфа айсбергов в Индийском секторе не обнаружено, в Тихоокеанском они могут меняться от года к году в 1,5 раза.

2.4. Ледяные массивы

Как уже отмечалось, физико-географические и климатические факторы определяют формирование в Южном океане трех ледяных массивов: Атлантического, Тихоокеанского и Балленского. Большую роль в их развитии и динамике в навигационный период играют особенности движения морских льдов и их таяния в весенне-летний период. Смещение границы сплоченных льдов в результате весенне-летнего разрушения полностью характеризует положение и динамику ледяных массивов в навигационный период (Приложение 5, рис.5.1; Приложение 6, рис.6.1-6.5).

Выделение ледяных массивов в самостоятельные ледовые образования происходит в различные периоды (табл.2.7). При максимальном развитии ледяного покрова этот процесс заканчивается в январе, при среднем - в декабре, при минимальном - в ноябре.

Атлантический

Выделение Атлантического ледяного массива в самостоятельное ледовое образование происходит вследствие интенсивного разрушения льда, которое протекает в центральной части Атлантического сектора (район 2). Интенсивность разрушения льда в этом районе обусловлена наличием обширной зоны дивергенции и мощного выносного потока льда на север на западной периферии циклонического круговорота. Другим важным фактором является тепло океанических вод, поступающее с севера в результате ответвления АЦТ, входящего в систему круговорота Уэдделла и развитого апвеллинга в районе поднятия Мод. В результате, в районе 2 в течение одного месяца с декабря по январь от дрейфующих льдов освобождается огромная акватория площадью 1,20 млн.км². Площадь Атлантического массива в среднем сокращается почти в 2 раза.

В последующий период Атлантический ледяной массив занимает устойчивое положение вдоль восточного побережья Антарктического полуострова. В сезонном и межгодовом плане положение его стабильно, наблюдаются различия только в его размерах.

Тихоокеанский

Выделение Тихоокеанского ледяного массива обусловлено интенсивным таянием льда в море Росса, где развита дивергенция льдов и формируется полынья. Этому способствует мощный вынос дрейфующих льдов в западной части циклонического круговорота. Здесь процесс очищения по своей интенсивности соизмерим с наблюдаемым во 2 районе Атлантического сектора. Площадь льда с декабря по январь сокращается в море Росса на 1,26 млн.км², площадь Тихоокеанского ледяного массива уменьшается в среднем в 2,3 раза.

Сезонная и межгодовая изменчивость Тихоокеанского ледяного массива имеет свои региональные особенности. В Тихоокеанском массиве наиболее ста-

бильное положение занимает его центральная и восточная части, в морях Амундсена и Беллинсгаузена. Положение западной периферии массива, расположенной в районе 10, испытывает существенные сезонные и межгодовые колебания. При развитии выносного потока льдов на западной периферии циклонической циркуляции в районе ст.Русская (10) западная часть массива занимает северное положение, при его ослаблении - южное.

Северный вариант положения массива наблюдается редко, с вероятностью

около 20%, и он наиболее реален при минимальном развитии массива.

При южном положении массива его западная часть располагается у побережья и блокирует подходы к ст.Русская. Дальнейшая эволюция массива в процессе его разрушения происходит под влиянием зон дивергенции и развития прибрежных полыней, в результате чего происходит разделение массива на три части, которое непродолжительно и прекращается в связи с началом ледообразования.

Таблица 2.7 Площади антарктических ледяных массивов

Площадь, млн.км ²	Месяцы				
	XI	XII	I	II	III
Атлантический					
Максимальная			1.49	1.07	1.53
Средняя		2.41	1.21	0.93	1.11
Минимальная	2.71	1.70	0.91	0.62	0.88
Амплитуда			0.58	0.45	0.65
Тихоокеанский					
Максимальная			1.60	1.24	2.07
Средняя		2.76	1.50	0.86	1.77
Минимальная	3.66	2.26	0.57	0.56	1.45
Амплитуда			1.05	0.68	0.62
Балленский					
Максимальная			0.29	0.24	0.28
Средняя			0.23	0.19	0.21
Минимальная	0.50	0.26	0.14	0.13	0.15
Амплитуда			0.15	0.11	0.14

Балленский

Балленский ледяной массив значительно уступает по площади Атлантическому и Тихоокеанскому и его положение сравнительно стабильно как в сезонном, так и в многолетнем плане.

Образованию Балленского ледяного массива во многом способствуют гидрографические особенности моря Сомова, в первую очередь, выступающие на север в его западной части выводные ледники Нинниса и Мерца, к северо-востоку от которых расположены обширные мелководья с глубинами менее 500 м, простирающиеся до 66° ю.ш. Эти мелководья являются местами скопления айсбергов, сидящих на грунте, и

образуют естественную преграду для западного прибрежного потока дрейфующих льдов. К востоку от 145° в.д. образуется застойная зона крайне ограниченного ледообмена с соседними районами. На положение восточной границы массива оказывает влияние гряда островов Баллени, ориентированная в направлении на северо-запад.

Западная граница массива обычно проходит по 145° в.д., северная - по 65° ю.ш. и восточная - от островов Баллени опускается на юг к мысу Адэр. Положение западной границы массива наиболее стабильно как в межгодовом, так и в сезонном плане. Межгодовые изменения в положении северной границы массива на меридиане

станции Ленинградская находятся в пределах $64^{\circ}00'$ - $67^{\circ}30'$ ю.ш., т.е. около 500 км. При этом положение северной границы западной части массива летом меняется весьма незначительно, и смещение границы массива к югу не превышает 100 км. Возможно даже незначительное смещение кромки к северу за счет приноса льдов с востока и увеличения в связи с этим площади массива в его западной части.

Восточная граница Балленского ледяного массива в различные годы и в течение навигационного периода существенно изменяет свое положение. При ослабленной адвекции из моря Росса она занимает крайнее западное положение и площадь массива минимальна, при усилении адвекции граница смещена на запад и массив развивается в своих максимальных границах. Хотя многолетние колебания восточной границы сравнительно невелики, около 200 км, они оказывают заметное влияние на условия плавания в районе ст. Ленинградская.

Структура ледяных массивов

Наименее изученным в настоящее время и, пожалуй, открытым является вопрос о количестве двухлетних и многолетних льдов в Южном океане.

Как было показано во второй главе, количество остаточных льдов к началу следующего цикла ледонакопления составляет в среднем $3,2$ млн.км², из них $2,0$ млн.км² приходится на ледяные массивы, в основном Атлантический и Тихоокеанский. Учитывая, что длительность процесса обновления льдов в этих массивах не превышает двух лет, можно полагать, что остаточные льды в антарктических ледяных массивах представлены, главным образом, двухлетними льдами. Их количество на период максимального развития ледяного покрова в годовом цикле составляет около 10%, причем основная их часть расположена в прибрежной зоне.

Условий для образования многолетних льдов среди дрейфующих в Южном океане практически нет. Их происхождение связано, главным образом, со взломом многолетнего припая, образующегося в укрытых заливах и бухтах.

К сожалению, непосредственных измерений толщины ледяного покрова, слагающего ледяные массивы, и других его параметров очень мало. По данным американских исследователей толщина льда в Атлантическом ледяном массиве характеризуется следующим образом: толщина льда менее 100 см составляет 33% от общего количества измерений, 160-320 см - около 45%, 320 см - 17%. Измерения толщины многолетнего льда, выполненные во время дрейфа НЭС "Михаил Сомов" во льдах Тихоокеанского ледяного массива зимой 1985 г., близки к указанным значениям.

К настоящему времени процессы нарастания и таяния льда в антарктических ледяных массивах практически не изучены. Существует мнение, что уменьшение толщины льда в массивах за счет таяния не происходит, а преобладает аккумуляция льда, которая за год может составлять 0,5-1,5 м.

Как следствие динамических процессов торосистость дрейфующих льдов в ледяных массивах составляет 2-3 балла, высота торосов может достигать нескольких метров.

2.5. Припай

Припай является самым консервативным элементом ледяного покрова. Ежегодно он развивается примерно в одних и тех же границах (рис.2.6), повторяя характерные очертания мелководной области шельфовой зоны, где роль сидящих на мели айсбергов в формировании устойчивости припая исключительно велика.

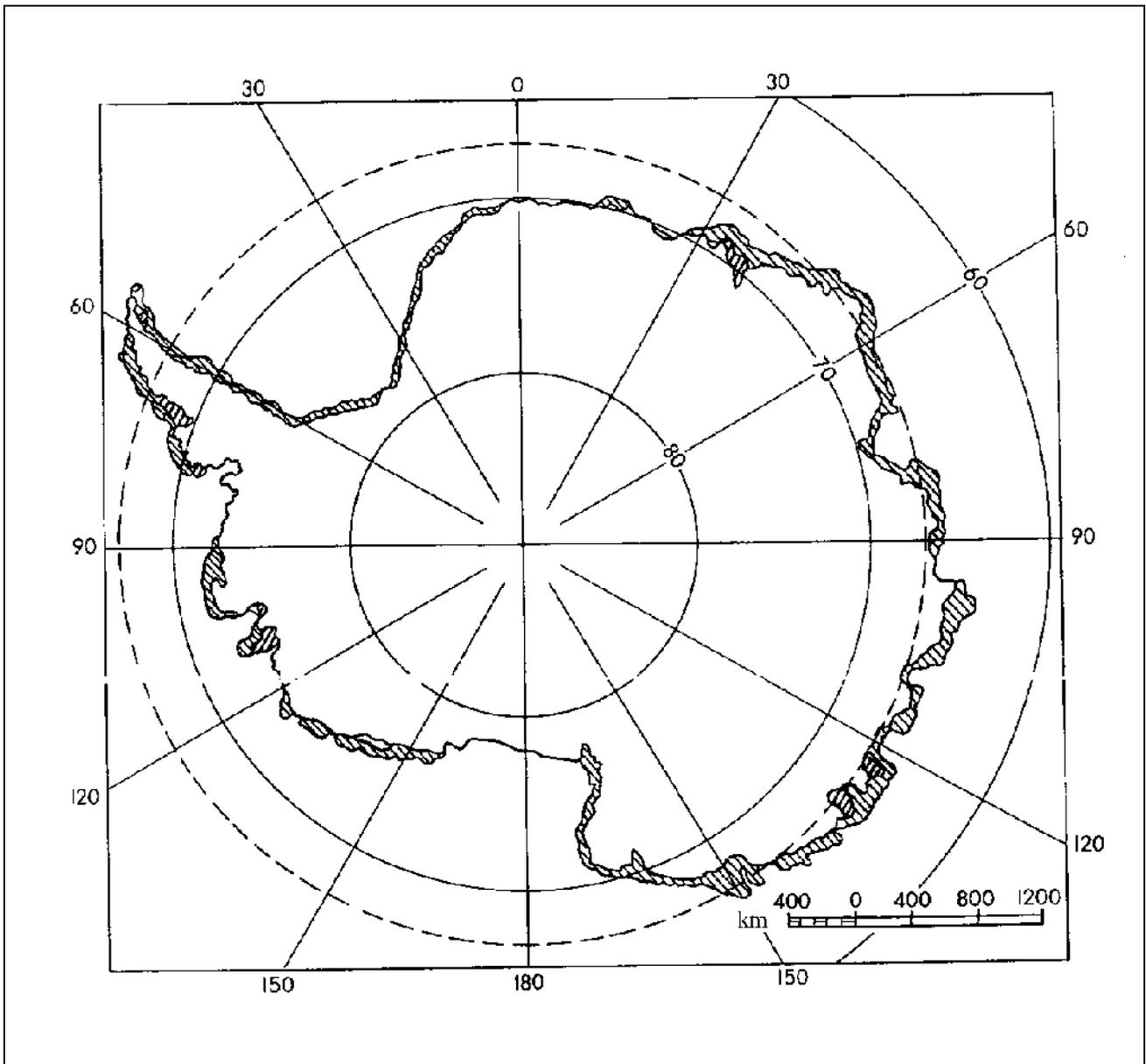


Рис.2.6 Развитие припая у антарктического побережья

Развитие и разрушение

Антарктический припай развит незначительно, его ширина у берегов Антарктиды составляет 30-50 км, изменяясь от 2 до 100 км. В отдельных случаях антарктический припай простирается в океан на значительные расстояния, образуя своеобразные припайные полуострова. Например, в районе ледника Нинниса ширина припая по 150°в.д. достигает в сентябре 270 км.

Сроки начала ледообразования и последующего развития припая определяются широтным положением прибрежного района, наличием или отсутствием остаточных льдов. Так, у южного побережья моря Уэдделла, где очищения моря от льда практически не происходит, ледообразование начинается обычно в феврале, а в море Рос-

са, которое очищается от льдов ежегодно, ледообразование начинается почти на месяц позже. Процесс становления припая может быть очень длительным и исчисляться месяцами вследствие постоянного воздействия штормовых ветров и волн зыби, приходящих из океана к берегам Антарктиды.

Как правило, становление припая совпадает с периодами относительного ослабления скорости ветра в прибрежной зоне. Припай у берегов Антарктиды в среднем устанавливается при толщине льда 20-40 см. В дальнейшем вместе с нарастанием толщины припая происходит и его распространение к северу, которое сопровождается постоянным разрушением его прикромочной зоны под действием ветра и волне-

ния. Лишь в октябре положение кромки припая стабилизируется и она находится на максимальном удалении от берега. В среднем достижение припаем максимальной толщины приходится на ноябрь. Межгодовые различия в ее значениях значительны. Так, толщина припая в море Дейвиса на период его максимального нарастания меняется от 140 до 180 см при средней величине 160 см, в районе моря Космонавтов - от 105 до 140 см при средней величине 120 см.

Как уже отмечалось, интенсивность таяния антарктического припая сверху весьма незначительна, большая часть солнечной энергии идет на внутреннее разрушение льда. Уменьшение толщины припая за декаду в среднем не превышает 5-6 см от начала таяния до его взлома, изменяясь от 3 см в начале до 10 см в конце. В районах с отрицательным радиационным балансом уменьшение толщины припая очень невелико и припай часто взламывается под действием динамических факторов.

Весенне-летнее разрушение антарктического припая начинается у кромки и распространяется к берегу. Интенсивность взлома весьма различна, поскольку определяется целым комплексом динамических и термических факторов, состоянием припая (толщиной, наличием трещин, айсбергов), а также шириной пояса дрейфующих льдов, который гасит приходящие с океана волны зыби.

Такое многообразие факторов, способствующих разрушению припая, и сложный характер их взаимодействия обуславливают значительные амплитуды в сроках его взлома. В отдельных районах в весенне-летний период отмечается одновременное разрушение припая как в его мористой части, так и непосредственно у берега.

Максимального развития антарктический припай достигает в октябре. С ноября начинается его разрушение и продолжается вплоть до марта, причем наиболее интенсивен этот процесс в январе-феврале в связи с резким сокращением пояса дрейфующих льдов и более свободным проникновением волн зыби к берегам Антарктиды. Наиболее развит антарктический припай в Тихоокеанском секторе, достаточно хорошо в Индийском и незначительно в Атлантическом.

Толщина

Формирование толщины антарктического припая имеет свои особенности, обусловленные, главным образом, своеобразным характером пространственно-временного распределения снежного покрова на нем. Обычно скорость нарастания льда обратно пропорциональна высоте снежного покрова. В антарктических условиях вследствие большой аккумуляции снега на льду и нарастания льда сверху (образование зимнего конжеляционного льда) зависимость между толщиной льда и высотой снега становится более сложной. Кроме того, формирование снежного покрова на антарктическом припае происходит в условиях горизонтального переноса снега под действием стокового ветра, что оказывает значительное влияние на распределение снежного покрова и, следовательно, на толщину льда.

В прибрежной зоне припая шириной около 15 км влияние снежного покрова на толщину льда проявляется через его теплоизолирующие свойства, т.е. наблюдается обратная зависимость между значениями высоты снега и толщины льда. В мористой зоне припая, особенно в районе кромки, зависимость между этими параметрами приобретает более сложный характер.

Вплоть до сентября влияние снежного покрова на нарастание льда проявлялось в основном через его теплоизолирующие свойства. В сентябре-октябре при толщине льда естественного нарастания около 100 см происходит притапливание прикромочной части припая за счет большого количества снега на льду и образование инфильтрационного льда. Толщина припая в прикромочной зоне увеличивается к концу ноября до 120-150 см, в зависимости от высоты снежного покрова. Понятно, что возможны отклонения от изложенной схемы в зависимости от гидрометеорологических условий конкретного района, количества выпадающих осадков и других факторов.

Характер распределения толщины антарктического припая в целом подчиняется нормальному закону с поправкой на асимметрию и эксцесс. Основные статистические характеристики практически постоянны. Так, среднеквадратическое отклонение (σ) находится в пределах 27-30 см, коэффициенты асимметрии (А) 0,6-0,9 см, эксцесса (Е) незначительно колеблются около нуля. Различия заключаются лишь в средних значениях толщины припая, которые

зависят от режимных особенностей каждого района.

Распределение высоты снежного покрова характеризуется значительно большей неравномерностью, чем распределение толщины припая, и кривые распределений в различных районах существенно отличны по своему характеру: от островершинных ограниченных до близких к нормальным. То же самое относится и к межгодовой изменчивости высоты снежного покрова, значения которой колеблются от 50 до 110 см.

Специфические особенности

Необходимо отметить следующие специфические особенности антарктического припая.

Это, во-первых, наличие в припае вмерзших айсбергов, как правило, сидящих на грунте. В осенне-зимний период они благоприятствуют развитию припая и в то же время ослабляют его прочность, способствуя образованию трещин. В весенне-летний период, когда лед ослаблен, некоторые айсберги, не сидящие на грунте, начинают дрейфовать под влиянием ветра и течений и взламывают припай.

Во-вторых, антарктический припай характеризуется большим количеством трещин, которые наблюдаются в течение всего периода существования припая. Ширина их различна, от нескольких сантиметров до нескольких метров, и в летний период может достигать 10-15 м.

Трещины в припае образуются под действием приливо-отливных явлений, волн, зыби, а также в результате местных деформаций, возникающих под действием ледников, сползающих в море с различной скоростью. Трещины располагаются в основном вдольбереговой черты, около островов и айсбергов, сидящих на грунте.

Важной характеристикой антарктического ледяного покрова, имеющей большое прикладное значение, являются его физико-механические свойства.

В зимний период физико-механические свойства антарктических и арктических льдов, в том числе и прочность, близки между собой. С наступлением весенне-летнего прогрева в связи со слоистостью ледяного покрова, развитием в толще льда диатомовых водорослей, особенностями радиационного и теплового режима, в антарктических льдах интенсивно развиваются процессы их внутреннего раз-

рушения, что приводит к резкому уменьшению прочности. Прочность антарктических льдов в летний период в два раза меньше прочности арктических, что определенным образом влияет на условия плавания судов в антарктических льдах.

2.6. Полыньи

Полыньи являются наиболее значительным явлением в ледовом режиме Южного океана. Они оказывают существенное влияние на формирование гидрометеорологического и ледового режима прибрежных антарктических морей.

С точки зрения антарктического судоходства значение полыней трудно переоценить. Достаточно сказать, что развитие полыней в районах Атлантического, Тихоокеанского и Балленского ледяных массивов во многом определяет возможности подхода судов к берегам Антарктиды, блокируемым этими массивами.

Можно утверждать, что без знания основных закономерностей развития полыней; без их учета при планировании и осуществлении антарктического плавания невозможно рассчитывать на его успешное и безопасное завершение.

Понятия и критерии

В дополнение определения полыньи, как явления, необходимо привести следующие понятия и критерии.

Толщина молодого льда, равная 10 см, принята за критерий, позволяющий относить зоны таких льдов к категории полыней, т.к. при этом значении происходит резкое сокращение отепляющего эффекта океана и значительное уменьшение скорости движения судна, а при наличии остаточных льдов сроки достижения молодым льдом 10 см могут служить критерием окончания навигации.

Полынья, как пространство абсолютно чистой воды среди льда, сохраняется относительно непродолжительное время, преимущественно летом. В качестве критерия оформления полыньи нами принято разрежение дрейфующих льдов до 3 баллов и менее среди более сплоченных. Существенно, что в навигационном плане характер движения судна во льду указанной сплоченности принципиально не отличается от плавания по чистой воде. Плавание во льду

сплоченностью 1-3 балла аналогично плаванию в айсберговых водах.

Важное методическое значение имеет и то обстоятельство, что процессы перехода ниласовых льдов в категорию серых в осенне-зимний период и разрежение льдов до сплоченности 1-3 балла достаточно уверенно фиксируются при анализе спутниковой информации.

Не менее важное методическое значение имеет и определение минимального размера полыней. Исходя из разрешающей способности современной спутниковой аппаратуры и реальных возможностей последующего картирования полыней, за нижний предел их размеров принято значение площади 25 км² (5х5 км). Полынья, как явление, фиксируется при условии ее сохранения не ниже указанных размеров.

Таким образом, полыней классифицируется устойчивое обширное пространство чистой воды, начальных видов льда, ниласа любой сплоченности, а также зона редкого льда более старших возрастных видов среди ледяного покрова сплоченностью свыше 3 баллов, либо между ним и побережьем.

Критерий стационарности также требует уточнения. Под стационарными понимаются полыньи, появляющиеся ежегодно в одном и том же месте.

В данном пособии к категории стационарных отнесены полыньи, наблюдаемые с вероятностью 50% в течение не менее одного месяца как в весенне-летний, так и осенне-зимний периоды. Указанное временное уточнение позволяет более определенно классифицировать полыньи как важный элемент навигационной обстановки при планировании и научно-оперативном обеспечении антарктического мореплавания.

По району образования и положению антарктические полыньи подразделяются на следующие виды: полыньи открытого моря, образующиеся среди дрейфующих льдов, припайные и прибрежные. Последние иногда подразделяются на прибарьерные и приледниковые, в зависимости от характера береговой черты Антарктиды.

Присутствие зачастую всех морфологических типов берегов даже на ограниченном по протяженности отрезке антарктического побережья практически исключает возможность подобной однозначной классификации прибрежных полыней. Закономерным результатом эволюции преобладающего

большинства полыней является их переход из прибрежных в стадию припайных с момента установления припая и возвращение их к прежней категории после взлома припая. применительно к стационарным полыням припай следует рассматривать как естественное продолжение антарктического побережья. Принимая во внимание также относительно небольшую ширину антарктического припая, представляется правомерным объединение прибрежных и припайных полыней в один вид под общим названием прибрежных.

Другим важным обстоятельством является то, что только прибрежные полыньи и могут быть стационарными, поскольку необходимым условием продолжительной пространственно-временной устойчивости полыньи является наличие у нее твердой границы, роль которой выполняет припайно-ледниковая береговая черта. Исходя из этих общих соображений, логически обоснованным выглядит отождествление терминов прибрежные и стационарные полыньи и использование их как синонимов.

Общее описание

В настоящее время у берегов Антарктиды выявлено 110 стационарных полыней (Приложение 7, Приложение 8, рис.8.1-8.15).

Стационарные полыньи начинают формироваться в сентябре, их общая площадь вокруг припайно-ледникового побережья Антарктиды составляет около 0.05 млн.км².

Максимального суммарного развития полыньи достигают в январе, занимая в среднем 1,1 млн.км², или около 25% от площади распространения ледяного покрова (рис. 2.7, табл.2.8). Сокращение вдвое площади полыней в феврале связано в основном с соединением наиболее крупных из них с водами открытого океана.

Основной вклад в суммарную площадь полыней Южного океана (80%) вносят полыньи, развивающиеся в Атлантическом и Тихоокеанском секторах. Это обеспечивается, главным образом, за счет развития двух гигантских полыней: в море Росса и вдоль юго-восточного побережья моря Уэдделла, распространяющихся в это время на акватории соответственно в 0,55 и 0,13 млн.км².

В последующие осенние месяцы размеры полыней уменьшаются сравнительно медленно и приближаются к сентябрьскому

уровню в мае. К началу зимы происходит исчезновение большинства стационарных полыней.

Межгодовая изменчивость антарктических стационарных полыней достигает порядка их средних значений. Экстремальным проявлением этого может быть полное отсутствие некоторых полыней в отдельные месяцы навигационного периода. Максимальные и соразмеримые по величине колебания испытывают наиболее крупные полыни морей Уэдделла и Росса. Амплитуда их составляет около 100 тыс.км², тогда как по другим районам не превышает 20 тыс.км².

Классификация

В основу классификации положены причины образования полыней, или основные природные факторы:

- тепловые: интенсивная аккумуляция солнечной энергии в весенне-летний период, тепло глубинных вод в зонах ап-

пвеллинга, что приводит к мощному таянию льда в зоне расположения полыней;

- динамические: усиление выноса льда из прибрежной зоны за счет повышения интенсивности атмосферной циркуляции как весной после достижения ледяным покровом в своем развитии зимнего максимума, так и осенью в результате быстрого смещения кромки льда к северу в период интенсивного ледообразования.

Существенное влияние на характер развития и даже численность полыней оказывает конфигурация береговой черты Антарктики и ее изменения, связанные с динамикой ледникового покрова.

Классификация антарктических стационарных полыней по сезонной ритмике развития включает три типа и два подтипа полыней, подразделяющихся в общей сложности на 16 разновидностей.

Таблица 2.8 . Средние значения показателя развития полыней основных типов и подтипов в течении навигационного сезона.

ТИПЫ И ПОДТИПЫ	ПАРАМЕТРЫ					
	Площадь, тыс км	Протяженность, км	Ширина, км	Продолжительность стабильного периода		
«Критическая» ширина, км				Продолжительность, месяцы	Вероятность, %	
Тепловые, Т	12.0	170	45	40	2 (I-II)	75
Тепловой смешанный, ТС	4.0	145	30	25	3 (XII-II)	80
Смешанный, С	3.0	145	20	15	5 (XI-III)	90
Динамический смеш., ДС	1.5	95	15	15	3 (XII-II)	80
Динамический, Д	1.0	75	10	15	2 (XI,III)	70

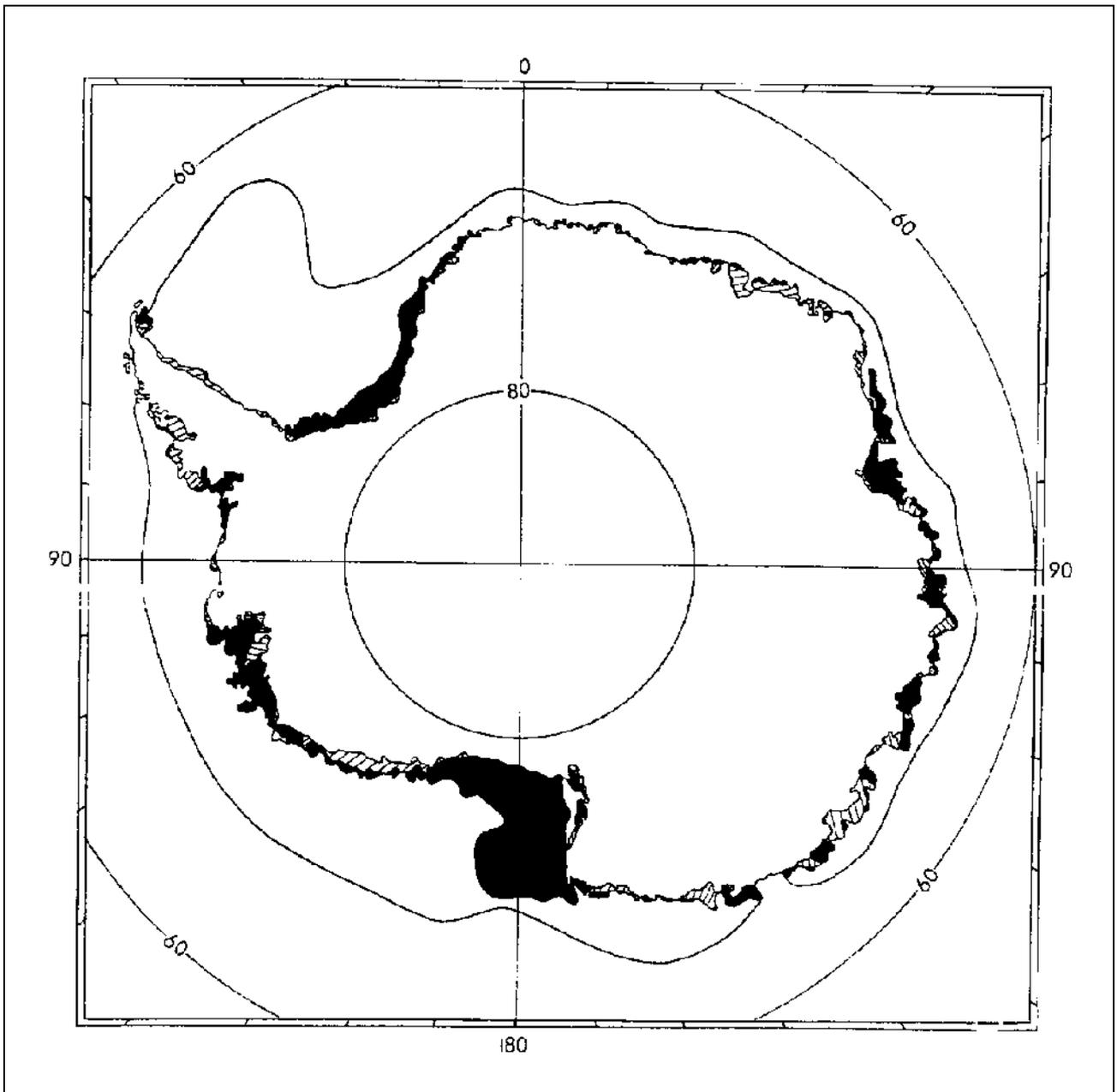


Рис.2.7 Положение кромки льда, полыней и припая в январе

Тепловой (Т) и динамический (Д) типы обязаны доминированию в развитии соответствующих факторов. Смешанный С-тип характеризуется сбалансированным участием обоих факторов. Вследствие этого смешанные полыньи отличаются более плавным характером претерпеваемых изменений, повышенной устойчивостью и продолжительностью существования. Подтипы ТС- и ДС-полыней объединяют вариации сезонной ритмики, в формировании которых степень участия тепловых и динамических процессов изменяется между уровнями преобладания и равенства.

Наибольшими размерами обладают Т-полыньи, превосходящие по площади ТС-,

С-, ДС- и Д-полыньи в несколько раз. На периоды максимального распространения это преимущество возрастает примерно вдвое, что обеспечивает их решающий вклад в суммарную площадь антарктических полыней. Изменения протяженности, ширины и устойчивости полыней происходят в основном синхронно с изменениями площади. В летний период за исключением тепловых наблюдается локализация всех остальных полыней, проявляющаяся в подтипе ТС и С-типе в стабилизации, а у ДС- и Д-полыней - в непосредственном сокращении протяженности. От весны к лету происходит изменение генеральной направленности развития полыней с широтной на ме-

ридиональную с обратной сменой осенью. Наибольшая протяженность полыней отмечается в ноябре-декабре, когда они в среднем распространены вдоль 65% припайноледникового побережья Антарктиды.

Кроме прибрежных стационарных полыней в антарктическом ледовом поясе эпизодически появляются полыньи открытого моря. Самая крупная и устойчивая из них, получившая название полынья Уэдделла, образуется вблизи поднятия Мод (65° ю.ш., 3° в.д.). Повышенный интерес к полынье Уэдделла возник после ее обнаружения на протяжении трех зимних периодов 1974-1976 гг. по данным спутниковых микроволновых наблюдений. Полынья занимала 100-300 тыс.км² и отличалась постоянством формы, вытянутой в зональном направлении. Центр ее находился примерно на 67° ю.ш., 0° в 1974 г.; 67° ю.ш., 15° з.д. в 1975 г. и 68° ю.ш., 20° з.д. в 1976 г.

Главная причина образования полыньи Уэдделла заключается в мощном тепляющем воздействии океана в области к западу от поднятия Мод. Следствием тепляющего эффекта является сдерживание в данном районе начала устойчивого ледообразования в среднем до июня и его ослабленный характер в последующие зимние месяцы.

С активным участием тепла глубинных вод в вытаивании ледяного покрова связано также образование беспрецедентной по своим размерам полыньи в море Росса. Эта полынья представляет уникальное сочетание прибрежной полыньи с полыньей открытого моря, термических и динамических факторов ее развития.

2.7. Межгодовая изменчивость

Наиболее существенным затруднением в изучении межгодовой и тем более многолетней изменчивости ледяного покрова является отсутствие необходимых данных, характеризующих ледовитость Южного океана в целом за длительный период.

Поскольку данные о ледовитости Южного океана ограничены 1966 г., предпринимались попытки оценить ее изменчивость на более длительной временной шкале. Для этой цели использовались отрывочные сведения о положении кромки дрей-

фующих льдов по данным судовых наблюдений.

Так, Г.Кукла и Г.Гэвин, сравнивая средние значения положения кромки льда в Южном океане за 1973-1980 гг. с наблюдаемыми в 30-е годы текущего столетия, высказали соображения о наличии длительной тенденции уменьшения ледовитости Южного океана за сравниваемые периоды. По их данным для акватории между 60з.д. и 90в.д. 85% судовых наблюдений за период с 1929 по 1938гг. свидетельствовали о более северном положении кромки по сравнению со средним за период с 1973 по 1980 г. В других районах Южного океана аналогичная картина наблюдалась только в 58% случаев.

На наш взгляд, приведенные данные скорее указывают на региональные особенности в распределении ледяного покрова Южного океана. Кроме того, говорить о наличии длительной тенденции уменьшения ледовитости за рассматриваемый период нет достаточных оснований, поскольку сравниваемый период (1973-1980гг.), как будет показано ниже, относится к минимуму ледовитости Южного океана, особенно для его Атлантического сектора. Далее, на более длительной шкале времени из 11 наблюдений за положением кромки льда в Южном океане в XVIII и XIX веках Г.Куклой и Г.Гэвином в 5 случаях было отмечено более южное, а в 6 более северное положение кромки льда по сравнению со средним положением, вычисленным, например за интервал 1973-1980 гг.

Отметим, что с 1970 по 1975 г. наблюдалось повышение ледовитости, в 1975-1980 г. - понижение и с 1980 г. она постепенно достигает уровня, наблюдавшегося в 1970-1975 г. Максимальные амплитуды межгодовой изменчивости в весенний период в Южном океане составляют порядка 5.0 млн. км², т.е. в 3.3 раза превышают наблюдаемые в Северном Ледовитом. В области годового минимума, межгодовая изменчивость площади ледяного покрова в Южном океане менее существенна и сопоставима с таковой в Северном Ледовитом океане.

ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА НА ДВИЖЕНИЕ СУДНА И ЛЕДОВО-НАВИГАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСЛОВИЙ СУДОХОДСТВА

3.1. Влияние ледяного покрова на движение судна

Под ледопробитостью судна (ледокола) понимается его способность продвигаться в конкретных ледовых условиях. Мерой ледопробитости судна является скорость его движения во льдах, которая обуславливается ледовыми качествами судна и состоянием ледяного покрова. Ледовые качества судна определяются ледовой ходкостью, т.е. свойством судна преодолевать ледовое сопротивление с некоторой "достижимой" скоростью, обусловленной мощностью энергетической установки, формой и размерами корпуса, ледовой прочностью (способностью корпуса судна выдерживать ледовые нагрузки), маневренностью судна и т.д.

Ледопробитость судна определяется его ледовой категорией, которая устанавливается в зависимости от прочности

корпуса и мощности силовой установки (табл.3.1).

Скорость судна при плавании во льдах уменьшается вследствие сопротивления ледяного покрова его движению и обхода ледовых препятствий, приводящего к удлинению пути при плавании между заданными пунктами. Кроме того, скорость преднамеренно снижается (силовая установка работает не на полную мощность), что является мерой предосторожности из-за опасности повредить корпус о лед.

Плавание судов сводится к следующим основным режимам движения:

- на переменных курсах в обход зон сплошного льда или отдельных крупных ледовых образований (обширных полей, айсбергов);
- по генеральному курсу через зоны дрейфующего льда;
- на форсированном режиме при преодолении очень сплошных и "тяжелых" дрейфующих льдов и припая.

Таблица 3.1 Эквивалентные категории ледовых усилений для транспортных судов по Правилам Регистра России и подобных классификаций зарубежных обществ

ЛЕДОВЫЕ КАТЕГОРИИ РЕГИСТРА РОССИИ	ЛЕДОВЫЕ КЛАССЫ ЗАРУБЕЖНЫХ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ОБЩЕСТВ						
	Английский Ллойд	Датский Норвежский Веритас	Германский Ллойд	Бюро Веритас	Американское бюро судоходства	Итальянский Регистр	Финское управление мореплавания
УЛА	-	-	-	-	-	-	-
УЛ	ледовый класс 1*	ледовый А*	Е4	ледовый 1, супер	-	RG1	1А супер
Л1	ледовый класс 1	ледовый А	Е3	ледовый 1	-	RG2	1А
Л2	ледовый класс 2	ледовый В	Е2	ледовый 2	-	RG3	1В
Л3	ледовый класс 3	ледовый С	Е1	ледовый 3	-	RG4	1С

л 4	-	-	-	-	-	-	-
-----	---	---	---	---	---	---	---

В первых двух случаях при движении во льдах производится вынужденное снижение скорости для обеспечения сохранности корпуса; в последнем случае работа осуществляется только судами с прочным корпусом (категории УЛА либо ледоколами).

Показателями ледопроеходимости судна являются техническая ледовая скорость и ледовая эксплуатационная скорость. Техническая ледовая скорость - максимальная скорость, которую может развить судно в однородных ледовых условиях на участке значительной протяженности (более мили) без риска повредить корпус судна о лед. Эта скорость находится как частное от деления пройденного судном пути в однородных льдах на время, затраченное на чисто ходовое движение судна и задержки, объективно вызванные ледовыми условиями.

В реальных ледовых условиях далеко не все судоводители могут водить суда на предельных по техническим возможностям скоростях. Это обстоятельство наиболее полно проявляется при плавании в антарктических льдах, где автономность плавания, экстремальный характер природных процессов, высокий уровень ответственности за безопасность мореплавания и успешность выполнения задания, объективно приводят к необходимости снижения скорости судна во льдах из-за опасения получить ледовые повреждения, экономии топлива и энергетических ресурсов судна.

Поэтому для экономических расчетов организации и планирования работы судов во льдах введено понятие - ледовая эксплуатационная скорость. Эксплуатационная чистая ледовая скорость определяется как частное от деления пути, пройденного судном в однородных ледовых условиях, на время, затраченное на данный переход, с учетом задержек в пути, обусловленных ледовыми и гидрометеорологическими факторами. По существу, это среднестатистическая скорость движения судна во льдах определенной ледовой категории. В легких ледовых условиях эксплуатационная скорость ниже технической в среднем на 15%. По мере усложнения ледовых условий различие между скоростями сокращается и при их снижении до 3,0 узла они равны.

Таким образом, ледовая техническая скорость характеризует технические возможности судна, его техническую ледопроеходимую, а ледовая эксплуатационная учитывает опыт судоводителей, их стремление выбирать наиболее экономичный режим энергетической установки и другие факторы, с которыми связана эксплуатация судов во льдах. Следовательно, ледовая эксплуатационная скорость характеризует эксплуатационную ледопроежимость судна.

Далее под термином "скорость" следует понимать ледовую эксплуатационную скорость, которой соответствуют определенные ледовые условия, способствующие наиболее безопасному и эффективному плаванию.

3.2. Особенности плавания в различных ледовых условиях

3.2.1 Дрейфующие льды

Весенне-летний период

Основными параметрами ледяного покрова, влияющими на скорость, являются сплоченность льда и его толщина, разрушенность, торосистость и заснеженность. Условия плавания в весенне-летний период в целом являются благоприятными, так как в это время происходит разрушение дрейфующих льдов. Метеорологические условия в это время также наиболее благоприятны, и продолжительность светлого времени суток максимальна.

В табл.3.2 представлены скорости движения судна категории УЛА в дрейфующих льдах. Преобладающая характеристика льда: крупно-, мелкобитый толщиной 80-120 см, разрушенностью 1-3 балла, торосистостью 2-3 балла. Сплоченность айсбергов среди дрейфующих льдов составляет, как правило, 3-4 балла. Эти характеристики ледяного покрова типичны для периода интенсивного плавания судов в прибрежных водах Антарктики.

Таблица 3.2 Средние скорости движения судов категории УЛА в навигационный период при различных ледовых условиях (узлы)

ПЕРИОД	ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА						СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ
	Сплоченность айсбергов, баллы	Преобладающие ледовые условия					
		возраст и форма	толщина, см	Торосистость, баллы	Разрушенность, баллы	сплоченность, баллы	
Весенний период	3-4	Однолетний крупно- и мелкобитый	110-150	2-3	0	7-8 9-10 10	5.3 3.2 2.6
Весенне-летний период	3-4	Однолетний крупно- и мелкобитый	80-120	2-3	1-3	1 2-3 4 5-6 7-8 9-10 10	11.6 9.6 7.5 6.7 6.4 4.9 3.4
Осенний период	3-4	Молодой	10-15 15-30 30-40	0-1	0	10 10 10	9.3 6.0 2.7

При плавании в редких льдах судно имеет возможность двигаться, не снижая скорости, и при этом обходить отдельные препятствия в виде скопления льдов или айсбергов, избегая столкновений с ними. Ледопроходимость судна в данном случае определяется мощностью силовой установки. При увеличении сплоченности льда до 4-6 баллов характер движения судна иной: оно вынуждено постоянно менять курс, вероятность столкновений с отдельными льдинами резко возрастает, а это при движении на полную скорость может привести к повреждениям корпуса. Следовательно, ледопроходимость судна в разреженных льдах определяется прочностью его корпуса. В сплоченном льду 8-10 баллов возможности маневрирования при выборе легчайшего пути ограничены, судно движется в результате раздвигания и притапливания льдин корпусом. Скорость судна гасится в силу ледового сопротивления, опасность повреждения корпуса уменьшается (при отсутствии сжатий) и ледопроходимость определяется мощностью силовой установки.

Скорость судна резко уменьшается в сплоченных льдах. Во льду сплоченностью

9-10 баллов при наличии каналов и трещин судно может двигаться непрерывным ходом со скоростью порядка 4 узла, в сплошном ледяном покрове скорость уменьшается до 2-3 узлов. При сжатии льдов до 1-2 баллов скорость резко снижается и лед становится непроходимым.

При плавании в дрейфующих льдах скорость продвижения обуславливается не только сплоченностью льда, но и другими параметрами ледяного покрова, в частности его разрушенностью и заснеженностью. Дрейфующие льды разрушенностью не выше 1 балла, как правило, покрыты мощным снежным покровом, превышающим 20 см. Скорости движения в таких льдах заметно отличаются от скорости во льдах большей разрушенности и меньшей заснеженности. Влияние этих факторов особенно заметно при плавании в сплоченных льдах.

Скорость судов категории УЛ в редких льдах в среднем на 3 узла превышает скорость судов категории УЛА в тех же условиях за счет большой начальной скорости и более высоких маневренных качеств (табл.3.3).

Таблица 3.3 Скорость движения судов категории УЛ в дрейфующих льдах различной сплоченности (узлы)

ВИД ПЛАВАНИЯ	СПЛОЧЕННОСТЬ ЛЬДА										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Самостоятельно	14.5	14.2	13.0	10.0	7.2	5.3	4.1	3.2	2.8	-	-
Под проводкой судна категории УЛА	-	-	-	-	-	6.7	6.0	5.3	4.8	3.9	3.0

Примечание. Преобладающие характеристики ледяного покрова те же, что и в табл.3.2 для весенне-летнего периода.

С увеличением сплоченности происходит резкое снижение скорости: в разреженных льдах она равняется 5,3 узла, во льдах сплоченностью 7-8 баллов - 3,0 узла. В очень сплоченных льдах непрерывное движение судов категории УЛ невозможно.

Осенний период

Плавание осенью в период интенсивного образования и нарастания молодого льда представляет наибольшую трудность, особенно при наличии остаточных льдов. В это время увеличивается прочность ледяного покрова, его заснеженность, происходит непрерывное нарастание толщины льда, образование полей сморози, отмечается наибольшая повторяемость процессов сжатия и торошения льдов. Частые снегопады осенью приводят к увеличению заснеженности ледяного покрова, ухудшают видимость. Кроме того, продолжительность светлого времени суток резко уменьшается.

Непрерывное движение судов категории УЛА возможно в молодых ровных слабо-заснеженных льдах толщиной до 35-40 см; при дальнейшем увеличении толщины движение осуществляется ударами вплоть до полной остановки судна. Процессы торошения и наслоения льда, характерные для осеннего периода, увеличивают его мощность и, как следствие, возрастает сопротивление ледяного покрова движущемуся судну. Суда категории УЛА начинают заклиниваться в молодом льду толщиной 25-30 см, если он всторошен, или в случае, когда высота снежного покрова на нем превышает 20 см. Поскольку эти явления характерны для осеннего периода, достижение молодым льдом толщины 25-30 см свидетельствует об окончании активного плавание судов категории УЛА в антарктических льдах.

Наличие в прибрежных антарктических водах к началу ледообразования остаточных льдов существенно осложняет условия плавания. Напомним, что количество остаточных льдов в целом по Южному океану к концу летнего периода составляет 15%, а в районах Атлантического, Тихоокеанского и Балленского ледяных массивов 25-30%. Их толщина к началу ледообразования составляет 50-100 см.

Скорость движения судов категории УЛА в молодых льдах при сплоченности остаточного 1-3 балла уменьшается незначительно, в среднем на 10%; при повышении сплоченности остаточного льда до 4-6 баллов скорость уменьшается уже до 40% по сравнению со скоростью движения судна в молодых льдах таких же характеристик, но без остаточных.

В антарктических водах при плавании в ледяных массивах встречаются мощные двухлетние и многолетние льды. Осенью в период образования льда и формирования полей сморози встреча с двухлетним и многолетним сплоченным льдом может привести к самым серьезным последствиям, вплоть до ледового плена судна. При сплоченности многолетнего льда 1-3 балла скорость судна 5,0 узла, 4-6 баллов уменьшается до 2,0 узла, т.е. достигает критических для обеспечения непрерывного движения значений.

Таким образом, плавание судов категории УЛА является эффективным с начала разрушения ледяного покрова и уменьшения его преобладающей сплоченности до 9-10 баллов. Окончание плавания соответствует времени достижения молодым льдом толщины 30 см и появления среди остаточных льдов сплоченностью 9-10, 7-8, и 4-6 баллов молодых льдов толщиной 10-15, 15-20, 20-25 см соответственно. Для автоном-

ного плавания судов ледовой категории УЛ начало навигации весной соответствует устойчивому разрежению льдов до 4-6 баллов, окончание навигации осенью - началу устойчивого ледообразования.

Сжатие льда

Особенно трудные условия плавания создаются при сжатиях льдов. Следует отметить, что процессы сжатия антарктических льдов имеют свои специфические особенности. Как уже отмечалось, антарктические льды по сравнению с арктическими имеют меньшую прочность, особенно в летний период. При сжатиях преобладают процессы наложения и смятия антарктических льдов, торошение выражено более слабо. Деформация ледяного покрова имеет, в основном, пластический характер, корпус судна испытывает меньшие нагрузки. Это справедливо главным образом для весенне-летнего периода, а осенью и зимой, когда прочность льда увеличивается, сжатие представляет опасность для судов любого класса.

О влиянии сжатия на скорость движения судна свидетельствует следующее: при сжатии до 1-2 баллов скорость резко падает, а при дальнейшем его увеличении ледяной покров для судов категории УЛА становится непроходимым.

По данным наблюдений, выполненных во время плавания судов в антарктических льдах, сжатия имеют ветровое происхождение и наблюдаются, в основном, при ветре скоростью 15 м/с и более.

Об этом также свидетельствуют и инструментальные наблюдения за напряжением и деформациями, возникающими в корпусе судна в условиях сжатия, выполненные во время дрейфа д/э "Обь" во льдах Балленского ледяного массива в марте-июле 1973 г. Было установлено, что величина напряжения в корпусе коррелируется в основном с ветровым воздействием, и заметное увеличение статистических напряжений в корпусе (до 10-20 МПа) проходит при увеличении скорости ветра до 15 м/с. Причем максимум напряжений смещен относительно наибольших значений скорости ветра на 3-4 ч., а остаточные напряжения (5-10 МПа) сохраняются при неизменных ледовых условиях продолжительное время (сутки и более).

Наиболее сильным сжатиям корпус судна подвергается при скорости ветра 30 м/с и более. Средний уровень напряжений в

обшивке и наборе корпуса может достигать 100-200 МПа, а в виде кратковременных импульсов (длительностью 0,1-1,0 с) превышать допустимые, которые для д/э "Обь", например, составляли 350 МПа для обшивки и 2400 МПа для набора корпуса. При таких сжатиях ледовые повреждения корпуса судна неизбежны.

Во время дрейфа д/э "Обь" во льдах Балленского ледяного массива было также экспериментально подтверждено, что на деформацию корпуса существенное влияние оказывает направление ветра. В режиме установившегося преобладающего воздушного потока (юго-восточные ветры) напряжения в обшивке корпуса на 30-50% выше, чем при ветрах противоположных направлений. Смена направления ветра в процессе сжатия приводит к уменьшению действующих напряжений, что особенно характерно для битых льдов.

Изложенное подтверждается также обстоятельствами гибели западногерманского судна "Готланд П" в декабре 1981 г. в восточной части Балленского ледяного массива. Причиной гибели судна явилось повреждение корпуса под действием сильного ветрового сжатия сплоченных льдов. Сжатие происходило при юго-восточном ветре скоростью 15 м/с.

3.2.2 Припай

Использование антарктического припая как среды судоходства стало насущной необходимостью в первые же годы активного освоения Антарктики, поскольку именно припай является последним препятствием для судов, следующих к антарктическому побережью. Активное плавание в антарктическом припае было начато американскими ледоколами в 1955 г. в море Росса во время операций Дипфриз и продолжается по настоящее время. История плавания российских судов в припае была начата в 1956 г.

Необходимость форсирования припая определяется целым рядом обстоятельств: целью посещения антарктического пункта, способом выгрузки, характером и объемом предстоящих работ, а также состоянием припая. Иногда судну достаточно ошвартоваться к кромке припая, или врубиться в него на 2-3 корпуса для более надежной стоянки. В иных случаях требуется форсировать припай на всю его ширину для подхода

к барьеру или часть его ширины с тем, чтобы миновать участки слабого припая, по которому движение наземного транспорта опасно.

При прокладке канала в антарктическом припае судно ломает лед последовательными ударами, направленными под некоторым углом к генеральному направлению канала. Работа таким способом обусловлена стремлением избежать заклинивания судна в припае и создать наиболее благоприятные условия для маневрирования. Канал в припае прокладывается шириной 80-100 м. Большое влияние на эффективность прокладки канала оказывает заснеженность припая, поскольку снег, попадая в воду, образует вместе с битым льдом вязкую массу (снежно-ледяную "кашу"), которая прилипает к корпусу судна и сильно затрудняет маневрирование. С другой стороны, большая заснеженность припая, наличие в нем снежно-водных прослоек в общем снижают механическую прочность льда, что уменьшает опасность повреждения корпуса судна при прокладке канала.

Несмотря на все меры предосторожности, судно часто оказывается заклиненным. Затраты времени на выход из заклиненного состояния в среднем составляют 10% от общих затрат времени на прокладку канала. Частота заклиниваний зависит, в первую очередь, от толщины припая и высоты снежного покрова. Продолжительность времени, необходимого для выхода судна

из заклиненного состояния, колеблется в широких пределах: от нескольких минут до 10 часов. Однако в 80% случаев время нахождения судна в заклиненном состоянии не превышает 2,5 часов.

Зависимость между скоростью прокладки канала, толщиной и заснеженностью припая носит нелинейный характер (табл.3.4).

Увеличение толщины припая на 20 см в диапазоне от 80 до 160 см приводит к снижению скорости форсирования припая в среднем на 40% при одной и той же высоте снежного покрова. Уменьшение скорости прокладки канала при толщинах льда свыше 160 см происходит медленнее (на каждые 20 см увеличения толщины льда приходится 30%).

Весьма существенное влияние на скорость прокладки канала оказывает высота снежного покрова. Наиболее заметное уменьшение скорости форсирования припая отмечается при изменении высоты снежного покрова от 0 до 40 см; с увеличением высоты снега на 20 см в этом диапазоне скорость прокладки канала уменьшается на 40%. Влияние снежного покрова на скорость форсирования припая идентично в данном случае влиянию толщины припая. При дальнейшем увеличении высоты снега (от 40 до 100 см) скорость прокладки канала уменьшается в среднем на 15% на каждые 20 см увеличения высоты снежного покрова.

Таблица 3.4 Скорость прокладки (узлы) в припае канала шириной 80-100 м судами категории УЛА в весенне-летний период в зависимости от толщины льда и высоты снежного покрова

ТОЛЩИНА ПРИПАЙНОГО ЛЬДА, СМ	ВЫСОТА СНЕЖНОГО ПОКРОВА, СМ					
	0	20	40	60	80	100
80	0.27	-	-	-	-	-
100	0.20	0.16	0.10	-	-	-
120	0.15	0.11	0.07	0.05	0.04	0.03
140	0.10	0.07	0.04	0.03	0.02	0.01
160	0.07	0.05	0.03	0.02	0.01	-
180	0.05	0.03	0.02	-	-	-
200	0.03	0.02	0.01	-	-	-

Выход судна из канала после окончания выгрузки иногда сопряжен с большими трудностями. В канале образуются отдельные скопления битого льда, которые, как правило, смерзаются. Судно вынуждено

форсировать такие перемычки ударами. Часто отмечаются заклинивания судна, вследствие чего скорость продвижения уменьшается до 0,4-0,7 узла. Понятно, что проводка транспортного судна пониженной

ледовой категории в таком канале чрезвычайно затруднена. Обычно такое судно проводится на коротком буксире, а эффективность осуществления таких операций соизмерима с прокладкой канала.

Серьезную опасность для судов любой категории, находящихся в канале, представляет взлом припая. Обширные поля заклинивают канал, наблюдаются сжатия, поскольку дрейф льда под влиянием преобладающих юго-восточных ветров имеет составляющую, направленную перпендикулярно генеральному направлению канала. Наиболее опасна в этом отношении прикромочная зона припая. Поэтому весьма нежелательно вводить в канал суда пониженной ледовой категории для выполнения разгрузочных работ, особенно в прикромочной зоне.

Оптимальные сроки начала форсирования антарктического припая судном категории УЛА, при сохранении возможности использования его грузоподъемности, соответствуют срокам достижения припая разрушенности 2 балла, что соответствует уменьшению толщины льда на 30 см.

3.2.3. Айсберговые воды

Айсберги представляют грозную опасность для судоходства, особенно в антарктических водах, они являются важнейшим элементом навигационной обстановки.

Необходимым условием повышения безопасности плавания при наличии айсбергов является снижение скорости судна при его входе в айсберговые воды. Скорость судна должна назначаться в зависимости от обстановки: фактического количества айсбергов, видимости, состояния моря и времени суток. Приведенные в табл.3.5 данные могут служить исходными при выборе безопасной скорости.

При плавании в районах с айсбергами уменьшение скорости движения судна происходит за счет преднамеренного уменьшения скорости как меры предосторожности и удлинения пути при маневрировании среди айсбергов для выбора безопасного маршрута. Как следует из табл.3.5, увеличение сплоченности айсбергов на 2 балла в среднем приводит к уменьшению скорости судна на 15-20%.

Наличие айсбергов в отдельных случаях повышает эффективность плавания во льдах. В сплоченных льдах при большом скоплении айсбергов образуются так назы-

ваемые "водяные тени" - участки чистой воды и разреженных льдов с подветренной стороны айсбергов. Если айсберги велики и их много, то "водяные тени", соединяясь, образуют огромные полыньи, простирающиеся на десятки миль. Эти полыньи могут быть использованы для преодоления тяжелых сплоченных льдов.

Во время штормовой погоды суда могут на безопасном расстоянии отстаиваться за айсбергами, используя их как массивный волнолом и как средство защиты от многолетнего льда.

Айсберги, обладая большой осадкой, в ледяных полях и сплоченных дрейфующих льдах двигаются, подобно ледоколу, разрушая и увлекая за собой льды.

Опасность для плавания представляют "шлейфы" айсбергов, состоящие из обломков и более мелких глыб льда. В подавляющем большинстве "шлейфы" айсбергов располагаются по ветру с небольшим отклонением влево и лишь при быстрой смене направления ветра могут оказаться с наветренной стороны айсберга. Поэтому при сближении с айсбергом следует усиливать наблюдение за поверхностью моря.

При остановках во льдах следует вести тщательные инструментальные наблюдения за ближайшими айсбергами и выбирать место стоянки за пределами его "шлейфа".

При наличии глубинных противоречий или после смены направления господствующего ветра айсберги нередко двигаются в направлении, противоположном дрейфу морских льдов. В этом случае айсберги представляют большую опасность для затертых во льдах судов, поскольку могут навалиться на них.

Весной разломы (отелы) и разрушения айсбергов интенсивнее всего рано утром вскоре после попадания на лед прямой солнечной радиации или после того, как айсберг вынырнет из тумана. Они обусловлены появлением термических напряжений в поверхностном слое.

Отколовшиеся многотонные массивы льда с громким всплеском уходят под воду, вызывая огромные стремительные волны, а затем с силой выталкиваются на поверхность, причем часто на большом удалении от основной массы.

У айсбергов наблюдается явление внезапного изменения ориентации, связанное с их опрокидыванием, перекачиванием или вращением.

Некоторые айсберги отличаются крайне неравномерным таянием и разрушением их подводной части. Вследствие этого положение их центра тяжести сильно изменяется и они плавают, находясь часто в состоянии неустойчивого равновесия.

Гидродинамической или звуковой волны от идущего на большой скорости судна в отдельных случаях достаточно, чтобы нарушить равновесие айсберга. Ближе, чем на две мили, подходить к айсбергам опасно, так как разрушающиеся (распадающиеся)

айсберги могут внезапно расколоться или опрокинуться.

При вынужденном подходе к айсбергу на дистанцию менее двух миль суда должны идти самым малым ходом с включенным гидролокатором, чтобы избежать столкновения с подводными выступами (таранами), отходящими от его подводной части иногда на 300-500 м.

Таблица 3.5 Навигационные характеристики условий плавания в айсберговых водах

СПЛОЧЕННОСТЬ АЙСБЕРГОВ, БАЛЛЫ	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9
Навигационная характеристика количества айсбергов по сплосплоченности	отдельные айсберги	редкие	разреженные	сплощенные	очень сплоченные
Количество айсбергов : на площади 1 000 км на шкале локатора радиусом 15 миль	0-1	2-3	4-9	10-14	15
	1-2	5-7	8-20	21-34	35
Длина свободного хода судна до встречи с айсбергом с вероятностью 100% при условии их равномерного распределения, мили	45	10	5	3	1
Уменьшение скорости судна при плавании в айсберговых водах в % от скорости по чистой воде при: видимости 15 км и более видимости 10 км и менее	5	10	30	35	50
	20	30	50	65	85

При ясной погоде айсберги бывают видны за несколько десятков миль. При высоком тумане, когда солнце сквозь него не просвечивает, айсберг появляется в молочной пелене как гигантская темная глыба с узкой черной полосой у воды. Рассеивание света в тумане вызывает мерцание над айсбергом и вокруг него, что увеличивает истинные размеры айсберга.

Следствием рефракции, возникающей в Антарктике из-за температурных инверсий, являются миражи. В ясную погоду айсберги иногда кажутся висящими в воздухе, а отдельные льдины представляются такими высокими, что их можно принять за айсберги. Как правило, эти явления наблюдаются при малой высоте солнца.

В темную ночь айсберг можно различить на расстоянии 1-2 мили. В лунную ночь дальность видимости айсберга зависит от его положения относительно судна.

Если айсберг находится в стороне, противоположной Луне, то его можно увидеть на очень большом расстоянии, особенно когда около него наблюдается венец. При положении айсберга на лунной дорожке он едва различим.

Айсберги, сталкиваясь в темноте, могут излучать яркий свет, напоминающий вспышки маяка или огни далекого судна. Своим происхождением он обязан микроорганизмам, живущим на поверхности льда.

Айсберги могут быть обнаружены с помощью судовых гидроакустических средств (ГАС), используемых в режиме гидролокации и шумопеленгования.

В режиме шумопеленгования айсберги обнаруживаются тогда, когда они создают шум в процессе частичного разрушения или таяния, а также от ударов морских волн о надводную часть айсберга.

Дальность обнаружения айсбергов судовыми радиолокационными станциями

(РЛС) зависит от формы объектов. Для столообразных айсбергов она составляет 15 миль, для наклонных и пирамидальных 12 и 8 миль соответственно. Разрушающиеся айсберги обнаруживаются с гораздо меньшего расстояния.

Кроме формы, размеров, состояния поверхности айсбергов важное значение имеют ракурсы, под которыми они наблюдаются. Например, наклонные айсберги с некоторых направлений могут обнаруживаться с расстояния не более 3 миль.

На дальность обнаружения влияет крутизна склонов айсбергов. Крупные айсберги с отвесными склонами могут определяться с расстояний 14-30 миль. Айсберги с крутизной склонов 30° в зависимости от условий радиолокационной видимости обнаруживаются с 6-12 миль. Если айсберг с облучаемой стороны имеет пологие склоны, то он представляет плохой объект для наблюдений; обломки айсбергов с пологими

склонами обнаруживаются с расстояния всего 10-15 кабельтов.

Дальность обнаружения айсбергов зависит также от условий радиолокационной видимости, которые в свою очередь зависят от гидрометеорологических и геофизических условий. К условиям, ухудшающим радиолокационную видимость, относятся:

- туманы, грозы;
- осадки, заряды снега, засвечивающие экран РЛС, на фоне которых айсберги не просматриваются;
- облачность; летом, в облачную погоду, надо быть предельно внимательным, чтобы не перепутать облака с айсбергами. Известны случаи, когда облака на горизонте воспринимались наблюдателем и фиксировались радиолокатором как айсберги.

Радиолокационная дальность обнаружения айсбергов при различных значениях силы ветра может быть оценена по данным табл.3.6.

Таблица 3.6 Таблица радиолокационной дальности обнаружения айсбергов

ФОРМА АЙСБЕРГОВ	СИЛА ВЕТРА		
	Штиль	Достаточная для образования волны в 1-IV б	Достаточная для образования волны в V-IX б
Столообразные	Могут обнаруживаться на расстоянии до 15 миль		
Наклонные	Могут обнаруживаться на расстоянии до 12 миль, с некоторых направлений не более 3 миль		
Пирамидальные	Могут обнаруживаться на расстоянии до 8 миль		
Обломки айсбергов	Обнаруживаются на расстоянии до 7 миль, но трудно отличимы от несяков и стамух	Обнаруживаются на расстоянии до 5 миль	Обнаруживаются айсбергов на расстоянии до 3 миль
Куски айсбергов	Обнаруживаются на расстоянии 2-3 миль, но трудно отличимы от несяков и стамух	Обнаруживаются на расстоянии не более 2 миль, а при волнении больше VI-VII баллов не обнаруживаются	

Примечания.

1. Разрушающиеся айсберги с помощью судовых РЛС обнаруживаются с гораздо меньшего расстояния.

2. Отдельные обломки и куски айсбергов, почти полностью погруженные в воду, не обнаруживаются радиолокатором, а при пониженной видимости не обнаруживаются и визуально, поэтому особенно опасны для корабля.

3. Стамухи и несяки дают четкое изображение, но на экране их между собой не отличить, т.к. их изображения получаются одинаковыми. Распознать их можно по расположению на карте: стамухи обычно находятся на банках и у отмельных берегов, несяки - на глубоких местах.

3.3 Принципы оценки условий плавания

В настоящее время основными видами плавания в Южном океане являются

промысловое и экспедиционное. Промысловое судоходство осуществляется, главным образом, в районах, свободных от льда, или в прикромочной зоне редких и разреженных льдов. Поэтому естественная граница этого вида плавания определяется

положением кромки дрейфующих льдов или границы сплоченных.

Основной задачей экспедиционного плавания является достижение судном берегов Антарктиды, что неизбежно связано с пересечением ледяного покрова в меридиональном направлении.

В целом для Южного океана естественное начало навигационного периода приходится на ноябрь. Именно в этом месяце процесс весенне-летнего разрушения антарктических льдов приобретает устойчивый характер. Площадь дрейфующих льдов в океане уменьшается в это время на 25%, средняя сплоченность на 1,1 балла, количество сплоченных льдов - на 4% от годового максимума в сентябре. Начинается интенсивное и устойчивое развитие полыней, суммарная площадь которых в ноябре составляет около 5% от площади ледяного покрова.

В дальнейшем вплоть до годового минимума в феврале происходит значительное сокращение ледовитости при весьма незначительном уменьшении относительного количества сплоченных льдов. В течение всего цикла весенне-летнего разрушения льда сохраняется преобладание сплоченных льдов, практически от 90% зимой до 70% летом от общей площади океана, занимаемой ледяным покровом. В качестве ведущего фактора формирования условий плавания выступают сплоченные льды. Даже в районах минимальной общей ледовитости сплоченные льды в ряде случаев полностью блокируют подходы к антарктическому берегу в пределах его визуальной видимости.

Преобладание сплоченных льдов у антарктического побережья к началу следующего цикла ледонакопления, в марте, предопределяет интенсивный характер ледообразования и нарастания молодого льда в узкой прибрежной зоне и является основным фактором резкого ухудшения условий плавания.

В марте происходит и общее ухудшение гидрометеорологических условий. Активизация меридиональных процессов в атмосфере ведет к усилению ветра в прибрежной зоне, частым снегопадам, ухудшению видимости. Вероятность быстрого обледенения промысловых судов в антарктических водах заметно увеличивается в марте, а в апреле уже создаются условия для очень быстрого обледенения. В марте ледопроницаемость антарктических льдов рез-

ко снижается, возрастает вероятность сжатий и явлений облипания корпуса судна, уменьшается период светлого времени. На март приходится окончание навигационного периода в целом для Южного океана.

Пространственно-временное распределение основных показателей ледовых условий плавания носит весьма сложный характер. Наиболее стабильна вероятность наличия сплоченных льдов. Приняв этот показатель в качестве основного, все разнообразие условий плавания в Южном океане с ноября по март сводится к трем типам. Первый - это неблагоприятные условия плавания (НБ), при которых вероятность сплоченных льдов равна 100%; второй - благоприятные условия плавания (БЛ), когда вероятность сплоченных льдов равна 75%, и к третьему типу - наиболее благоприятных условий плавания (НБЛ) - отнесены ледовые условия, при которых вероятность наличия сплоченных льдов у антарктического побережья равна 50% и менее.

Таким образом, по существу, в основу типизации условий плавания в Южном океане положена вероятность достижения берегов Антарктиды в навигационный период без риска ледового пленения судна.

В навигационный период с ноября по март (рис.3.1) благоприятные и наиболее благоприятные условия плавания наблюдаются на большей части акватории Южного океана с декабря по февраль, за исключением районов устойчивого положения ледяных массивов, центральной и западной части моря Уэдделла, западной части моря Сомова, моря Амундсена и района ст.Русская. Наиболее благоприятные условия плавания раньше всего формируются в районах развитых дивергенций льда, пониженной сплоченности ледяного покрова, максимальной сезонной изменчивости ледовитости и наиболее развитых полыней, в центральных частях Атлантического (район 2) и Индийского секторов, в море Содружества (5) и западной Тихоокеанского, в море Росса (9).

Изложенная классификация Южного океана по условиям плавания явилась основой для определения положения рекомендуемых (оптимальных) ледовых трасс для экспедиционного судоходства.

Другой, не менее важной задачей, является определение сроков начала и окончания плавания на рекомендуемых мар-

шрутах, т.е. установление наиболее оптимальных навигационных периодов.

В качестве единого показателя условий ледового плавания в различных физико-географических районах Мирового океана используется коэффициент трудности плавания (K_T).

Коэффициент трудности плавания представляет собой соотношение эксплуатационной скорости на чистой воде к ледовой эксплуатационной скорости по трассе, или соотношение затрат времени на переход судна по трассе при отсутствии льдов к затратам времени в конкретных ледовых условиях.

Каждому значению K_T соответствует определенная скорость движения судна во льдах, которая суммарно отражает сопротивление ледяного покрова его движению. В качестве критерия начала и окончания навигации на антарктических трассах для судов категории УЛА принято значение K_T , равное 3,2. При этом значении скорость судна во льдах составляет в среднем 4,0 узла, что обеспечивает преобладающий непрерывный характер его движения. На основании этого критерия и определены сроки начала и окончания навигации для судов категории УЛА, а также продолжительность навигационных периодов для различных трасс.

3.4 Рекомендуемые маршруты плавания и навигационные периоды

Географическое положение ледовых трасс определяется положением пунктов, между которыми осуществляется плавание, закономерностями ледового режима и его региональными особенностями (рис.3.2).

Все ледовые трассы подразделяются на два вида: широтные и меридиональные. Плавание судов в широтном направлении

рекомендуется осуществлять вдоль кромки дрейфующих льдов. Положение широтных трасс определяется сезонными изменениями северной границы распространения дрейфующих льдов. Сроки плавания по широтным трассам для судов, направляющихся к антарктическому континенту, в первую очередь, зависят от ледовых условий на меридиональных трассах, а также от целей и задач экспедиционного плавания, в том числе и от условий выполнения грузовых операций на рейде антарктической станции.

Меридиональные трассы проложены в зонах, где ледовые условия в навигационный период характеризуются как благоприятные и наиболее благоприятные. Основными факторами, определяющими географическое положение меридиональных трасс, являются: наличие зон дивергенции, развитие полыней, пониженная сплоченность ледяного покрова и интенсивность очищения водной акватории от льда.

Иными словами, при выборе маршрута плавания по ледовой карте использовано общее правило, выработанное практикой: плавание эффективнее и безопаснее не там, где путь во льдах короче, а там, где ледовые условия легче.

Принцип наикратчайшего расстояния на меридиональных маршрутах, как правило, не является оптимальным при плавании к большинству антарктических станций. Поэтому, в зависимости от характера распределения ледяного покрова и сроков плавания, меридиональные маршруты подразделяются на основные и их варианты. Другой важной ледово-навигационной характеристикой условий плавания являются сроки начала и окончания навигации на каждой трассе, которые определялись на основе статистической повторяемости значений $K_T = 3,2$, не выходящих за пределы 100, 50 и 25% обеспеченности (рис.3.3).

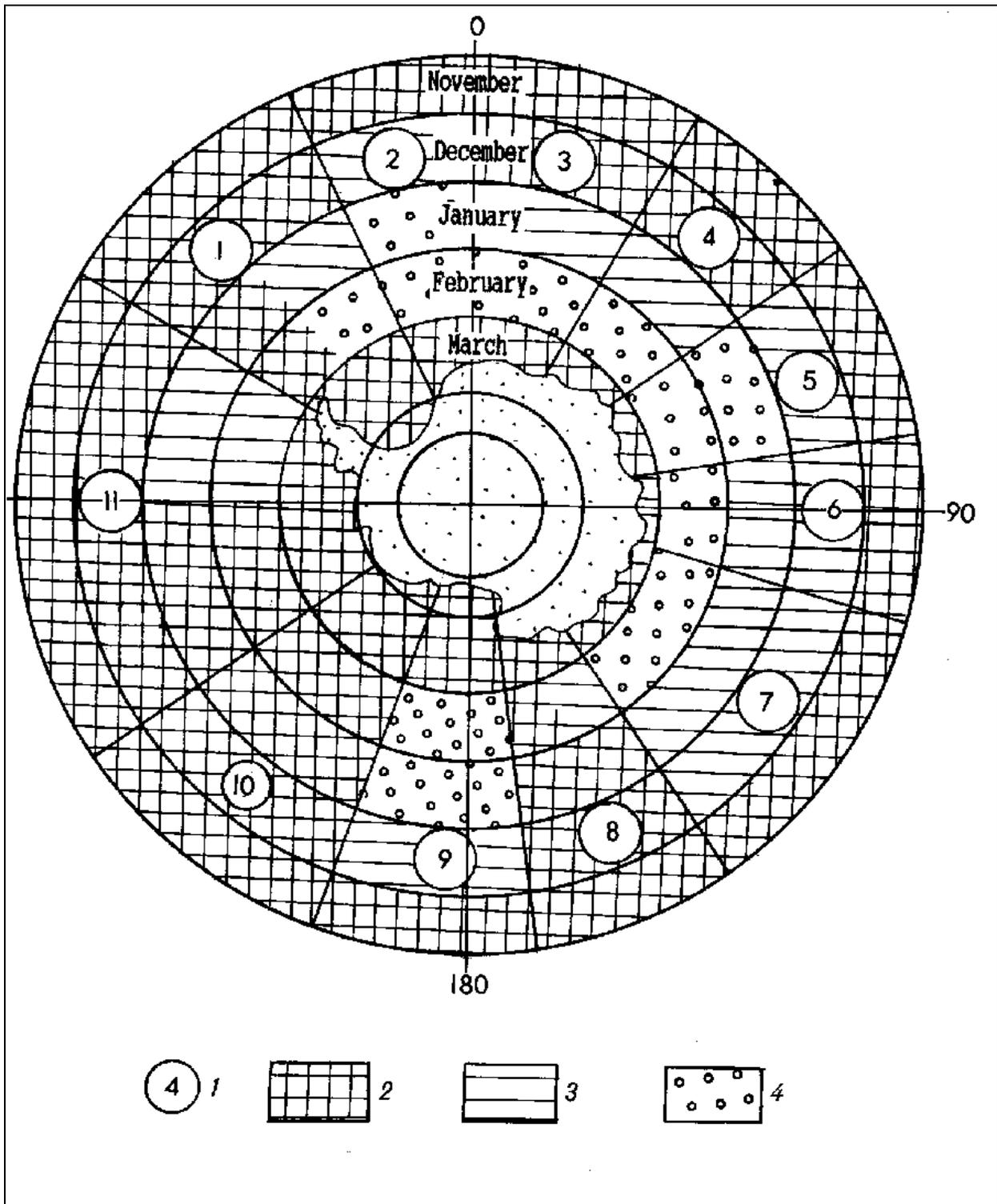


Рис.3.1. Типизация условий плавания в антарктической области Южного океана. Обозначения: 1 - номер района, 2 - неблагоприятные условия плавания, 3 - благоприятные условия плавания, 4 - наиболее благоприятные условия плавания.

Гарантированные сроки (обеспеченность 100%), по существу, соответствуют началу устойчивого разрушения ледяного покрова весной и устойчивого ледообразования осенью. Однако за пределами этих сроков плавание судов категории УПА воз-

можно за счет, главным образом, динамических факторов, обуславливающих образование разводий и каналов среди дрейфующих льдов и повышенную их раздробленность, особенно в зонах дивергенции дрейфа льда и развития полыней. Возмож-

ность плавания в таких условиях, сроки начала и окончания навигации, продолжительность навигационных периодов характеризуются 50 и 25% уровнями обеспеченности.

На всех антарктических трассах существуют гарантированные навигационные периоды, использование которых как при планировании, так и выполнении морских операций позволяет свести к минимуму не-

благоприятные последствия, которые неизбежны при плавании во льдах, а также максимально использовать природные условия для повышения эффективности и безопасности плавания. Многообразие ледовых условий внутри гарантированных периодов, наблюдавшееся за все годы, сведено условно к трем типам: легкому, среднему и тяжелому (табл.3.7).

Таблица 3.7. Характеристики гарантированных навигационных периодов на рекомендуемых трассах плавания в районах прибрежных станций

СТАНЦИЯ	РАЙОН	НАЧАЛО МЕСЯЦ, ДЕКАДА	ОКОНЧАНИЕ МЕСЯЦ, ДЕКАДА	ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ, СУТКИ	КОЭФФИЦИЕНТ ТРУДНОСТИ ПЛАВАНИЯ (K _T) ТИП ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ			АМПЛИТУДА
					легкий	средний	тяжелый	
Дружная1-2	1	I ₁	II ₂	50	1.4	2.0	3.0	1.6
Халли	1	XII ₃	II ₂	60	1.4	1.8	2.8	1.4
Абоа-Васа	2	XII ₂	III ₁	80	1.2	1.6	2.2	1.0
САНАЭ	2	XII ₂	III ₁	80	1.1	1.5	2.2	1.1
Новолазаревская	3	XII ₁	III ₂	100	1.1	1.7	2.3	1.2
Сева	3	XII ₂	III ₁	80	1.2	1.8	2.5	1.3
Молодежная	4	XI ₁	III ₂	110	1.2	1.6	2.0	0.8
Моусон	5	XII ₁	III ₂	100	1.2	1.5	1.8	0.6
Прогресс	5	XII ₁	II ₃	80	1.1	1.3	1.8	0.7
Дейвис	5	XII ₁	III ₁	90	1.1	1.3	1.8	0.7
Мирный	6	XI ₂	III ₃	130	1.2	1.3	1.8	0.6
Кейси	7	XII ₁	III ₃	110	1.2	1.4	1.8	0.6
Дюмон Д'Юрвиль	7	XI ₃	III ₃	120	1.2	1.4	1.8	0.6
Ленинградская	8	XII ₃	II ₃	40	1.5	1.8	2.7	1.2
Мак-Мердо	9	XII ₁	III ₁	80	1.0	1.2	1.5	0.5
Русская	10	I ₃	II ₂	20	1.5	2.1	3.0	1.5
Ротера	11	XII ₁	III ₃	140	1.0	1.2	1.5	0.5

Примечание: условия плавания к станциям Дружная 1,2, Абоа-Васа, Прогресс, Мак-Мердо, Ротера аналогичны условиям плавания к станциям Бельграно 2,3, Георг-фон-Нормайер, Чжуншань, Терра-Нова, Скотт-Бей, Сан-Мартин, соответственно.

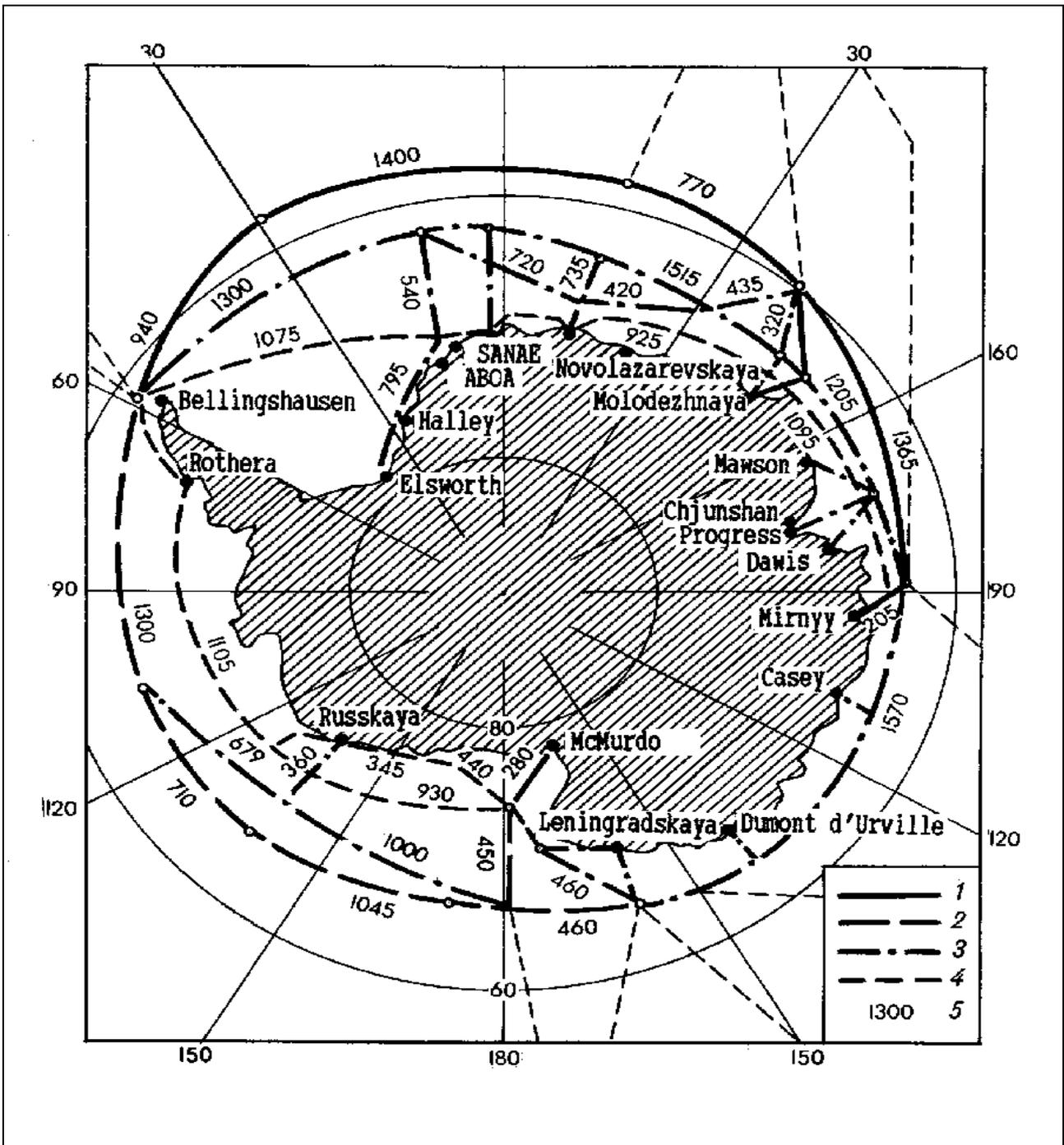


Рис.3.2. Рекомендуемые маршруты плавания в антарктической области Южного океана. Обозначения: 1 - ноябрь-апрель, 2 - ноябрь-март, 3 - декабрь-март, 4 - февраль-март, 5 - расстояние в милях.

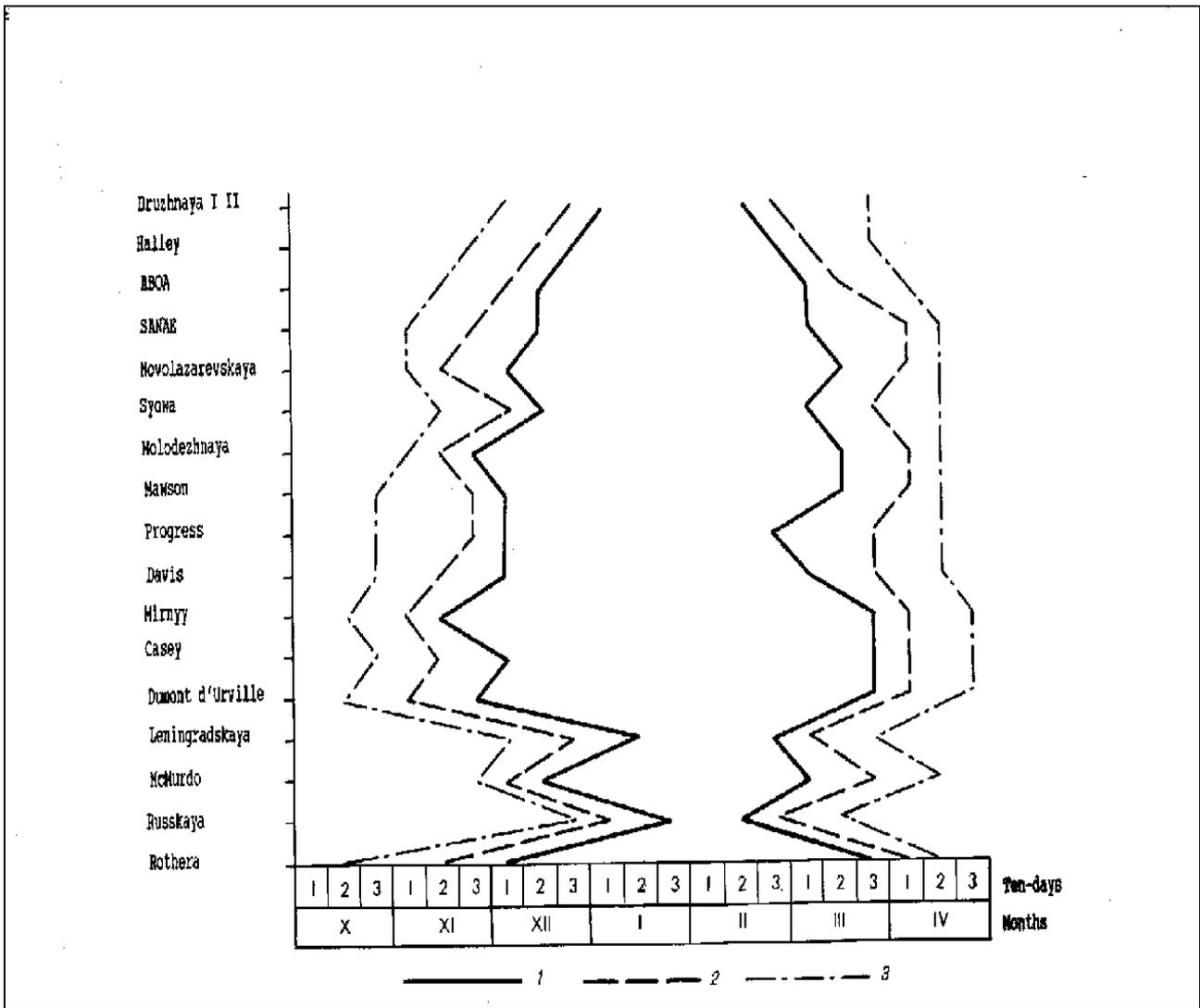


Рис.3.3 Сроки начала и окончания плавания в районы антарктических станций и баз с обеспеченностью: 1 - 100%, 2 - 50%, 3 - 25%. Сроки плавания к станциям: Дружная 1.2 (Бельграно 2.3), Абоа (Георг фон Нормайер), Прогресс (Чжуншань), Мак Мердо (Терра Нова, Скотт Бей), Ротера (Сан Мартин) аналогичны указанным в скобках.

Региональные особенности
рекомендованных маршрутов по сек-
торам

Атлантический сектор

Море Скоша. Пролив Дрейка. На северной оконечности Антарктического полуострова и прилегающих к нему островах расположено большое количество научных станций различных стран. Подходы судов к этим станциям в течение большей части года не лимитируются ледовыми условиями (во всяком случае, с сентября по июль). Оптимальные сроки начала и окончания навигации в этом районе определяются, главным образом, условиями выгрузки на рейде каждой станции. Поэтому их определение

имеет свои методические особенности, которые будут изложены ниже.

Например, в качестве критерия начала и окончания навигации при плавании к ст.Беллинсгаузен приняты сроки окончательного взлома припая и окончательного его становления, т.е. продолжительность навигационного периода определяется условиями выгрузки в бухте Ардли. Ледообразование на рейде станции обычно начинается в апреле, но приобретает устойчивый характер лишь в третьей декаде мая. В первой декаде июня в бухте Ардли обычно устанавливается припай, причем нарастание льда вначале идет очень интенсивно, к концу месяца его толщина достигает 50 см. Максимальной толщины (80-100 см) припай достигает в среднем в

третьей декаде сентября. Иногда нарастание припая продолжается до конца октября - начала ноября. В этом случае его толщина может достигать 125 см.

Сроки взлома припая колеблются в очень широких пределах: с сентября по январь, но в среднем взлом происходит в середине октября, к началу ноября бухта Ардли окончательно очищается от льда.

Море Уэдделла (район 1) Условия плавания в море Уэдделла и в центральной части Атлантического сектора полностью определяются положением и динамикой Атлантического ледяного массива и развитием стационарных полыней (рис.3.4). В навигационный период массив занимает западную и центральную часть моря и вплотную примыкает к восточному берегу Антарктического полуострова. Крайнее западное положение восточной границы массива проходит по 45°з.д. В этом районе между Антарктическим полуостровом и меридианом 45°з.д. даже в самое благоприятное время года преобладают очень сплоченные мощные льды, которые представляют серьезное препятствие для судоходства. Условия плавания в этом районе в течение всего навигационного периода классифицируются как неблагоприятные.

Основной причиной тяжелых условий плавания в центральной и западной частях моря Уэдделла являются высокая сплоченность ледяного покрова, наличие двухлетних льдов, преобладание полей и обломков полей, повышенная толщина и заснеженность. К тому же льды, составляющие ядро Атлантического ледяного массива, практически не подвержены термическому разрушению.

В этих условиях исключительно важное навигационное значение имеют стационарные полыни (Приложения 7,8,9). Стационарные полыни в западной части моря располагаются крайне неравномерно. Самые крупные из них находятся вдоль восточного и южного побережья моря и только три приурочены к Антарктическому полуострову (Приложение 8, рис.8.1, 8.2).

Наибольшей известностью среди последних пользуется полынья заливов Эребус и Террор, ежегодное образование которой подтверждается хроникой почти всех немногочисленных плаваний в крайней северо-западной части моря Уэдделла.

В сезонном плане полынья последовательно увеличивается в размерах от ноября (среднемесячная площадь 1,5 тыс.км²) к январю (3,5 тыс.км²). Причем, в середине декабря она получает сообщение через пролив Антарктик с освобождающимся обычно к этому времени от льда проливом Брансфилд. Во второй половине января в связи со смещением кромки массива на юго-восток от островов Жуэнвиль отмечается появление подобного прохода со стороны моря Скоша. В феврале полынья утрачивает самостоятельность вследствие полного очищения залива от дрейфующего льда. С началом нового осеннего ледообразования в марте происходит повторное оформление полыни, площадь которой достигает 5,0 тыс.км². Затем она быстро сокращается и в апреле составляет только 1,4 тыс.км².

Вдоль Антарктического полуострова расположено также 6 полыней, которые носят эпизодический характер. Максимальное их развитие приходится на декабрь и проявляется в достижении средней суммарной площадью этих полыней около 3,3 тыс.км². Данные полыни имеют важное навигационное значение. При благоприятных синоптических условиях в течение нескольких суток они вместе с тремя стационарными полынями образуют единую, прерываемую незначительными ледовыми перемычками, полынью вдоль всего западного побережья Антарктического полуострова. Средняя вероятность существования полыней у южного побережья моря Уэдделла в навигационный период составляет около 80%. Полыни получают наибольшее развитие в феврале, когда вероятность их присутствия возрастает до 100%. Нередко они соединяются в одну огромную полынь средней площадью около 100 тыс.км², сообщаемую со свободными от льда восточными районами моря. В марте в условиях интенсивного местного ледообразования происходит локализация и резкое сокращение площади полыней до 8,0 тыс.км².

В навигационный период наиболее трудным для плавания является прибрежный участок между 30-34°з.д., где обычно формируется перемычка сплоченных льдов.

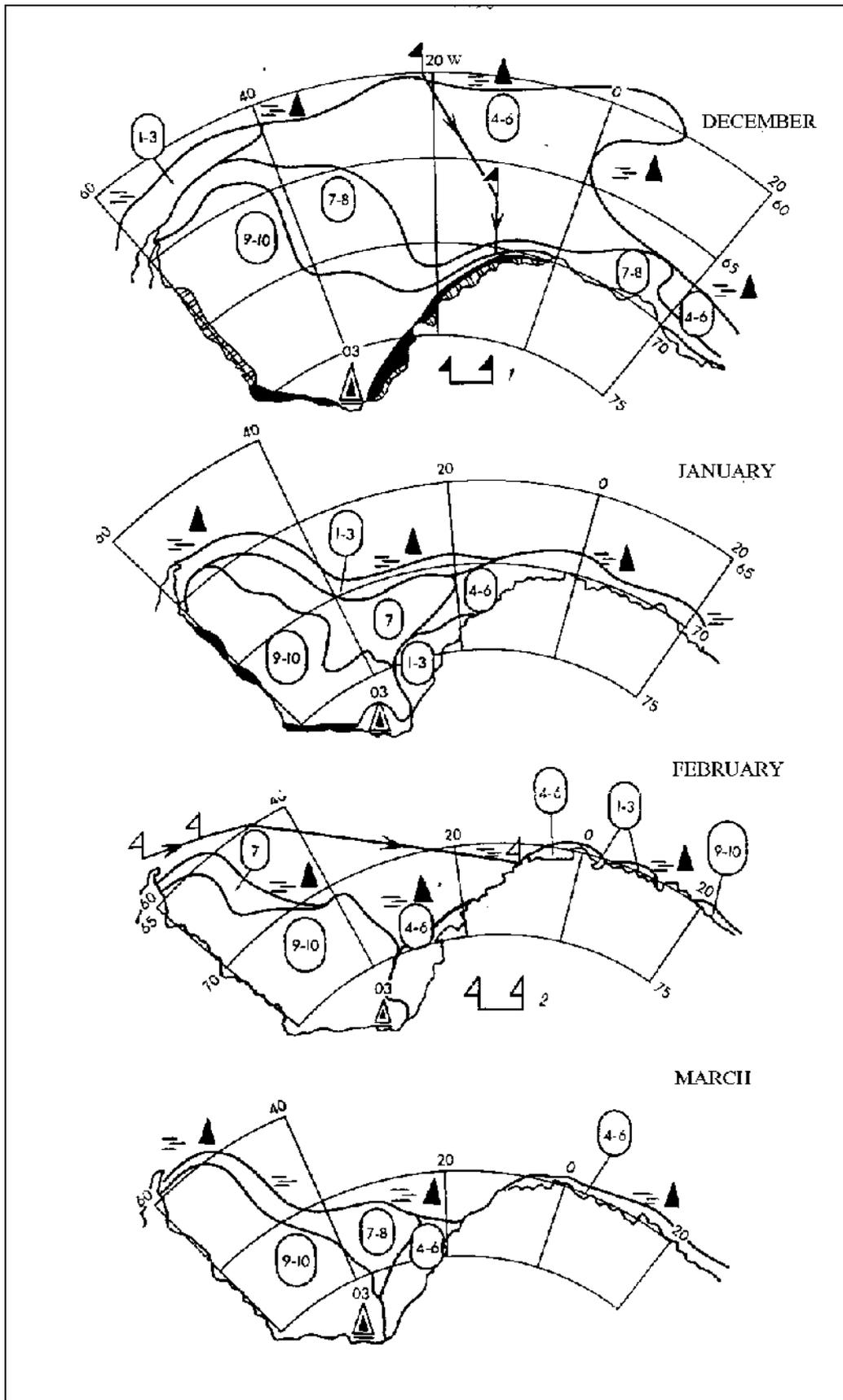


Рис.3.4 Ледовые условия плавания в Атлантическом секторе Южного океана в навигацию 1987 - 1988 г. 1 - путь д/э "Витус Беринг" 24-29.12.87, 2 - путь НЭС "Михаил Сомов" 23.02-02.03.88.

У юго-восточного побережья моря Уэдделла с сентября по апрель с вероятностью, близкой к 90%, существуют две полыньи: в районе от ледника Бранта до мыса Весткапп и вдоль шельфового ледника Рисер-Ларсена. Наиболее развиты эти полыньи в декабре, когда они соединяются и распространены на площади до 30,0 тыс.км². В январе эти полыньи обычно сообщаются с полынью южной части моря Уэдделла, а в феврале утрачивают самостоятельность в связи с полным очищением района. В марте указанные полыньи, как и весной, вновь предстают в виде цепочки изолированных и вытянутых вдоль береговой черты участков чистой воды общей площадью до 4,5 тыс.км².

Море Уэдделла (район 2). В навигационный период вдоль побережья района обычно наблюдаются несколько полыней с достаточно высокой вероятностью (80-90%) (Приложение 8, рис.8.2, 8.3).

Наибольшее значение имеет полынья, расположенная у мыса Норвегия, поскольку путь пересечения судами пояса дрейфующих льдов в весенний период обычно прокладывается от кромки в район расположения этой полыньи. Максимального развития полынья мыса Норвегия достигает в декабре, когда соединяется с полынью восточного побережья моря Уэдделла, образуя с ними единое целое. В феврале эта полынья также формально исчезает из-за полного исчезновения дрейфующего льда. В марте она вновь оформляется в самостоятельное образование и существует до апреля - начала мая на площади в 0,5-1,0 тыс.км².

Плавание к юго-восточному побережью моря Уэдделла рекомендуется осуществлять по трассе, проходящей в крайней восточной части моря Уэдделла по 12°з.д. (меридиан мыса Норвегия) и далее в прибрежной зоне от мыса Норвегия до ледника Фильхнера. Эта трасса проложена в соответствии с закономерностями распределения льдов в Атлантическом секторе.

Причем, если в декабре-январе пояс дрейфующих льдов рекомендуется пересекать по 12°з.д., но не западнее, то в феврале-марте трассу можно проложить и по 25°з.д. (рис.3.5).

От декабря к январю пояс дрейфующих льдов к северу от мыса Норвегия резко сокращается. В первой и второй декадах

февраля возможно полное очищение трассы.

Далее от мыса Норвегия до юго-западного побережья моря Уэдделла плавание осуществляется по системе полыней, которая является главным фактором эффективности судоходства вдоль юго-восточного побережья моря Уэдделла.

Обычно в трассовой зоне преобладают однолетние мелко- и крупнобитые льды толщиной 80-120 см, торосистостью 1-2 балла. Преобладающие размеры льдин 100-500 м. Наиболее важной особенностью ледовых процессов в трассовой зоне вдоль восточного и южного побережья моря Уэдделла является исключительно интенсивный характер ледообразования, которое начинается во второй половине февраля, и при наличии остаточных толщина молодых льдов к концу февраля может достигать уже 25-30 см.

Моря Лазарева и Рисер-Ларсена (район 3).

Существенное влияние на ледовые условия плавания в рассматриваемом районе оказывает язык Атлантического ледяного массива, который в первую половину навигации полностью определяет условия подхода судов на рейд станции Новолазаревская. В этот период протяженность трассы во льдах довольно значительна. Но уже к началу января ширина пояса дрейфующих льдов резко сокращается, льды сплоченностью 9-10 баллов практически исчезают до конца навигационного периода. Это приводит к резкому улучшению условий плавания.

При подходе судов в декабре-январе пояс дрейфующих льдов лучше пересекать по кратчайшему расстоянию. В феврале-марте судам лучше входить в прибарьерную полынью залива Ленинградский с курсовым углом 200° примерно по 13°в.д.

Размеры полыней у побережья морей Лазарева и Рисер-Ларсена незначительны (Приложение 8, рис.8.4, 8.5). Как правило, все полыньи с сентября по апрель сохраняют полную автономность, вероятность их наличия составляет 70-80%. Наиболее крупной является полынья залива Ленинградский. Отличительной особенностью этой полыньи является ее максимальное развитие в октябре с последующим сокращением размеров летом и разрастанием в марте.

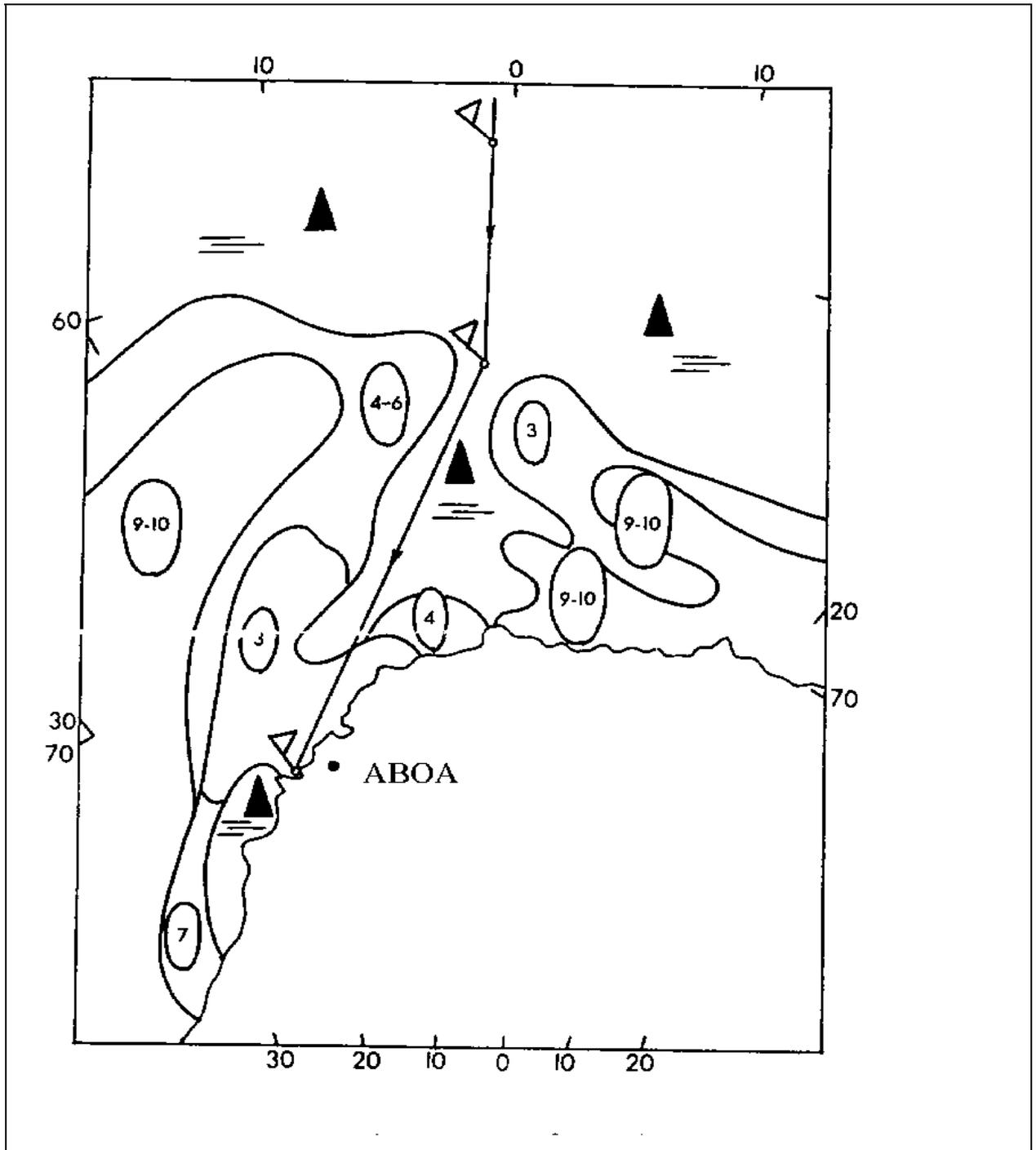


Рис.3.5 Плавание НЭС "Аранда" 20-23.12.88

Если такой характер сезонного развития для полыней моря Лазарева является

исключением, то в море Рисер-Ларсена он является весьма распространенным. Боль-

шинство полыней здесь имеют отчетливо выраженные максимумы в ноябре и марте и минимумы в январе или феврале.

В годы с повышенной ледовитостью моря Лазарева в первой декаде марта среди остаточных льдов начинается ледообразование. Нарастание молодого льда происходит очень интенсивно. Толщина молодых льдов среди остаточных к середине марта может достигать уже 25-35 см. Обязательным условием успешного плавания в этот период является использование полыни, обеспеченность которой составляет 100%, т.е. плавание должно осуществляться строго в трассовой зоне.

В крайней восточной части моря Рисер-Ларсена на его границе с морем Космонавтов расположена японская станция Сева. Ледовые условия в море Рисер-Ларсена формируются под влиянием тех же факторов, что и морей Лазарева и Космонавтов. В первую половину навигации - это влияние языка Атлантического ледяного массива. Во вторую половину навигации ледовые условия определяются постоянным поступлением льда из моря Космонавтов за счет западной прибрежной адвекции. Поэтому подходы в район ст.Сева, как правило, блокируются поясом дрейфующих сплоченных льдов. И хотя ширина этого пояса незначительна, он затрудняет условия плавания в прибрежной зоне, тем более, что полыни здесь развиты весьма незначительно.

Индийский сектор

Море Космонавтов (район 4). В соответствии с особенностями ледовых процессов (рис.3.6) плавание в море Космонавтов в район ст.Молодежная рекомендуется осуществлять по основной трассе, проложенной по меридиану станции, или ее восточному варианту - со стороны Земли Эндерби. Подходить к станции восточным вариантом целесообразно в ранний период (в декабре), так как к западу от Земли Эндерби за счет языка Атлантического массива наблюдаются сплоченные льды, граница которых располагается восточнее меридиана станции.

В конце ноября - начале декабря протяженность ледовой зоны по основной трассе равна в среднем 400-600 миль. В это время здесь преобладают сплоченные льды, протяженность которых составляет около 70% от общей протяженности ледовой зоны. В районе берега сплоченные льды практически не подвергнуты таянию и продвижение в них сопряжено с трудностями.

Во второй половине декабря вследствие смещения языка Атлантического массива к западу ледовые условия резко улучшаются, протяженность ледовой зоны уменьшается до 150 миль, сплоченные льды наблюдаются в основном в районе побережья и их протяженность составляет около 45% от общей протяженности ледовой зоны.

В январе в трассовой зоне происходит улучшение условий плавания, главным образом, за счет уменьшения количества сплоченных льдов. В феврале и марте в подавляющем большинстве случаев (70%) сплоченные льды на трассе отсутствуют, преобладают редкие и разреженные льды, протяженность которых составляет 60-90 миль.

В первой декаде марта при повышенной ледовитости моря Космонавтов среди остаточных льдов начинается ледообразование, которое в дальнейшем протекает менее интенсивно, чем в морях Лазарева и Рисер-Ларсена. Молодые льды толщиной 15-25 см появляются, как правило, не ранее третьей декады марта, но в первой декаде апреля они уже преобладают, а к концу апреля их толщина среди остаточных достигает 50-70 см. В годы пониженной ледовитости, исключительно благоприятные по ледовым условиям, плавание может осуществляться и за пределами 25% обеспеченности навигационного периода. Но оно сопряжено с большими трудностями и носит вынужденный характер. Средняя вероятность расположенных здесь стационарных полыней с сентября по апрель составляет 60-70%.

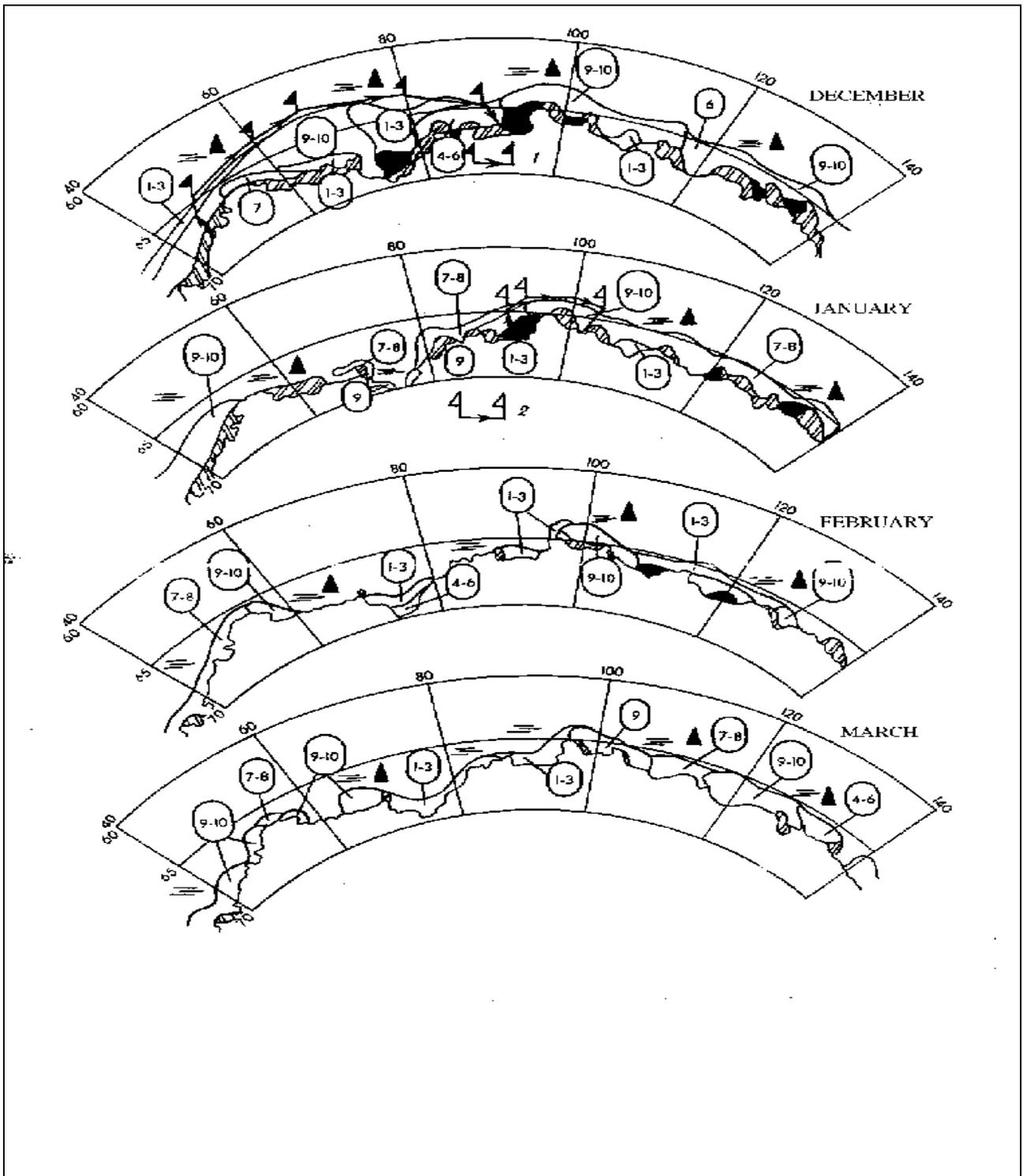


Рис.3.6 Ледовые условия в Индийском секторе Южного океана в навигацию 1987-1988 гг. Обозначения: 1 - путь д/э "Капитан Федосеев" 21-24.12.87, 2 - путь НЭС "Академик Федоров" 6-8.01.88

По сравнению с морями Лазарева и Рисер-Ларсена полыньи моря Космонавтов в период максимального развития примерно вдвое крупнее, приближаясь по площади к 2,0 тыс.км² каждая. Характерно, что в ноябре они достигают наибольшей протяженности и в виде узкой полосы изолированных полыней распространены вдоль 75% кромки припая. В последующие месяцы одновременно с увеличением площади усиливается их локализация.

Максимальные значения площади и вероятности полыней в море Космонавтов наблюдаются осенью, что связано со взломом припая и переходом полыней в стадию прибрежных.

Наиболее благоприятный период для судоходства в море Космонавтов при плавании к ст. Молодежная приходится на период с первой декады февраля по вторую декаду марта, когда обеспеченность плавания по чистой воде составляет 50-60% (K_T).

Море Содружества (район 5). Характерным для рассматриваемого района является интенсивное разрушение ледяного покрова в весенне-летний период, чему в значительной мере способствует развитие мощной прибрежной полыньи и столь же интенсивное ледообразование осенью, поскольку южное побережье моря практически находится на 70° ю.ш.

Благоприятные условия плавания к станциям, расположенным на южном побережье моря (Моусон, Дружная 4, Чжуншань, Прогресс и Дейвис) формируются с декабря по февраль включительно (рис. 3.7, 3.8).

В декабре центральная часть моря еще блокируется сплоченным (7-8 баллов) льдом, а в январе плавание уже возможно

среди разреженных льдов. Как в декабре, так и в январе плавание рекомендуется осуществлять в долготном секторе 75-80° в.д. с выходом на прибрежные полыньи в районах станций (Приложение 8, рис.8.6). В феврале плавание в море Содружества не представляет серьезных затруднений, но уже в начале марта начинается процесс развития ледообразования, нарастания молодого льда, и кромка смещается к северу. Вдоль припайно-ледникового побережья моря Содружества насчитывается 10 полыней. В основном они отличаются высокой вероятностью, в целом около 90%. Исключение составляют 3 полыньи в западной части моря, средняя вероятность существования которых составляет порядка 50%. В январе-феврале большинство полыней моря Содружества соединяются с открытыми водами океана.

Заслуживает особого внимания полынья залива Прюдс, которая является одной из самых крупных антарктических стационарных полыней. При условии сохранения внешнего пояса дрейфующего льда, в основном, приносимого из моря Дейвиса, площадь полыньи достигает максимальных размеров в феврале (65 тыс. км²). При этом она свободно сообщается с открытым морем на крайнем северо-западе, что имеет важное значение при плавании в этом районе. Полынья залива Прюдс со 100% вероятностью существует в течение длительного периода, практически с сентября по апрель.

Наиболее благоприятные условия плавания наблюдаются со второй декады января по третью декаду февраля. В этот период плавание возможно практически по чистой воде ($K_T = 1,0$).

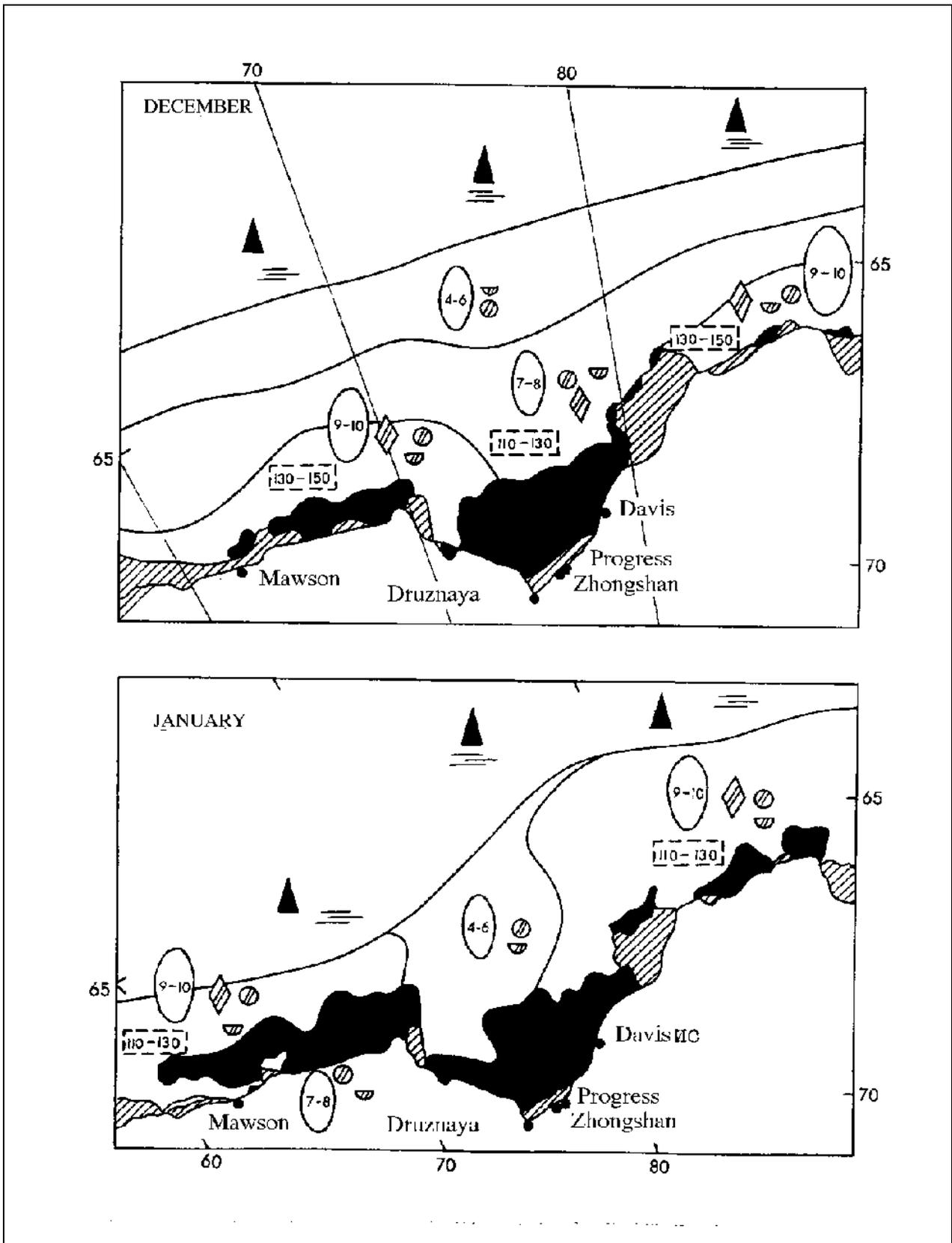


Рис.3.7 Ледовые условия в море Содружества по средним многолетним данным в декабре и январе

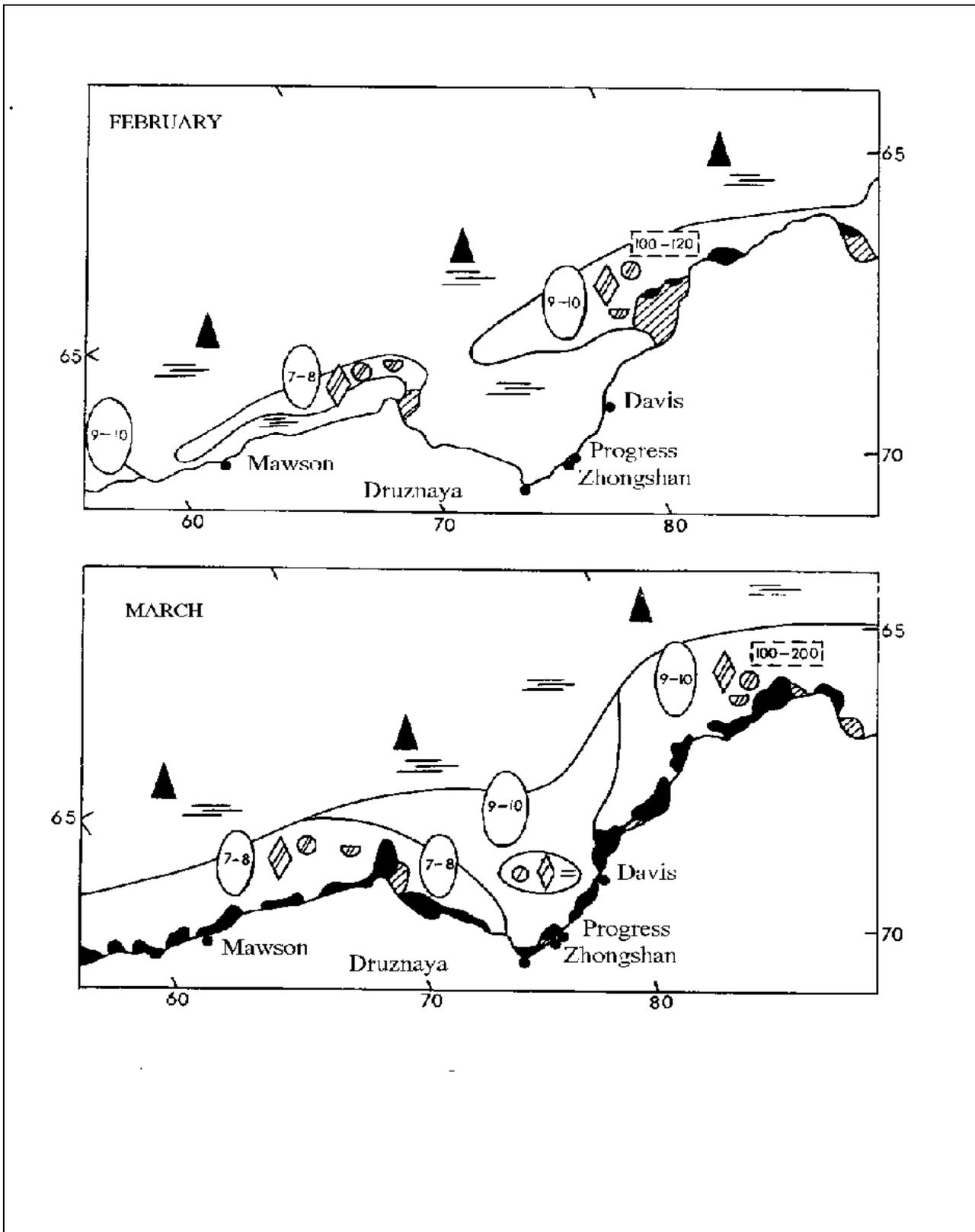


Рис.3.8 Ледовые условия в море Содружества по средним многолетним данным в феврале и марте

Необходимо подчеркнуть следующие важные обстоятельства, которые надо учитывать при планировании и осуществлении плавания в море Содружества и, в частности, в заливе Прюдс.

Несмотря на благоприятные условия плавания, грузовые операции в районах станций Прогресс и Чжуншань с середины декабря до середины февраля осложнены вначале взломом припая, а затем блокированием ледовым поясом основных мест выгрузки на западном берегу бухты Восточная.

В случае невозможности раннего, до середины декабря, подхода судов, когда выгрузку можно проводить через припай, помимо традиционного варианта работы в бухте Восточная, в качестве запасного района рекомендуется бухта Западная. Этот вариант предполагает прокладку канала в сохраняющемся до февраля припая и выгрузку по нему через пологий склон побережья в месте расположения станции Чжуншань.

При нахождении судна в бухте Восточная, постоянную опасность для него представляют многочисленные быстро и непредсказуемо дрейфующие айсберги. Кроме того, в период интенсивного ледообразования образуются скопления внутриводного льда, что является исключительно неблагоприятным фактором, поскольку происходит облипание корпуса судна молодым вязким льдом и резкое уменьшение его ледопроеходимости.

Море Дейвиса (район 6). При плавании в море Дейвиса в район ст. Мирный пояс дрейфующих льдов рекомендуется пересекать на курсовом угле 150° , т.к. в этом направлении формируются наиболее легкие условия плавания. Под влиянием западного переноса льдов в море Дейвиса постоянно наблюдается поток льда, идущий от северо-западной оконечности шельфового ледника Шеклтона. Повышенная ледовитость отмечается в юго-западной части моря, где скапливаются льды у берега в результате реакции береговой черты на дрейф льда, а также местных льдов, образующихся из-за взлома припая. Минимальная ледовитость отмечается в юго-восточной части, где вдоль западного края ледника Шеклтона образуется обширная полынья.

К западу от о. Дригальского образуются разрывы в виде полос чистой воды или зон редкого и разреженного льда. Это об-

стоятельство создает благоприятные условия для пересечения судами пояса дрейфующих льдов в этом направлении.

Наиболее значительное сокращение протяженности ледовой зоны на трассе наблюдается в декабре, когда ее протяженность по сравнению с ноябрем уменьшается почти в два раза за счет развития полыньи и интенсивного разрушения льда с юга. В дальнейшем происходит не только уменьшение ширины пояса дрейфующих льдов в трассовой зоне, но и исчезновение льдов сплоченностью 9-10 баллов в феврале-марте.

Полыньи моря Дейвиса имеют свои характерные особенности сезонного развития (Приложение 8, рис.8.7). Наиболее крупная из них, получившая название полыньи Дейвиса, расположена к западу от ледника Шеклтона. Уже в ноябре эта полынья занимает значительную площадь - около 15 тыс. км^2 . В декабре-феврале ее размеры резко увеличиваются в среднем до 25 тыс. км^2 и полынья распространяется почти на всей акватории моря Дейвиса. С началом устойчивого ледообразования, в марте, происходит быстрое сокращение полыньи, и уже в апреле она располагается узкой полосой площадью $1,5 \text{ тыс. км}^2$ вдоль западного барьера ледника Шеклтона.

Полынья к западу от острова Дригальского впервые появляется в сентябре, достигая своего сезонного максимума около $3,0 \text{ тыс. км}^2$ в ноябре. Затем в декабре-феврале она поглощается полыньей моря Дейвиса и осенью, как правило, не обнаруживается.

Заприпайная полынья на рейде Мирного представлена зачастую в виде двух небольших по размерам полыней, которые меняют свое положение между 90 и 94° в.д. Наиболее ярко она выражена в сентябре ($1,2 \text{ тыс. км}^2$), в октябре развита незначительно, с ноября по февраль входит в состав полыньи моря Дейвиса и отделяется от нее в марте.

Положение и характер сезонного развития указанных полыней в целом определяют условия плавания в море Дейвиса.

Ледообразование среди остаточных льдов на трассе начинается в первой декаде марта и протекает замедленно. На чистой воде ледообразование может не наблюдаться вплоть до третьей декады марта. Однако среди остаточных льдов к концу месяца образуются молодые льды толщи-

ной 15-30 см, а во второй декаде апреля их толщина достигает уже 50-70 см.

Характерной чертой ледового режима моря Дейвиса является сравнительно быстрое увеличение его ледовитости в осенний период, что обусловлено не только развитием ледообразования, но и поступлением льдов с востока, из моря Моусона за счет активизации атмосферных процессов и усиления прибрежной адвекции льда. За счет этого количество остаточного льда в море Дейвиса увеличивается, что оказывает негативное влияние на условия плавания в осенний период. В то же время усиление прибрежной адвекции льда способствует развитию и поддержанию полыньи вдоль западного берега ледника Шеклтона. Это обстоятельство необходимо учитывать при плавании осенью.

Самые благоприятные для судоходства условия сохраняются с третьей декады января до третьей декады марта. В этот период плавание могут осуществлять суда более низкого ледового класса, поскольку с обеспеченностью 70-85% плавание возможно по чистой воде ($K_T = 1,0$).

При плавании в море Дейвиса необходимо учитывать следующие особенности.

Непосредственно на подходах к Мирному плавание осуществляется двумя основными вариантами: западнее о.Дригальского либо обходя этот остров с востока в районе мыса Визе.

Обширное мелководье к северо-западу от о.Дригальского является местом, где постоянно стоит на грунте большое количество айсбергов, сплоченность которых составляет 8-9 баллов. Другое мелководье располагается к северу от шельфового ледника Шеклтона, сплоченность сидящих на мели айсбергов составляет обычно 6-7 баллов. Дрейфующий лед прижимается к восточной стороне скоплений айсбергов, образуя труднопроходимые зоны сплоченных льдов. К западу же от зон скоплений айсбергов постоянно существует сравнительно устойчивая цепь разрежений и разводий, благоприятствующих выходу судов к побережью.

К северу от ледника Шеклтона ледовая обстановка подвержена значительным изменениям. Иногда вдоль скоплений айсбергов у мыса Визе в ледяном массиве образуются разрывы, пользуясь которыми суда выходят на прибарьерную полынью, расположенную вдоль западной границы

шельфового ледника Шеклтона, а затем и на рейд ст.Мирный.

Район между морями Дейвиса и Сомова (район 7). Этот обширный район Индийского сектора является наиболее северным из всех районов, исключая северную оконечность Антарктического полуострова. Его побережье ориентировано вдоль полярного круга.

Ширина пояса дрейфующих льдов, блокирующих в навигационный период подходы к побережью, сравнительно невелика. Здесь так же, как и в других районах, среди дрейфующих льдов преобладают сплоченные льды.

Процесс разрушения ледяного покрова в рассматриваемом районе в силу его географического положения начинается рано, в начале ноября, и протекает очень интенсивно. Уже в январе-феврале зона дрейфующих льдов не является непрерывной, а распадается на ряд локальных скоплений. Эти скопления носят устойчивый стационарный характер и расположены к востоку от наиболее значительных выступов береговой черты к северу. Орография береговой черты, постоянный характер западной прибрежной адвекции льда являются основными факторами, определяющими стабильность ледовых условий в навигационный период. Свой вклад в их формирование вносят и прибрежные полыньи, как правило, развивающиеся в небольших заливах.

Море Моусона. Только одна из полыней, расположенных в этом море (в бухте Малыгинцев), появляется с вероятностью около 60%, остальные в навигационный период наблюдаются практически постоянно (Приложение 8, рис.8.8).

Наибольшими размерами отличается полынья в бухте Винсенс. Ее формирование начинается в сентябре ($0,9$ тыс.км²) у юго-восточного побережья, практически лишенного припая. С октября ($2,5$ тыс.км²) полынья распространяется на север вдоль крупного выступа припая, ежегодно образующегося между станцией Кейси и м.Пойнсетт.

Дальнейшее развитие полыньи во многом определяется интенсивностью взлома огромного участка припая, устанавливающегося от купола Боумен до ледника Андервуда на площади до 20 тыс.км². Так, существенное замедление разрастания полыньи в период с ноября по декабрь (около

8,0 тыс.км²) в точности совпадает с периодом стабилизации припая.

Наибольшее распространение до 15 тыс.км² полынья в бухте Винсенс получает в феврале в условиях начинающегося в конце месяца устойчивого ледообразования. При этом возможно ее сообщение с открытым морем, и даже полное исчезновение внешнего пояса дрейфующего льда. Осенью в большинстве случаев полынья резко сокращается в размерах, локализуясь собственно в пределах бухты Винсенс. В марте площадь ее распространения составляет 5,0 тыс.км², в апреле - 2,0 тыс.км². Ледовые условия плавания в районе ст.Кейси являются благоприятными. Следует обратить внимание, что в течение всего навигационного периода подходы к ст.Кейси обычно блокируются локальным скоплением дрейфующих льдов, которое расположено к западу от меридиана станции.

Район море Моусона - Д'Юрвиля. Вероятность полыней в этом районе в навигационный период составляет около 90% (Приложение 8, рис.8.8).

Самая крупная и устойчивая полынья образуется к западу от припайного полуострова, существующего на базе айсбергового языка Долтона. Площадь полыньи с ноября по февраль практически постоянна и равна 5,0 тыс.км². Осенью полынья резко увеличивается в размерах: в марте ее площадь составляет 15,0, в апреле - 10,0 тыс.км².

Вторая по размерам полынья образуется к западу от аналогичного участка припая в районе айсбергового языка Дибла. Максимальная площадь полыньи наблюдается в декабре (около 10 тыс.км²), а затем она постепенно уменьшается в своих размерах, занимая в феврале 9,0 тыс.км². В марте полынья сокращается до 2,0, в апреле - до 1,3 тыс.км².

Море Д'Юрвиля. Полыньи этого моря значительно отличаются между собой размерами и устойчивостью (Приложение 8, рис.8.9). Самые крупные полыньи образуются к западу от выводного ледника Мерца и в бух.Диссапойнтмент. Полынья у ледника Мерца непродолжительное время (в начале весны и глубокой осенью) представлена цепочкой небольших изолированных полыней, приуроченных к бухтам Коммонуэлт, Уотт и Бьюкенен, общая площадь которых в сентябре-октябре и апреле составляет все-

го 1,0-2,0 тыс.км². Их резкое увеличение в ноябре приводит к образованию единой полыньи, занимающей около 15,0 тыс.км².

Максимальное развитие полыньи у ледника Мерца и в бух.Диссапойнтмент получают одновременно в декабре, соединяясь друг с другом. В результате в прибрежной зоне моря Д'Юрвиля возникает огромное свободное от льда водное пространство средней площадью около 35,0 тыс.км². В январе большая часть акватории моря полностью очищается от льда.

Восстановление самостоятельности полыней происходит в конце февраля при достижении ими повторного максимума (до 30,0 тыс.км²).

В марте общая площадь полыней, существующих уже строго изолированно, не превышает 6,5 тыс.км².

Район ст.Дюмон-Д'Юрвиль более открыт, по сравнению с районом ст.Кейси, что позволяет осуществлять подходы к ней в более благоприятных условиях, практически по чистой воде.

Тихоокеанский сектор

Регулярное плавание судов во льдах морей Сомова, Росса и открытой части Тихоокеанского сектора связано с обеспечением российских станций Ленинградская и Русская, а также американской станции Мак-Мердо, станций и баз Терра-Нова (Италия), Скотт-Бей (Новая Зеландия), Ротера (Великобритания) и Сан-Мартин (Аргентина).

Характер развития ледовых процессов в Тихоокеанском секторе определяет исключительное разнообразие ледовых условий в навигационный период (рис.3.9).

Море Сомова (район 8). Условия плавания в этом море, в том числе и на подходах к ст.Ленинградская, определяются положением и динамикой Балленского ледяного массива. Для Балленского ледяного массива характерны высокая сплоченность льда, наличие двухлетних и даже многолетних льдов. Толщина двухлетнего льда превышает 250 см, однолетнего - 100-150 см, торосистость льда от 3 до 5 баллов.

В восточной части массива преобладают обломки полей и битый однолетний толстый и средней толщины лед (80-120 см и 40-80 см соответственно). Лед сильно восторошен (до 3-4 баллов), высота снега на однолетнем льду 20-30 см. Преобладающая высота торосистых образований 150-200

см. Однако наибольшую опасность для судоходства в районе представляют сильные сжатия льдов, наблюдающиеся при восточных и юго-восточных ветрах. вынужденные дрейфы д/э "Обь" в 1973 г. и НЭС "Михаил Сомов" в 1977 г. достоверное тому подтверждение.

С учетом положения Балленского ледяного массива подходы в район станции Ленинградская осуществлялись двумя вариантами: западным - по меридиану 159°в.д. и восточным - прибрежным. Восточный вариант предпочтительнее, когда Балленский ледяной массив занимает среднее положение, т.е. его восточная граница проходит по меридиану о-вов Баллени. В этом случае, оставляя о-ва Баллени к западу, рекомендуется следовать к мысу Адэр и далее прибрежной полыньей вдоль берега в район станции Ленинградская

Использование этого варианта возможно в период, когда Балленский ледяной массив не соединен со скоплениями дрейфующих льдов моря Росса, а вдоль побережья от мыса Адэр до района станции Ленинградская прибрежная полынья или заприпайные разрежения наблюдаются не на отдельных участках, а по всему предполагаемому маршруту следования судна. В связи с этим плавание судна по указанной ледовой трассе должно быть обеспечено данными о ледовой обстановке по снимкам ИСЗ, а непосредственно перед входом во льды - ледовой авиационной разведкой. Кроме того, на время перехода по трассе необходим надежный прогноз погоды. Следует остерегаться неблагоприятных нажимных ветров, при которых судно может быть прижато дрейфующими льдами к неподвижному припаю.

Западный вариант подхода по 159°в.д. является предпочтительным тогда, когда массив вытянут в широтном направлении и его восточная граница смещена к востоку от о-вов Баллени. В этом случае ширина массива на меридиане станции может быть минимальной и пересечение массива для су-

дов повышенного ледового класса не представляет трудностей.

Возможна и такая ситуация, когда Балленский ледяной массив занимает западное положение. Его восточная граница значительно смещена к западу от о-вов Баллени и располагается примерно на меридиане станции.

При западном положении массива подходы к станции Ленинградская могут быть исключительно легкими, если восточная граница массива расположена западнее меридиана станции, что иногда бывает в марте-апреле. Более вероятно, что при западном положении массива подходы к берегу будут блокированы прибрежной зоной сильно сплоченных и сжатых льдов шириной 5-10 миль, образовавшейся за счет обломков взломанного припая. Пересечение этой зоны судном сопряжено с большими трудностями и риском оказаться в ледовом плену. Вход в эту зону не рекомендуется, выгрузку судна необходимо производить с использованием вертолетов.

Полыньи моря Сомова незначительны по размерам (0,5-1,0 тыс.км²) и сравнительно неустойчивы, вероятность их наличия в навигационный период около 50% (Приложение 8, рис.8.10).

Наибольшее практическое значение для мореплавания имеет полынья, образующаяся у ледника Томилина (примерно в 15 милях к северо-западу от станции Ленинградская). Максимальные размеры этой полыньи отмечаются в январе-феврале (1,0 тыс.км²). В период с ноября по март полынья в данном районе присутствует постоянно.

В марте начинается интенсивное ледообразование, существенно сокращается протяженность пути по чистой воде прибрежной полыньи. Наиболее благоприятные условия плавания наблюдаются в феврале. Самостоятельное плавание судов ледовой категории УЛ в район станции Ленинградская практически невозможно.

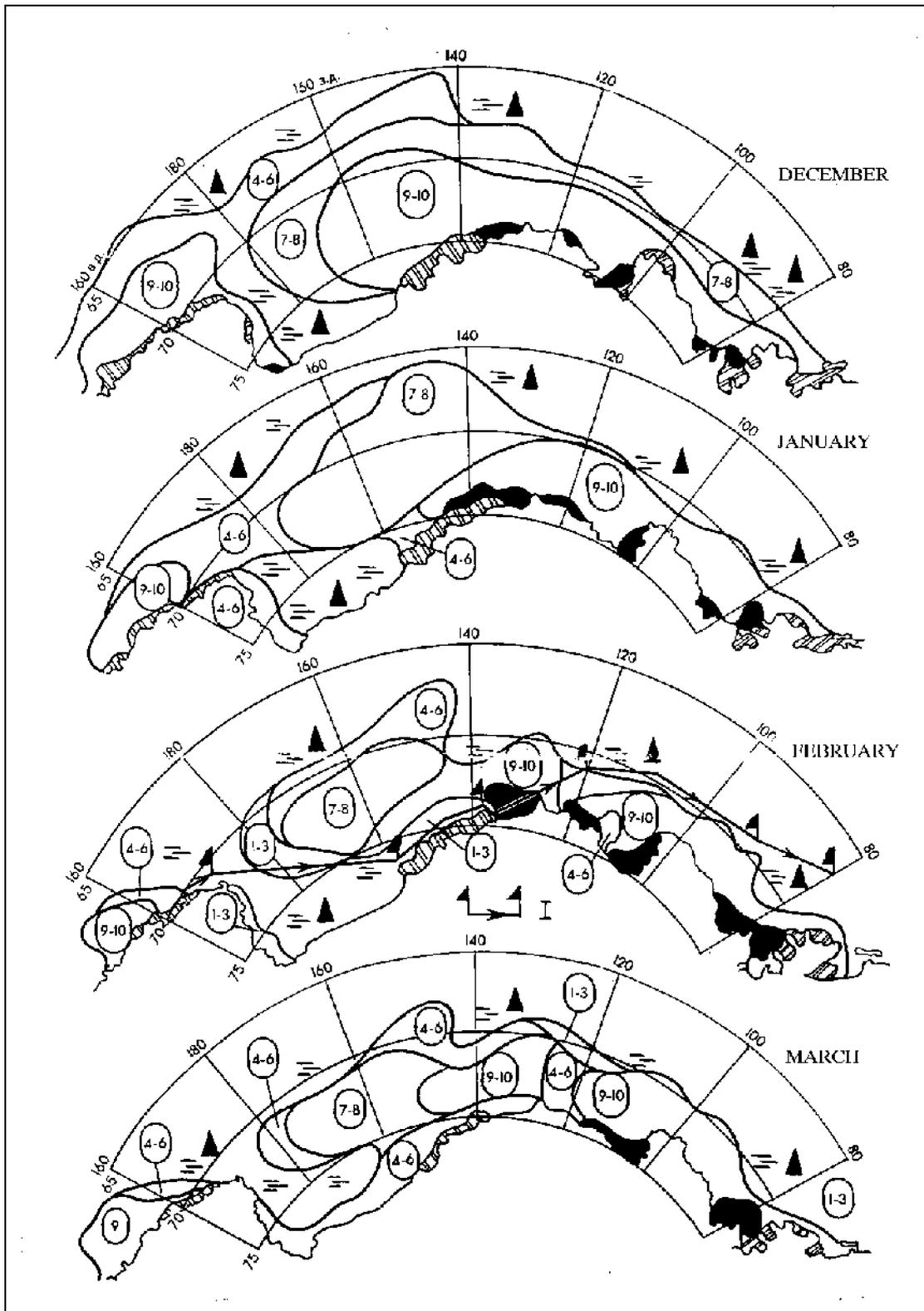


Рис.3.9 Ледовые условия в Тихоокеанском секторе Южного океана в навигацию 1987-1988гг. 1 - путь НЭС "Академик Федоров" в феврале 1988г.

Море Росса (район 9) .Плавание американских ледоколов и транспортных судов других стран осуществляется в основном по маршруту, который проходит по 179°в.д. Протяженность ледовой зоны на трассе в ноябре обычно составляет 500-600, в декабре около 300 миль. Причем протяженность зоны сплоченных льдов не превышает 40-50% от общей ширины пояса дрейфующих льдов. Вследствие быстрого очищения моря Росса в январе протяженность ледовой зоны на трассе уменьшается до 150-200 миль. Причем эта зона состоит из сильно разрушенных льдов, которые серьезного препятствия для плавания судов не представляют. В море Росса существует несколько стационарных полыней (Приложение 8, рис.8.10-8.11). Уникальным, не имеющим аналогов явлением следует считать полыню, получившую название полыньи Росса. Площадь этой полыньи в январе достигает абсолютного значения для всех замерзающих бассейнов Мирового океана - 520,0 тыс.км². Ледовый режим моря и условия плавания полностью определяются развитием данной полыньи.

Начало образования полыньи Росса приходится на вторую половину сентября. Она формируется в виде прерывистой зоны чистой воды шириной около 5 миль вдоль барьера шельфового ледника Росса от мыса Крозир до бухты Бей-оф-Уэйлс. Площадь полыньи в это время составляет всего 1,7 тыс.км². В октябре размеры полыньи увеличиваются до 15,0, в ноябре - до 50,0, в декабре - 20,0 тыс.км². В январе, как уже отмечалось, ее площадь достигает 520,0 тыс.км² и полынья соединяется с открытыми водами океана. До конца февраля море Росса практически свободно от льда за исключением полосы остаточных льдов у побережья Земли Виктории. В марте в условиях интенсивного образования молодого льда происходит повторное оформление полыньи Росса в виде узкой разорванной полосы открытой воды вдоль барьера ледника Росса. Значение ее суммарной площади близко к наблюдаемому в сентябре.

Такой же характер имеют сезонные изменения размеров полыньи, которая с вероятностью около 80% ежегодно присутствует в навигационный период к западу от полуострова Эдуарда УП между бухтой Бей-оф-Уэйлс и мысом Колбек. К ноябрю площадь этой полыньи достигает 8,0 тыс.км² и происходит ее устойчивое соединение с полыней Росса. В декабре-январе

площадь полыньи составляет 25,0-30,0 тыс.км². В феврале она не выражена в связи с очищением акватории от дрейфующего льда. В марте полынья Эдуарда VII восстанавливается как самостоятельное образование и представлена несколькими изолированными полынями общей площадью 2,5 тыс.км².

Следует указать на возможность в летний период кратковременной локализации полыньи в результате блокирования побережья примерно в районе 161°з.д. характерным языком внутренней, южной кромки пояса дрейфующего льда.

Район станции Русская (район 10) . Ледовые условия плавания в район станции Русская в значительной мере определяются особенностями развития западной части Тихоокеанского массива, которая испытывает сезонные и межгодовые колебания. При усилении западной прибрежной адвекции льда западная периферия массива занимает северное положение, при ослаблении - южное, полностью блокируя побережье.

В зависимости от положения западной части ледяного массива плавание к станции рекомендуется осуществлять двумя вариантами.

Первый (основной) вариант предусматривает пересечение пояса дрейфующих льдов в западной части Тихоокеанского ледяного массива, в зоне между 135 и 140°з.д. Основная трасса проложена в зоне наиболее вероятного разрежения дрейфующих льдов, где ширина ледового пояса, как правило, минимальна. Наиболее существенное сокращение ледовой зоны на основной трассе наблюдается в конце января и феврале при весьма значительном количестве сплоченных льдов.

На участке антарктического побережья между морями Росса и Амундсена, где расположена ст. Русская, все полыньи приурочены к излучинам кромки припая, который почти наполовину состоит из многолетнего льда (Приложение 8, рис.8.12). Полыньи района в навигационный период весьма устойчивы, вероятность их наличия составляет 80-90%, и отличаются достаточно крупными размерами от 2,0 до 8,0 тыс.км².

Группа полыней западной части района имеет важное навигационное значение при плавании к мысу Беркс со стороны моря Росса прибрежным вариантом. Обычно во второй половине января, когда суммарная

площадь этих полыней достигает 20,0 тыс.км², они разделяются перемычками дрейфующего льда общей протяженностью не более 25 миль. Полное исчезновение ледовых перемычек на длительный срок наблюдается исключительно редко.

Максимальное развитие четырех стационарных полыней в восточной части района отмечается также в январе, когда возможно их соединение между собой и образование единой полыни площадью до 25,0 тыс.км².

Наиболее легкие условия плавания наблюдаются в первой и второй декадах февраля.

В конце февраля и начале марта ледовая обстановка резко ухудшается. Несмотря на то, что ширина ледовой зоны в это время может быть незначительной, плавание в это время сопряжено с риском оказаться в ледовом плену вследствие образования и интенсивного нарастания молодого льда. К тому же двухлетние льды среди остаточных в западной части Тихоокеанского ледяного массива - обычное явление. Поэтому планирование и осуществление морских операций в районе ст.Русская в наиболее благоприятный период с третьей декады января по вторую декаду февраля является обязательным и необходимым условием их успешного выполнения.

Прибрежный вариант плавания следует учитывать как возможный (с обеспеченностью не более 20%) в случае северного положения западной части Тихоокеанского ледяного массива, когда на участке от мыса Беркс образуется обширная зона чистой воды или развивается прибрежная полынья.

Сложные ледовые условия в районе ст. Русская, сохранение сплоченных льдов в течение всего навигационного периода делают невозможным самостоятельное плавание судов категории УЛ и более слабых.

Заканчивая описание ледовых условий плавания в районе станции Русская, целесообразно дать короткую характеристику этих условий в зимний период, т.е. за пределами обычного навигационного периода.

Имеется ввиду плавание л/к "Владивосток" в район дрейфа НЭС "Михаил Сомов" во льдах Тихоокеанского ледяного массива в июле 1985 года (рис.3.10), которое подтвердило, что главной физико-

географической особенностью ледяного покрова Южного океана является его исключительная динамичность, которая приводит к образованию хорошо развитых систем каналов и разводий. Это создает принципиальные возможности для активного плавания ледоколов даже в самый неблагоприятный зимний период во льдах антарктических массивов при условии современной постановки научно-оперативного обеспечения таких плаваний.

Действительно, за 11 суток плавания л/к "Владивосток", оперативно используя систему каналов и разводий, прошел во льдах массива около 900 миль со средней эксплуатационной скоростью около 3,8 узла. Задержки в пути были вызваны темным временем суток, плохой видимостью, когда ледокол лежал в дрейфе в ожидании возможности выполнения вертолетной ледовой разведки. Отдельные перемычки ледокол преодолевал ударами, заклинивался, находясь без движения длительное время, до 18 часов.

Причем наиболее существенные затруднения ледокол испытывал при форсировании перемычек тяжелого льда с повышенной заснеженностью, в районе 70° и 74°ю.ш. Подтвердилось большое влияние снежного покрова на проходимость антарктического ледяного покрова.

Успешным было и совместное плавание л/к "Владивосток" и НЭС "Михаил Сомов" из района дрейфа на кромку льда по каналам и разводьям.

Плавание л/к "Владивосток" как автономное, так и совместное с НЭС "Михаил Сомов", подтвердило принципиальную возможность выбора стратегии плавания во льдах на основе информации ИСЗ и решения тактических вопросов по данным вертолетной авиаразведки.

Море Амундсена (район 11) . Ни одному судну за всю историю изучения Антарктики не удавалось достигнуть побережья этого моря, блокируемого восточной частью Тихоокеанского ледяного массива. Именно здесь закончилась неудачная попытка Джеймса Кука в 1774 г. достигнуть на "Резолюшене" берегов Антарктиды и открыть ее. Наиболее близко к полуострову Терстон подходили американские ледоколы "Глетчер" и "Бертон-Айленд" (1960), и "Н.Палмер" (1993 г.).

У побережья моря Амундсена ежегодно в навигационный период с вероятностью

100% образуется три полыньи: небольшая по размерам полынья в заливе Рассел и относящиеся к одним из наиболее крупных в Антарктике полыньи к западу и востоку от языка шельфового ледника Туэйтса, названные Н.Стретеном двойной полыньей моря Амундсена (Приложение 8, рис.8.13). Наиболее развита западная полынья, достигающая в январе-феврале около 55 тыс.км². Максимальная площадь восточной полыньи отмечается в феврале - до 45 тыс.км². В феврале возможно также соединение обеих полыней как между собой, так и с водами открытого океана в районе полуострова Терстон.

Море Беллинсгаузена (район 11). Побережье моря Беллинсгаузена, так же как и моря Амундсена, плотно блокируется восточной частью Тихоокеанского ледяного массива. Ни одному судну не удавалось достичь его берегов. Здесь в 1898 г. начался годичный вынужденный дрейф бельгийского судна экспедиции А.Жерлаша "Бельжика". Уникальное плавание в море Беллинсгаузена совершил зимой 1993 г. американский ледокол "Н.Палмер". Ему удалось достигнуть максимальной южной широты 70°25' вдоль 84°00' з.д.

Большинство полыней, расположенных в прибрежной зоне моря Беллинсгаузена, существуют в течение всего навигационного периода с вероятностью 100% (Приложение 8, рис.8.14). Три наиболее крупных полыньи находятся у центрального участка побережья. На период максимального развития в феврале их объединенная площадь

составляет 35,0 тыс.км². В отдельных случаях они могут соединяться с водами открытого океана. В марте-апреле площади этих полыней резко сокращаются до 4,0 тыс.км² каждая.

Вдоль западного побережья Антарктического полуострова расположено четыре полыньи, также отличающихся высокой устойчивостью. Наиболее крупными являются полыньи, возникающие с мористой стороны острова Аделейд и архипелага островов Биско. В период максимального развития в ноябре, соединяясь не только между собой, но и с соседней припайной полыньей залива Маргерит, они образуют одно сплошное водное пространство площадью около 15,0 тыс.км² от мыса Русский до островов Питт. В последующем их размеры неуклонно сокращаются, а полынья у островов Биско с января по март исчезает из-за полного очищения данного района. Полынья у острова Аделейд летом сохраняется у его юго-западной оконечности. В феврале она соединяется с открытым океаном.

Условия плавания к станциям Ротера и Сан-Мартин определяются сроками взлома и становления припая в северной части залива Маргерит. Наиболее благоприятным периодом для подхода к этим станциям является февраль-март, когда разрушение припая сопровождается быстрым развитием стационарных полыней вплоть до полного очищения акватории залива в отдельные годы (Приложение 8, рис.8.15).

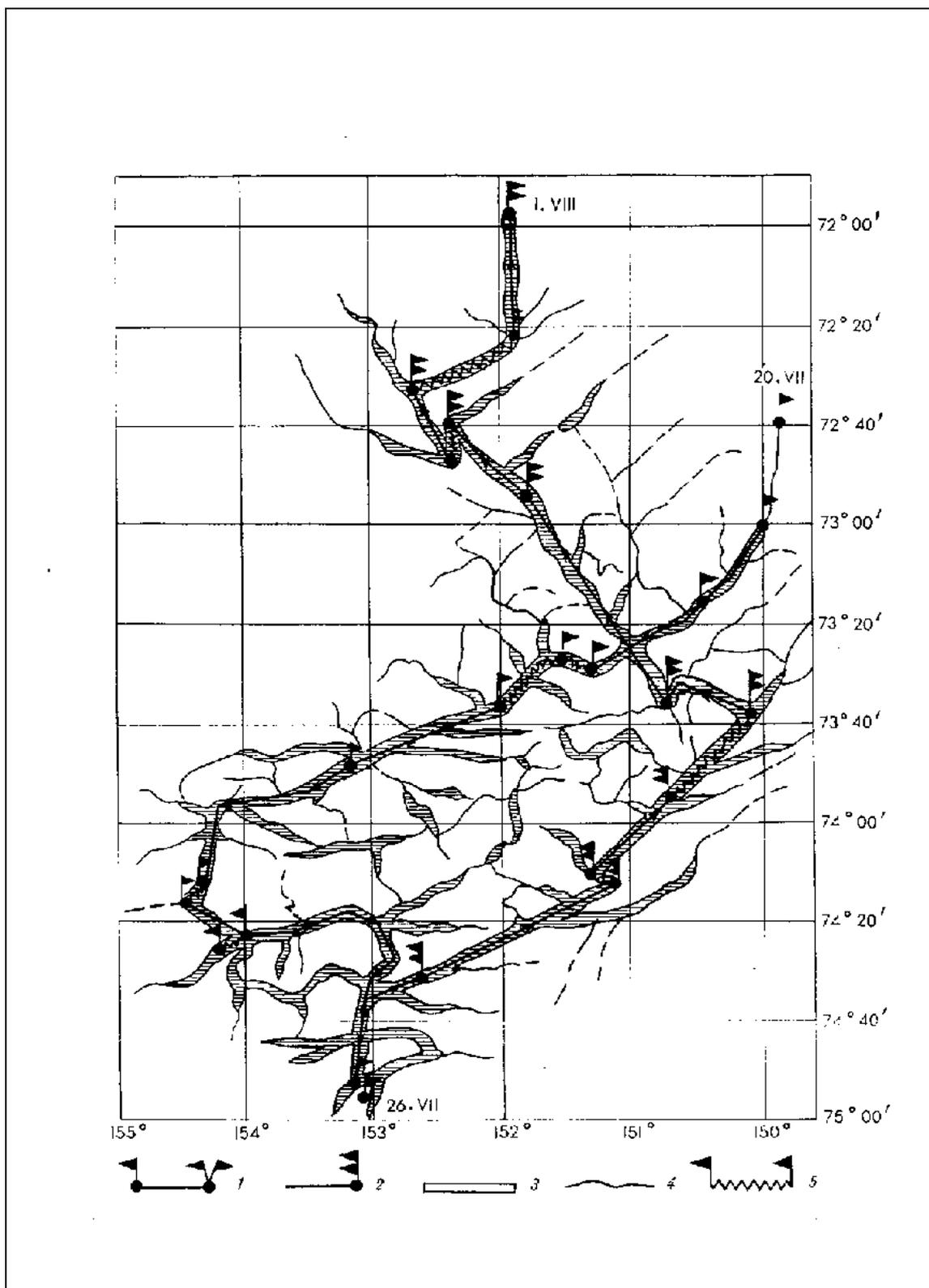


Рис.3.10 Ледовые условия плавания в Тихоокеанском ледяном массиве 20.07-11.08.85 г. Обозначения: 1 - автономное плавание л/к "Владивосток", 2 - совместное с НЭС "Михаил Сомов", 3 - каналы и разводья шириной более 50м, 4 - менее 50м, 5 - дрейф.

ГЛАВА 4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ГРУЗОВЫХ ОПЕРАЦИЙ У АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Разгрузочные работы у побережья Антарктиды представляют наиболее сложный этап морских операций, особенно при отсутствии оборудованных стационарных причалов. Известны следующие способы выгрузки: выгрузка с использованием авиации; выгрузка с использованием наземного транспорта; выгрузка на барьер.

Способ выгрузки определяется ледовой и метеорологической обстановкой, наличием на судне транспортных средств, габаритами и массой доставляемого груза.

В качестве грузовой площадки можно использовать припай и дрейфующие льды, низкие столообразные айсберги, береговой причал (барьер), а также вертолетные площадки на борту судна.

Вид грузовых операций у антарктического побережья определяется и состоянием несущей способности припая. В ноябре-декабре, когда припай в районе большинства станций еще достаточно крепкий, выгрузка обычно производится с использованием припая. На припай выгружаются самолеты и вертолеты, крупно- и мелкогабаритные грузы. Груз может доставляться на станцию наземным транспортом по припаю и с помощью авиасредств.

В январе - первой половине февраля припай, вследствие его разрушения при таянии, становится непригодным для использования наземного транспорта. В это же время подходы к барьеру обычно блокируются полями взломанного припая, поэтому грузовые операции производятся, в основном, с помощью вертолетов.

Со второй половины февраля и в марте, когда появляется возможность подойти к берегу в связи с отсутствием припая, разгрузка может осуществляться прямо на барьер.

4.1. Выгрузка с использованием авиации

Доставка грузов выполняется самолетами и вертолетами различных типов. Подготовка авиационных средств может выполняться на припайном льду или айсбергах. Использование самолетов возможно на припае, на дрейфующих льдах, на столооб-

разных айсбергах, длина и состояние поверхности которых позволяют создать ВПП.

Вертолет может доставить груз от борта судна непосредственно на место хранения. Ему не требуется ВПП, он может работать непосредственно с судна. Использование вертолетов дает большой выигрыш во времени, позволяет сравнительно точно планировать время проведения грузовых операций.

Операции с припая

Проводятся только после тщательного промера толщины льда непосредственно у борта судна и на участке предполагаемой ВПП.

Работы по подготовке авиасредств состоят из комплекса мероприятий по обеспечению выгрузки самолетов, буксировки к месту сборки и организации ВПП.

Для проведения этих работ требуется около двух суток хорошей погоды, а также отсутствие зыби, которая может привести к взлому припая. Взлом припая может произойти не только при прохождении циклона непосредственно в районе работ, но и в прикромочной зоне дрейфующего льда. В этом случае зыбь доходит до кромки припая с опозданием на одни-два суток, и его взлом может произойти при ясной штилевой погоде. Надежное синоптическое обслуживание в этом случае играет решающую роль. Места подготовки авиасредств и ВПП должны быть удалены от кромки на максимально возможное расстояние, не менее 500-1 000 м.

При длительных перерывах между полетами в целях безопасности самолеты должны базироваться на берегу, а вертолеты - на берегу или на вертолетной площадке судна.

Операции с дрейфующего льда

Одной из особенностей антарктического дрейфующего ледяного покрова является преобладание мелко- и крупнобитых форм, а также тертого льда. На южной периферии зоны дрейфующих льдов можно встретить поля и обломки полей, достаточно большие по размерам и надежные для проведения грузовых операций.

Чаще всего в весенне-летний период работы на дрейфующих льдах связаны с

необходимостью выгрузки и сборки самолетов и вертолетов и создания временной ВПП. Для этого определяется несущая способность ледяного покрова (см. 4.3.1). Как исключение допускается устройство настилов на льду из досок как на местах сборки вертолетов, так и на грузовых площадках.

В осенний период, когда припай, как правило, взломан и вынесен, пригодные для разгрузки айсберги отсутствуют и характер берегового барьера делает невозможным швартовку к нему, можно использовать молодой лед толщиной 20-30 см.

Операции с айсбергов

Проведение грузовых операций с айсбергов имеет место в особых условиях. Для выгрузки с помощью авиации айсберги используются в том случае, когда ледовые условия не позволяют подойти судну к барьеру, а припай отсутствует или не обладает достаточной прочностью для использования его при выгрузке. В этом случае судно швартуется к столообразному айсбергу и уже с него производятся полеты самолетов и вертолетов.

Приближаться к айсбергам следует осторожно, так как у внешних их кромок на глубине 2-3 м образуются подводные выступы - траны, достигающие иногда 50 м. У разрушающихся айсбергов, кроме того, вследствие подмыва и таяния происходит перемещение центра тяжести, которое может вызвать их внезапное опрокидывание.

Наиболее удобными для проведения грузовых операций являются столообразные айсберги высотой менее 10 метров. Особое внимание следует обращать на волноприбойную или термоабразионную нишу по урезу воды, вдоль которой происходит обвал краевой части айсберга, подмытого водой. Чаще всего такой обвал происходит под воздействием морского волнения и зыби. Ледяные тараны ниже уреза воды также могут создавать помехи при работе. Они могут нанести повреждения корпусу судна.

Айсберг, выбранный для выполнения грузовых операций, может сидеть на мелководье и находиться на плаву. И в том, и в другом случае не исключена возможность его столкновения с другими айсбергами. Поэтому положение всех айсбергов в области обзора должно постоянно контролироваться вахтенной службой судна.

Проведение грузовых операций с вертолетной площадки судна также практику-

ется в антарктических условиях. Подобная ситуация, например, может возникнуть на рейде антарктических станций в конце летнего периода при отсутствии припая и удобного барьера.

При таком способе разгрузки на берег можно доставлять только малогабаритные грузы, размещаемые внутри вертолета.

Работа вертолетов непосредственно с судна сопряжена с определенным риском: от летчиков требуется опыт и профессиональное мастерство, чтобы посадить машину на небольшую площадку. Не допускается производство работ при неблагоприятных метеорологических условиях: при заметном волнении моря, ветре свыше 15 м/с и плохой видимости.

Доставка груза с борта судна на берег на внешней подвеске не рекомендуется по соображениям техники безопасности, хотя и применяется в экстремальных ситуациях.

4.2. Выгрузка на барьер

Швартовка к берегу производится с целью выгрузки или погрузки крупногабаритных грузов при отсутствии припая.

При погрузо-разгрузочных работах на шельфовом и материковом льдах следует иметь в виду:

- уклон поверхности ледника в сторону судна допускается не более 20°;
- высота ледяного барьера в месте швартовки не должна превышать высоту борта судна, а стенка барьера не должна иметь выступов более 2 м;
- во время разгрузки судна и приема груза наземному транспорту запрещается подходить к краю барьера на расстояние ближе 10 м;
- в случае уклона ледника в сторону ледяного барьера (в допустимых пределах) транспортные средства должны работать с взаимной подстраховкой. Вдоль кромки барьера необходимо установить по длине судна ограничительные брусья или бревна для предотвращения соскальзывания людей и попадания их в пространство между ледяным барьером и бортом судна;
- запрещается применять тягачи, транспортеры и тракторы в качестве якоря при швартовке судов;
- запрещается выход людей на шельфовый и материковый льды и проведение

погрузо-разгрузочных операций (в том числе и выход наземного транспорта на ледовые трассы) при видимости менее 500 м и ветре более 20 м/с.

Выгрузка на барьер производится чаще всего осенью. В этот период резко усиливается циклоническая деятельность, чаще наблюдаются штормовые ветры. Поэтому требуется надежное крепление судна у ледяной стенки. Для швартовки судна с носа и кормы заводятся по три капроновых троса с удалением от судна не менее чем на 100 м, которые крепятся ледовыми якорями. В качестве ледовых якорей используются три бревна, или пустые непригодные для использования металлические баллоны, вставляемые в отверстия, пробуренные в материковом льду с помощью кольцевого бура на глубину 4/5 длины такого якоря.

При отсутствии кольцевого бура ледовые якоря сооружаются следующим образом. Во льду выпиливается прямоугольник или квадратная ниша глубиной 120-150 см с нависающим уступом. Под уступом в нишу закладывается обрезок бревна диаметром 30-40 см, на котором удавкой крепится ригель из металлического троса диаметром 32-36 мм. Длина ригеля должна быть такой, чтобы его огон выходил на поверхность льда. Заложённое в нишу бревно с ригелем расклинивается между стенками ямы в поперечном направлении двумя другими обрезками бревен.

Стоянка судна у барьера почти всегда сопровождается ударами борта о ледяную стенку с опасностью его повреждения. Поэтому рекомендуется использовать большое количество кранцев.

4.3. Выгрузка наземным транспортом

В последние годы в связи с расширением использования авиации этот способ значительно утратил свое назначение. И, тем не менее, крупногабаритный неделимый груз массой более трех тонн (транспортная техника, жилые дома нового типа, емкости для нефтехранилищ и т.п.) может быть выгружен на берег только при швартовке судна к ледяному барьеру или доставлен наземным транспортом. Непременным условием проведения выгрузки наземным транспортом является хорошее состояние припая, позволяющее проложить трассу для тяжелой транспортной техники.

Возможны два варианта работы этим способом: грузовые операции на длинном расстоянии, когда расстояние от разгружающегося судна до места подъема груза на барьер составляет несколько десятков километров, и работа на коротком расстоянии, когда выгрузка на припай производится недалеко от барьера (до нескольких километров).

При этом способе выгрузки необходим тщательный выбор трассы движения, сбор данных о толщине, строении и прочности льда для определения несущей способности ледяного покрова, правильная разметка трассы, ограждение опасных участков на припаяе и постоянный контроль за состоянием трассы.

Осмотр припая с воздуха позволяет наиболее правильно оценить его состояние и рационально расположить трассу. При осмотре с воздуха определяется положение трещин, зоны их выклинивания, предполагаемые места наведения мостов, выделение заснеженных зон и зон снежниц. В особо опасных местах при этих рекогносцировочных работах производится посадка на лед, определяется толщина льда и снега и в точках изменения направления трассы устанавливаются вежи, либо другие маркировочные знаки.

4.3.1 Расчет несущей способности ледяного покрова

Способность ледяного поля выдерживать вертикальную нагрузку определяется толщиной льда, его прочностью, распределением нагрузки и временем ее нахождения на льду. Для безопасности работ на льду особое значение приобретает правильная оценка предельных нагрузок. Существуют различные эмпирические и полуэмпирические методы расчета несущей способности ледяного покрова, которые используют в Антарктике при обеспечении безопасности грузовых операций. В соответствии с полуэмпирическим методом расчет максимальной нагрузки P_{\max} на пределе прочности льда производится по следующей формуле:

$$P_{\max} = F(H, S_{\text{гр}}) * \sigma_{\text{и}} * H^3$$

где: H - толщина льда, м; $S_{\text{гр}}$ - площадь опоры груза, м²; $\sigma_{\text{и}}$ - предел прочности льда при изгибе, МПа, значения $F(H, S_{\text{гр}})$ даны в табл.4.1.

Таблица 4.1 Значение параметра F (H, S_{гр})

H, м	ПЛОЩАДЬ ОПОРЫ ГРУЗА S _{гр} , м ²									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
0.1	914	1163	1357	1600	1829	1970	2133	2328	2560	2845
0.3	184	210	222	245	254	272	294	307	320	334
0.4	120	136	147	154	162	173	179	186	200	208
0.6	64	74	77	83	88	90	91	93	96	99
0.8	43	48	51	54	58	59	61	62	64	66
1.0	32	35	39	41	42	43	45	46	47	48
1.2	26	28	30	32	34	34	35	36	37	38
1.4	21	22	24	26	27	27	28	29	30	30
1.5	20	22	23	24	26	26	27	28	29	29

Затем полученное значение $P_{\text{макс}}$ уменьшается соответственно коэффициенту запаса прочности N , который назначается, сообразуясь с требуемой безопасностью работ на льду, ценностью груза, а также учитывая определенные гидрометеорологические условия, ослабляющие ледяной покров в целом (трещины во льду, оттепели, вода на льду).

Таким образом, допустимая эксплуатационная нагрузка с учетом запаса прочности составит:

$$P_n = P_{\text{макс}} / N$$

Для удобства практического использования значения нагрузки $P_{\text{макс}} - P_n$ даны в единицах массы - тоннах.

Для расчета $P_{\text{макс}}$ необходимые данные о толщине и прочности льда определяются непосредственно на участке ледяного покрова или по трассе движения транспорта.

Полученные данные по обследованию на трассе толщин льда, его строения и прочности должны критически анализироваться с целью выявления наиболее слабых участков льда на трассе. В расчет принимаются наименьшие из измеренных толщин льда, причем из них вычитается толщина верхнего или нижнего совершенно слабого слоя льда, если такие слои имеются. Прочность льда определяется как средневзвешенная величина для тех слоев льда, толщина которых принята для расчета.

Если по каким-либо причинам непосредственные испытания льда на прочность не производятся, то можно использовать статистические данные по прочности различных видов морского льда, которые приведены в табл.4.2. Данные этой таблицы хорошо отражают сезонную изменчивость прочности антарктических льдов.

Таблица 4.2 Предел прочности льда на изгиб

ВИД И ТОЛЩИНА ЛЬДА (H) В ОПРЕДЕЛЕННЫЙ ПЕРИОД ГОДА	ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ ЛЬДА НА ИЗГИБ σ , МПА			
	средн.	макс.	мин.	
Молодой лед, H=0,1-0,3 м, апрель-июнь	0.78	1.01	0.53	
Однолетний тонкий, H=0,3-0,7 м, апрель-июнь	0.78	1.30	0.43	
Однолетний средний и толстый, H=0,7-2,0 м	июль-ноябрь	0.87	1.40	0.45
	декабрь	0.46	0.62	0.27
	январь	0.46	0.86	0.25
	февраль	0.55	0.86	0.44

На рис.4.1 представлена кривая зависимости предела прочности морских антарктических льдов при изгибе от температуры льда, а на рис.4.2. приведены значе-

ния толщины льда (H) в зависимости от прочности льда ($\sigma_{\text{и}}$) и коэффициента запаса прочности (N).

Коэффициент N назначается в зависимости от состояния ледяного покрова и условий его эксплуатации согласно табл.4.3.

Эксплуатация ледяного покрова при коэффициенте запаса прочности N=1,6 относится к типу нормальной эксплуатации ледовой трассы. Нормальная эксплуатация дает возможность уверенного движения одиночных грузов без ограничения интервала между ними. Допускается непродолжительная стоянка одиночного груза.

Эксплуатация ледовой трассы на пределе прочности не имеет запаса прочности, т.е. N=1, что связано с особым риском. Такая транспортировка грузов допускается лишь в исключительных случаях. При этом остановка груза (транспорта), как и их встречное движение, категорически воспрещается.

Эксплуатация ледовой трассы с пониженным запасом прочности, N=1,2 является промежуточной между нормальной и эксплуатацией на пределе прочности с риском. При такой транспортировке грузов обязательно устанавливается расстояние между ними. Приведенные в табл. 4.3 значения коэффициента N относятся к случаю одновременной или периодической транспортировки грузов по ледяному покрову. В случае организации постоянно действующей на какой-то период переправы значения коэффициента следует увеличить в 1,5 раза. Предельные нагрузки, которые ледяной покров выдерживает в случае приложения их непосредственно на краю поля, в 2-4 раза меньше, чем на удалении от края примерно на 15 Н.

Таблица 4.3 Значение коэффициента прочности льда (N) в зависимости от состояния ледяного покрова и условий его эксплуатации

ХАРАКТЕР НАГРУЗОК НА ЛЕД	СОСТОЯНИЕ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА			
	ненарушенный ровный	неравномерная толщина	несквозные трещины	сквозные трещины
Единовременная установка груза или периодическая его транспортировка на пределе прочности	1.00	1.20	1.25	1.60
Периодическое нагружение льда или эпизодическая транспортировка грузов	1.20	1.60	1.75	2.00
Постоянная транспортировка недогрузов и их складирование	1.50	1.50	1.75	Недопустимо

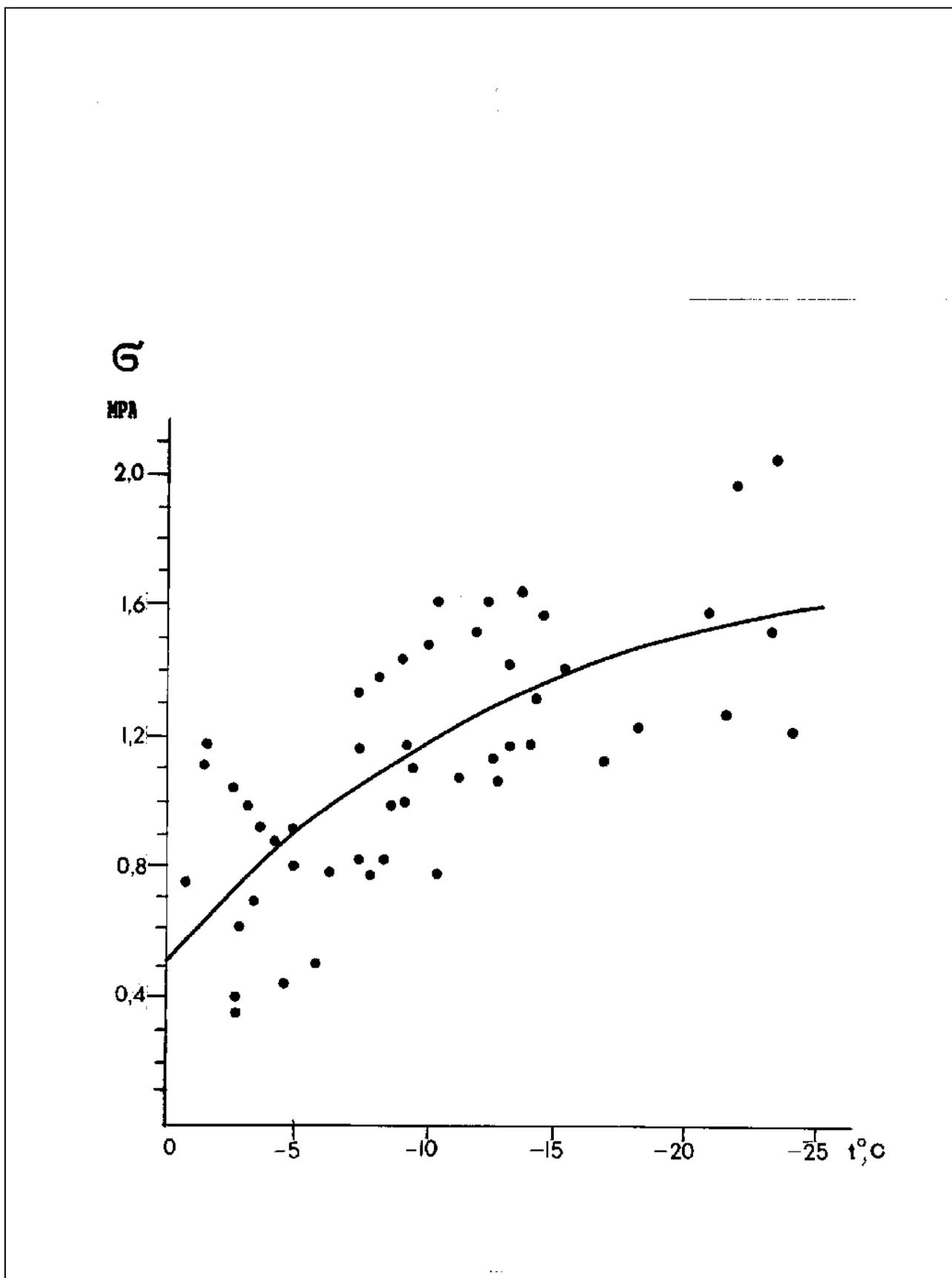


Рис.4.1 Зависимость предела прочности антарктических льдов при изгибе от температуры льда

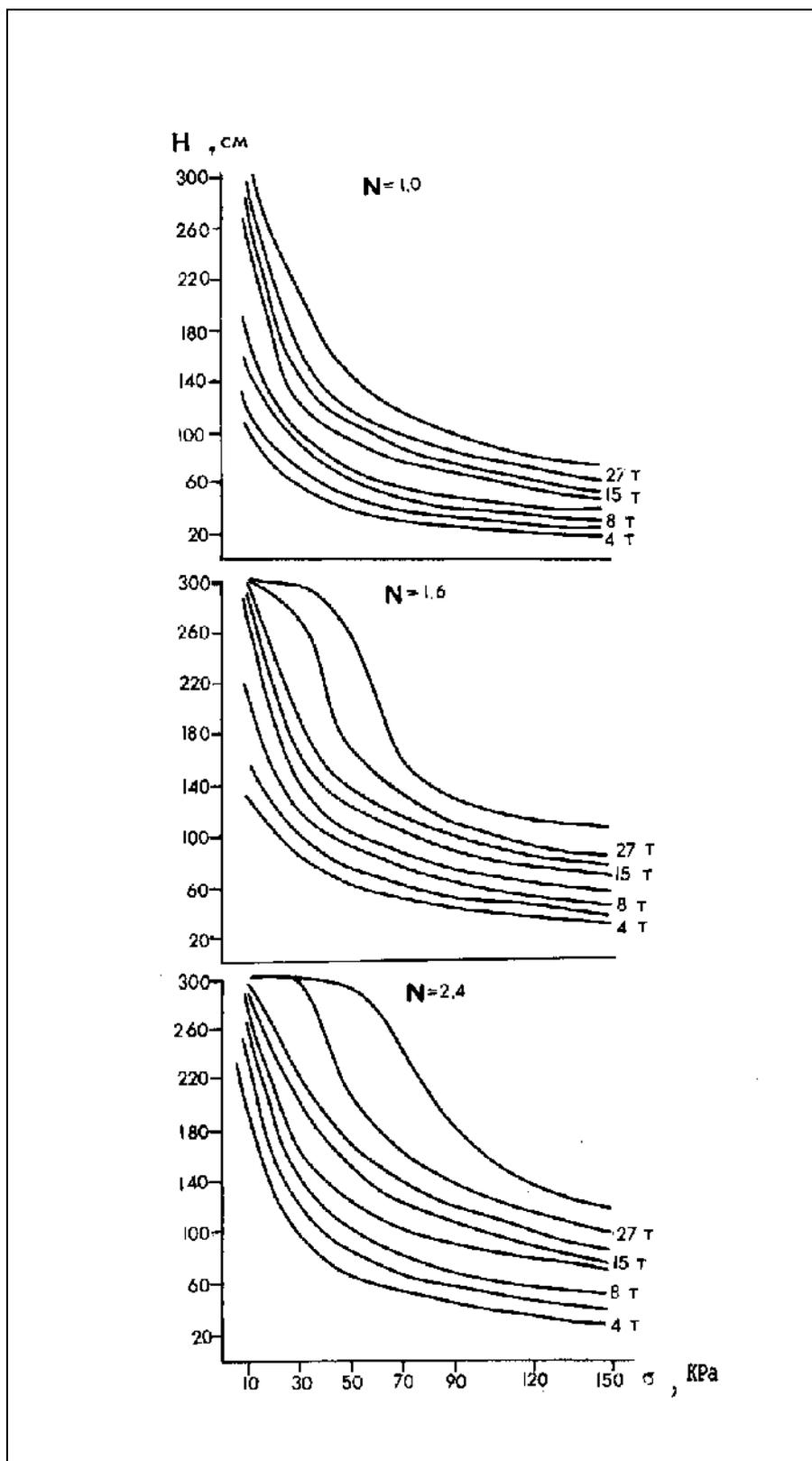


Рис.4.2 Значения толщины льда ($H_{л}$) в зависимости от прочности льда (σ) и коэффициента запаса прочности (N).

Примеры расчета

Необходимо выгрузить в декабре транспортное гусеничное средство с борта судна на припай и переправить его на берег. Масса гусеничного транспорта равна $P_{гр} = 25$ т, площадь опоры гусениц $S_{гр} = 5$ м². Преобладающая толщина льда: 1,4-1,5 м. Верхний слой льда толщиной 15-20 см, пористый, пропитан водой. Нижний слой льда толщиной до 10 см заселен диатомовыми водорослями. Прочность остальной толщи льда по испытаниям на малых образцах составляет в среднем 0,7 МПа.

Определяем толщину льда для расчета несущей способности. Для этого из общей толщины льда вычтем толщину верхнего разрушенного слоя толщиной 20 см, и нижнего, толщиной 10 см, заселенного диатомовыми водорослями:

$$H = 1,4 - 0,2 - 0,1 = 1,1 \text{ м}$$

Определим параметр $F(H, S_{гр})$, согласно табл.4.1 при $H=1,1$ м и $S=5$ м²:

$$F(H, S_{гр}) = 33$$

Определим максимальную нагрузку на пределе прочности:

$$P_{\text{макс}} = F(H, S_{гр}) \sigma_{и} N^3 = 33 * 0,7 * (1,1)^3 = 30,7 \text{ т}$$

Определим запас прочности данного ледяного покрова:

$$N = P_{\text{макс}} / P_{гр} = 30,7 / 25 = 1,2$$

Таким образом, переправа указанного транспортного средства возможна при условии выбора трассы по ненарушенному ледяному покрову.

Как указывалось, допустимая эксплуатационная нагрузка на лед у борта судна должна быть в 2-3 раза меньше $P_{\text{макс}}$. Следовательно, в данном случае допустимая нагрузка на ледяной покров у борта судна составляет порядка 10-15 т, что существенно меньше веса транспортного судна.

Для выгрузки транспортера на лед необходимо увеличить площадь опоры путем создания прочного настила из длинных бревен и толстых досок. Рекомендуется, чтобы настил достигал длины от борта судна не менее 15 толщин льда ($15H$), а если площадь его составляла примерно 150-250

м². При этом нахождение груза на настиле должно быть только кратковременным.

В связи с большими неопределенностями сведений о прочности льда для ориентировки на рис.4.2 приведены расчетные значения толщины льда в зависимости от его прочности в диапазоне от 0,1 до 1,5 МПа при работе транспортных средств в условиях нормальной переправы с нарушенным ледяным покровом (запас прочности 2,4) и без его нарушений ($N=1,6$), а также при работе на пределе прочности льда ($N=1$).

В соответствии с табл.4.2 и рис.4.2, из которых можно получить примерное значение прочности льда $\sigma_{и}$, по рис.4.3 можно ориентировочно определить безопасную толщину ледяного покрова для работы различных транспортных средств.

Рассмотрим второй пример расчета. Необходимо в январе выгрузить на ледяное поле и организовать ВПП для самолета, масса которого 5т, $S_{гр} = 2$ м². Толщина льда за вычетом разрушенных слоев составляет в среднем 0,9-1,1 м. Испытание льда на прочность не производилось. В соответствии с табл.4.2 и рис.4.2 принимаем $\sigma_{и}$ в интервале 0,3-0,5 МПа.

Согласно рис.4.3 для нормальной нагрузки на лед самолета АН-2 ($N=1,6$) необходимая толщина составляет 0,7-0,9 м, а для $N=2,4$ соответственно 0,9-1,1 м.

Таким образом, данное ледяное поле пригодно для разгрузки и создания ВПП. Так как $N=2,4$, то это позволяет выгружать самолет на лед без создания настила.

Многолетний опыт обеспечения ледовых трасс на антарктическом припае подтвердил надежность экспертных оценок допустимых эксплуатационных нагрузок в зависимости от сезонного состояния ледяного покрова и его толщины по упрощенной формуле:

$$P_N = V * H^2 / a ,$$

где P_N - допустимая эксплуатационная нагрузка с повышенным запасом прочности, более 2,5; H - толщина льда, м; V - коэффициент распределения нагрузки: для колесных транспортных средств $V=100$, для гусеничных менее 18 т - $V=115$, для гусеничных более 18 т - $V=125$; a - коэффициент в зависимости от состояния ледяного покрова.

Таблица 4.4 Значения коэффициента «а»

ПЕРИОД	ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА	А
декабрь	Однолетний лед, средние и нижние слои сохраняют зимнюю прочность на изгиб около 0,7 МПа	6,0
январь-начало февраля	Однолетний лед, развит поверхностный слой деструкции, прочность на изгиб средних и нижних слоев уменьшилась до 0,3 МПа	2,4
конец февраля- март	Однолетний (остаточный) лед, развит слой вторично-рекристаллизационного льда большой прочности, прочность нижних слоев минимальна	2,5
март-апрель	Остаточный лед, промерзание льда сверху проникло на 0,4-0,5 м	6,0

Таблица 4.5 Значения коэффициента состояния ледяного покрова (n)

N	СОСТОЯНИЕ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА
0	Поверхность льда покрыта слоем воды или большим слоем снега.
1	Снега на льду нет, температура воздуха ниже -5°C.
2	Снега на льду нет, температура воздуха ниже -10°C.
3	Снега на льду нет, температура воздуха ниже -15°C

Расчет продолжительности времени нахождения на льду транспорта или груза можно выполнить по формуле:

$$t = 20 \cdot (n+1) \cdot [(P_N - P_t)^2 / (P_N \cdot P_t)]$$

где P_t - масса груза, который должен находиться на льду в течение времени; t - допустимое время, часы; n - коэффициент учета состояния ледяного покрова, в зависимости от пластической деформации льда.

При производстве грузовых работ на антарктическом льду необходимо учитывать, что наибольшую опасность представляют следующие факторы:

- недостаточная несущая способность льда (малая толщина и прочность);
- напряженное состояние ледяного покрова, вызванное воздействием ветра, течений, зыби, дрейфом близлежащих айсбергов, давлением сползающих в океан ледников и другими причинами;
- наличие во льду трещин, глубоких снежиц, проталин, промоин;
- быстрое изменение ледовой обстановки, взлом припая под воздействием океанической зыби, отрыв ледяных полей, перевертывание айсбергов, крупные обвалы ледяного барьера.

4.3.2. Основные правила эксплуатации ледовых трасс на припаяе

Основные правила заключаются в следующем:

1. Организуется постоянное тщательное наблюдение за состоянием ледовой обстановки и ледовой трассы. В случае обнаружения неблагоприятных изменений на трассе (появление трещин, воды, промоин льда, подвижки и т.п.) принимаются соответствующие меры по эксплуатации ледовой трассы (устройство мостов, настилов или перенос трассы).

2. В целях обеспечения безопасности грузовых операций необходимо систематически проверять путем расчетов допустимые нагрузки на лед в зависимости от изменения физико-механических свойств льда, погоды и других факторов.

3. Запрещается движение вдоль трещин. При возникновении трещин на трассе последняя должна быть перенесена в сторону на ненарушенный участок ледяного покрова.

4. Использование ледовой трассы без достаточного запаса прочности допускается только в исключительных случаях. При этом запрещается перевозка людей, а для водителей в обязательном порядке обеспечива-

ется возможность немедленно покинуть транспортное средство в случае пролома льда.

5. В случае большого запаса прочности льда ($N > 2$) скорость движения транспорта на трассе не ограничивается, однако не рекомендуется встречное и параллельное движение на расстоянии, меньше чем 50-100 м.

6. В случае использования ледовой трассы с малым запасом прочности ($N = 1, 2-1, 5$) необходимо соблюдение следующих дополнительных правил:

а) запрещается движение транспорта со скоростями, близкими к критическим, т.е. 30-50 км/час;

б) следует по-возможности придерживаться постоянной скорости и не допускать резких ее изменений;

в) запрещается обгон транспорта;

г) при параллельном и быстром движении транспорта, грузов расстояние между ними должно быть не менее 150 м;

д) не рекомендуется делать на льду резкие повороты и остановки транспорта;

е) не допускаются большие скорости транспорта при движении по неровному льду, так как удары вызывают дополнительные напряжения во льду и могут быть причиной его разрушения.

7. При малом запасе прочности льда рекомендуется использовать для работы транспорта ночные и утренние часы, когда отрицательные температуры воздуха способствуют повышению прочности верхних слоев ледяного покрова.

8. Особо опасным участком ледовой трассы может оказаться переходной участок между морским льдом и берегом. Наибольшую опасность здесь представляют приливные трещины. Необходимые технические мероприятия для обеспечения безопасности движения транспорта обычно состоят в наведении моста из бревен или заделки трещин во льду (бревнами, обломками льда, снегом). Все опасные участки на припайном льду необходимо обвеховать и установить соответствующие указатели и предупредительные знаки.

9. При разгрузках судна наибольшие нагрузки приходятся на полосу льда, непосредственно примыкающую к борту судна

шириной 5-10 м, где часто наблюдаются трещины, расположенные параллельно борту. Организация грузовых работ на обломках ледяного покрова у борта судна запрещена. Особую опасность представляют скрытые трещины у борта судна. Поэтому перед началом разгрузки необходимо тщательное обследование ледяного покрова вокруг судна. Опасные участки льда (тонкий лед или трещины) обязательно обозначаются предупредительными знаками и на них обращается внимание при инструктаже рабочих бригад по технике безопасности перед выходом этих бригад на ледяной покров.

10. При выгрузке с судна на лед тяжеловесов рекомендуется в целях обеспечения техники безопасности первый тяжеловес поставить на лед у борта судна с подстраховкой на ослабленном тросе грузовой стрелы. Если в течение 5-15 минут под этим грузом не пойдут трещины и не выступит на поверхности льда вода, то нагрузку на лед следует считать в пределах допустимой для нормальной эксплуатации. В качестве одного из методов контроля за состоянием льда можно рекомендовать наблюдения за изменением высоты надводной части льда у его кромки.

11. При производстве погрузо-разгрузочных операций запрещается находиться под грузом и в зоне действия грузовой стрелы судна.

12. Не допускается накапливание груза у борта судна на льду. С борта судна груз должен быть сразу размещен на транспортных средствах и только в крайних случаях может быть сделано временное складирование небольших партий груза.

13. Не допускается скапливание транспортных средств у борта судна.

14. При ухудшении метеорологической или ледовой обстановки груз, спущенный на лед, должен быть поднят обратно на судно, транспортные средства рассредоточены на льду, весь личный состав экспедиции, находящийся на льду, должен быть доставлен на судно. В случае угрозы взлома припайного льда все грузы и транспортные средства должны быть подняты на судно.

ГЛАВА 5. ОСНОВЫ И ПРИНЦИПЫ УЧЕТА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ СУДОХОДСТВА

Качество гидрометеорологического обеспечения судоходства определяется уровнем знаний о природных условиях. Не умаляя необходимости подробного изучения всех составляющих природных условий плавания, в настоящее время главное внимание уделяется ледяному покрову как основному фактору, который необходимо учитывать при планировании, организации и научно-оперативном обеспечении судоходства в замерзающих районах Мирового океана.

Определенные представления о природных условиях плавания во льдах Южного океана можно составить на основе гидрометеорологической и ледовой информации общего пользования. Однако, как свидетельствует мировой опыт гидрометеорологического обслуживания морских отраслей, эффективность и безопасность их работы существенно повышается за счет специализации гидрометеорологической и ледовой информации в интересах конкретной практической деятельности.

Основным видом такой информации при гидрометеорологическом обслуживании плавания судов во льдах являются навигационные рекомендации или специализированные прогнозы различной заблаговременности.

Навигационные рекомендации состояются с различной заблаговременностью: сверхдолгосрочные (от одного до нескольких лет), долгосрочные (от 2 до нескольких месяцев) и краткосрочные (от 1 до 30 суток). В общем виде принципиальная схема составления навигационных рекомендаций не зависит от вида исходной информации (климатическая, режимная или прогностическая). Практически при разработке навигационных рекомендаций используют все виды информации.

Методы прогноза гидрометеорологических и особенно ледовых условий применительно к антарктической области Южного океана находятся в стадии развития. В этих условиях исключительно важное значение приобретает текущая гидрометеорологическая и ледовая информация, применяемая в определенных целях, для решения тактических задач мореплавания, а также режимная и климатическая информация, которая является основой планирования морских операций, определения основных направлений тактики их реализации и стратегии развития судоходства в Южном океане, в том числе и коммерческого.

Источниками информации в Антарктике являются: постоянно действующие станции, расположенные на континенте и прилегающих островах; экспедиционные и промысловые суда, которые выполняют работы в Южном океане, дрейфующие базы и спутниковые наблюдения за ледяным покровом.

5.1. Оперативная информация

Этот вид информации используется для решения тактических задач, возникающих во время выполнения морских операций. Информация о текущих и ожидаемых гидрометеорологических условиях используется для корректировки безопасного курса движения судна как по чистой воде, так и среди айсбергов и дрейфующих льдов, уточнения сроков выполнения различных этапов морских операций. Вопросы тактики ледового плавания достаточно полно и квалифицированно освещены в ряде прикладных работ, которые могут быть весьма полезными для судоводителей. Здесь рассмотрим специфические особенности оперативного информационного обеспечения судоходства в антарктических водах и льдах.

Антарктические станции

Освещенность южной полярной области постоянными пунктами наблюдений примерно в 40 раз меньше, чем в северной. При этом антарктические станции расположены крайне неравномерно и, как следствие, освещенность гидрометеорологической информацией того или иного района Антарктики неодинакова (Приложение 1).

Наибольшее количество станций сосредоточено на Антарктическом полуострове и прилегающих островах. Сравнительно равномерно, но недостаточно часто распределены станции по побережью Восточной Антарктиды (от 10°з.д. на восток до 140°в.д., а также от 160°в.д. на восток до меридиана Мак-Мердо). Отсутствуют научные станции и сезонные наблюдательские посты на побережье Западной Антарктиды от 160°з.д. до 70°з.д., а также восточное побережье Антарктического полуострова и южном берегу моря Уэдделла. Однако, в этом районе в последние годы отмечается активизация научной деятельности Англии, Аргентины, Германии, Финляндии и Швеции.

Существенной составной частью ледовой информации являются прибрежные ледовые наблюдения, выполняемые на российских станциях. Содержание наблюдений заключается в картировании ледовой обстановки на рейде станции в пределах видимого горизонта, определение сроков наступления основных фаз развития и разрушения ледяного покрова, измерении основных характеристик припая (толщины льда, высоты снега), и его физико-механических свойств.

Судовые наблюдения

Помимо антарктических станций и сезонных баз, важными источниками гидрометеорологической информации являются экспедиционные, научно-поисковые и промысловые суда. Гидрометеорологические наблюдения на НИС и НЭС, как правило, включают в себя аэрометеорологические наблюдения, попутные ледниковые наблюдения, маршрутный гидрографический промер. Производится прием спутниковой информации о ледовых и синоптических условиях в районе плавания, что имеет исключительно важное значение для его научно-оперативного обеспечения. Выполнение океанографических работ планируется и осуществляется в зависимости от задач рейса и конкретных условий. В районах антарктических станций во время выполнения грузовых операций производятся исследования физико-механических свойств ледяного покрова, результаты которых используются для обеспечения работ, связанных с использованием грузоподъемности льда.

Дрейфующие буи

Важным средством получения гидрометеорологической информации в Южном океане являются дрейфующие буи, с помощью которых определяются гидрологические параметры в верхнем слое океана глубиной до 100 м. Информация дрейфующих буев через систему связи США "Аргос", установленную на ИСЗ, поступает в береговые центры сбора, где она кодируется и передается в сводку Всемирной службы погоды.

Спутниковые наблюдения

Использование в 60-х годах искусственных спутников Земли (ИСЗ) для наблюдения за ледяным покровом, которое в начале 70-х годов стало регулярным, положило начало качественно нового этапа в изу-

чении антарктических льдов и существенной корректировки принципов и методов научно-оперативного обеспечения судоходства.

Наличие автономных пунктов приема информации (АППИ) с метеорологических ИСЗ на станциях Молодежная и Беллинсгаузен позволяет в настоящее время получать регулярную ледовую информацию фактически по акваториям антарктических морей и за их пределами.

Антарктические АППИ могут принимать снимки ИСЗ, работающих в режиме непосредственной передачи, т.е. ведущих съемку Земли и одновременно передающих информацию в метровом диапазоне радиоволн.

В настоящее время для ледовых наблюдений на АППИ используются телевизионные (ТВ) снимки ИСЗ систем "Метеор-2", "Метеор-3", инфракрасные (ИК) снимки ИСЗ США НОАА, снимки, получаемые с помощью радиолокатора бокового обзора (РЛС БО) с ИСЗ типа "Космос-1500" и "Океан", данные многоканального микроволнового зондирования с ИСЗ США серии DMSP и других спутников.

В общем, с ИСЗ, работающих в зоне радиовидимости станций и снимающих местность вокруг них, можно получить информацию на расстоянии до 3000 км в зависимости от высоты спутника.

ТВ-снимки видимого диапазона ИСЗ "Метеор-2,3" и ИСЗ НОАА воспроизводят яркостное изображение наземных объектов в прямом соответствии с их отражательной способностью. ТВ-снимки можно получать только при достаточной освещенности, поэтому в полярных и приполярных районах они могут использоваться преимущественно летом (в южном полушарии с октября по апрель).

ИК-снимки воспроизводят яркостные изображения объектов приблизительно пропорционально температуре их поверхности. Зимой, при значительных контрастах температуры поверхности льда и воды ИК-снимки хорошо передают изображения ледовых объектов, летом, когда температуры поверхности льда и воды близки (около 0°C), ледовые наблюдения в ИК-диапазоне затруднительно. При съемке в ТВ и ИК-диапазонах изображение облачности над ледовыми районами часто искажает или вообще маскирует находящиеся под ней ледовые объекты.

С октября по апрель ледовые карты Антарктики составляются по ТВ-снимкам ИСЗ, с мая по сентябрь по ИК-снимкам ИСЗ, так как при пониженной освещенности ТВ-информация практически отсутствует. Поскольку ИК-снимки имеют значительно меньшую разрешающую способность, точность географической привязки ледовых объектов на зимних картах ниже, чем на летних. Кроме того, точность географической привязки уменьшается по мере удаления изображаемых на снимках ледовых объектов от берегов Антарктиды, по которым производится географическая привязка. В среднем на картах, составленных по ТВ-снимкам в летний период, точность географической привязки ледовых характеристик составляет 5-10 км, в местах, удаленных от береговых ориентиров более чем на 500 км, она уменьшается до 10-15 км. На картах, составленных по ИК-снимкам зимнего периода, точность привязки составляет 10-20 км.

Ледовые объекты, расположенные вблизи кромки, которая может располагаться на удалении более 1000 км от берегов Антарктиды, могут быть нанесены на карту с ошибкой до 30 км. По существу многие важные ледовые характеристики, особенно возраст льда, по ТВ- и ИК-снимкам выделить невозможно, и обзорные ледовые карты, получаемые по южной полярной области, содержат недостаточную информацию. Наиболее перспективным является использование радиолокационных снимков ИСЗ, которые позволяют определять независимо от наличия облачности и освещенности положение кромки льдов, возраст, сплоченность старых и молодых льдов; границы различных ледовых зон, каналы и разводья; возрастной состав припая; очертания и положение крупных айсбергов, сморозей старых льдов. Однако ограниченный захват местности и слабая контрастность изображения морских льдов также вносят определенные ограничения в ее возможности.

5.2. Режимная и климатическая информация

Достаточно четкую границу между режимной и климатической информацией применительно к южному полушарию можно очертить лишь условно, поскольку ряды регулярных наблюдений за гидрометеорологическими характеристиками и парамет-

рами сравнительно невелики. Учитывая важность этой информации для научно-оперативного обеспечения судоходства, кратко остановимся на ее характеристике.

Прежде всего, весьма полезными как для планирующих органов, так и для судоводителей помимо существующих лоций являются различные атласы, в которых обобщены результаты изучения гидрометеорологического и ледового режима Южного океана за различные периоды.

Среди них прежде всего необходимо отметить изданные в России Атлас Антарктики (1966-1969 гг.) и Атласы океанов (1974-1980 гг.). Но наибольшую практическую ценность представляет изданный в 1987 г. "Атлас опасных и особо опасных для мореплавания и рыболовства гидрометеорологических явлений южных частей Атлантического, Тихого и Индийского океанов". В этом издании по существу отражен весь комплекс режимных и климатических характеристик гидрометеорологических явлений и процессов в Южном океане.

Исходным материалом при построении карт послужили данные попутных судовых наблюдений и экспедиционных исследований НИС за 1891-1980 гг. общим числом свыше 2,4 млн. метеорологических наблюдений; данные морских антарктических станций, самолетов ледовой разведки и искусственных спутников Земли за 1956-1981 гг., ежедневные синоптические карты южного полушария за один срок (06 ч. по Гринвичу) за 1974-1983 гг.

Атлас издан одной книгой, состоящей из трех частей:

- часть I - южная часть Атлантического океана от 0 до 77° ю.ш. и 70° з.д. - 20° в.д.;
- часть II - Индийский океан от 30° с.ш. до 77° ю.ш. и 20° - 145° в.д.
- часть III - южная часть Тихого океана от 0 до 77° ю.ш. и 145° в.д. - 70° з.д.

Каждая из частей атласа содержит следующие разделы: штормовой ветер, штормовое волнение, ограниченная видимость, распространение льдов и обледенение судов, тропические циклоны и типовые синоптические ситуации. Карты всех разделов, кроме синоптических ситуаций, которые разделены по типам процессов, составлены помесечно. В разделе "Ветер" приведены три комплекта карт. На картах первого комплекта изолиниями показана повторяемость в процентах скорости ветра 15 м/с и более. В отдельных десятиградусных трапециях гистограммами показана по-

вторяемость скоростей ветра 17, 25 и 33 м/с и более. На картах второго комплекта нанесены изолинии скорости ветра однопроцентной обеспеченности (м/с) и гистограммами в отдельных трапециях - данные о средней непрерывной продолжительности (часы) ветра со скоростями 15, 17, 25 и 33 м/с. В третьем комплекте карт показана скорость максимального ветра и его преобладающее направление, дана характеристика устойчивости ветра по пяти градациям с интервалом 20%.

На картах штормового волнения показана высота волн однопроцентной обеспеченности, выраженная в метрах, и гистограммами повторяемость в процентах высот волн 4, 6, 8 м и более.

В разделе "Ограниченная видимость" на картах дана характеристика повторяемости в процентах видимости две мили и менее, в отдельных трапециях $10^\circ \times 10^\circ$ даются гистограммами повторяемости видимости 1 и 0,5 мили, 1 и 0,5 кабельтова и менее.

В разделе "Лед" на среднемесячных картах за теплый период года (октябрь-март) приведены вероятности (в процентах) положения кромки льда и положение границ сплоченных льдов при максимальном, среднем и минимальном развитии ледяного покрова; показаны зоны вероятного сплочения и разрежения льдов, а также распределения айсбергов у берегов Антарктиды; оценены направление, скорость дрейфа льдов по четырем градациям: менее 0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4 узла. Этот раздел так же, как и разделы "Атласов океанов", составлен автором, основное содержание его приведено в приложениях 6, 7, 8 настоящего пособия. Часть раздела атласа "Обледенение судов" приведена в разделе пособия 1, 5 и приложении 5.

Исключительно ценную информацию о характеристиках морского антарктического льда содержит "Климатический атлас морского льда", подготовленный военно-морским океанографическим отделом ВМС США и изданный в 1985 г. Основу этого атласа составляют еженедельные карты распределения морского льда в Южном океане за период с 1973 по 1982 г. При составлении этих карт использовались, главным образом, спутниковые наблюдения (98%).

Среди источников цифровой климатической информации следует отметить Глобальный Банк Данных по Морскому Льду, созданный к 1995 году одновременно в

ААНИИ и Национальном Центре Данных по Снегу и Льду (НЦДСЛ) США под эгидой ВМО. Указанный источник данных позволяет обеспечить страны антарктического содружества историческими данными по морскому льду Антарктики с 7-10 дневной дискретностью за период с 1971 по 1995 годы и далее по времени. Доступ к информации предоставляется через глобальные коммуникационные средства (WWW/Internet), при этом пользователь может обратиться или к информации ААНИИ (<http://www.aari.ru>), или НЦДСЛ (<http://www-nsidc.colorado.edu>).

Заключая данный раздел, необходимо еще раз подчеркнуть следующее. Существующие методы прогноза гидрометеорологических и ледовых условий применительно к антарктической области Южного океана несовершенны и обладают малой заблаговременностью. Судам, находящимся в океане, не всегда удается избежать отрицательного влияния природных условий, основываясь только на оперативных прогнозах и штормовых предупреждениях. Поэтому режимные и климатические данные по своей сути представляют собой режимный и климатологический прогноз, позволяющий с большой заблаговременностью оценить возможные отрицательные воздействия природных условий на судоходство и свести к минимуму их последствия на всех стадиях морских антарктических операций от их планирования до выполнения грузовых работ на рейде антарктической станции.

5.3. Долгосрочные ледовые прогнозы

В связи с тем, что в настоящее время долгосрочные ледовые прогнозы для Южного океана, составляемые в ААНИИ, находятся в стадии испытания и опытного внедрения в практику научно-оперативного обеспечения судоходства, они в соответствии с действующими требованиями относятся к категории ориентировочных прогнозов, или прогностических соображений.

Ориентировочный долгосрочный прогноз содержит:

- предварительные прогностические соображения о развитии ледовых процессов в Южном океане, его секторах, отдельных окраинных морях и локальных районах с заблаговременностью до 10 месяцев на период с августа текущего года по май

последующего. Срок составления: 25 июля текущего года;

- основные прогностические соображения на период с октября текущего года по май последующего с максимально возможной детализацией. Срок составления: 10 октября текущего года;
- ежемесячные уточнения на два последующих месяца, включая прогностические карты положения кромки. Срок составления: 5-го числа каждого месяца в период с ноября по апрель.

Для каждого физико-географического района или моря даются три группы прогностических сведений.

Первая группа сведений характеризует степень развития, аномальность и сезонные изменения неблагоприятных ледовых явлений:

- сроки окончательного оформления ледовых массивов и степень их развития в течение навигации;
- наличие малых скоплений сплоченных льдов в море и их локализация;
- вероятность наличия блокирующих перемычек;
- сроки разрушения ледового пояса.

Вторая группа сведений характеризует степень развития, аномальность и сезонные изменения благоприятных ледовых явлений:

- степень развития полыней и интенсивность их сезонного изменения;
- степень развития полыней и интенсивность их сезонного изменения;
- образование малых зон разреженных льдов и их локализация;
- сроки очищения прибрежных районов;
- сроки соединения чистой воды полыней с океаном;
- сроки очищения морей или их районов.

Третью группу составляют:

- сроки взлома припая;
- сроки начала устойчивого ледообразования и замерзания моря.

Логическим следствием долгосрочных ледовых прогнозов являются *рекомендации* для плавания судов и проведения грузовых операций. Комплекс таких рекомендаций позволяет уточнить:

- гарантированную продолжительность навигационного периода, рекомендуемые сроки начала и окончания плавания судов;
- рекомендуемые маршруты плавания и сроки формирования ледового пояса;
- сроки наиболее благоприятных условий для грузовых операций на припаяе и у ледяных барьеров;
- рекомендуемые места выгрузки, сроки прокладки каналов в припаяе и подхода к береговым пунктам;
- сроки очищения ото льдов районов и морей шельфовой зоны; - предупреждения об опасных ледовых явлениях в каждом море: айсберги, разрушение ледниковых барьеров, районы скопления внутриводного льда и возможного облипания судов.

Долгосрочные ледовые прогнозы, разрабатываемые ААНИИ, успешно использовались при планировании и научно-оперативном обеспечении:

- плавания экспедиционных и научно-исследовательских судов РАЭ в 1987-1995 гг.;
- международных экспедиций на борту НЭС "Академик Федоров" в море Уэдделла летом 1989 и зимой 1992 г.;
- Финской антарктической экспедиции ФИННАР-89 на борту НЭС "Аранда" в 1989г.;
- Китайской антарктической экспедиции на борту НЭС "Джи-Ди" в 1990 г.;
- плавания германского ледокола "Полярштерн" в море Уэдделла в 1991 г.;
- плавания американского ледокола "Натаниэл В.Палмер" в море Уэдделла летом 1992 г. и в морях Беллинсгаузена и Амундсена зимой 1993 г.

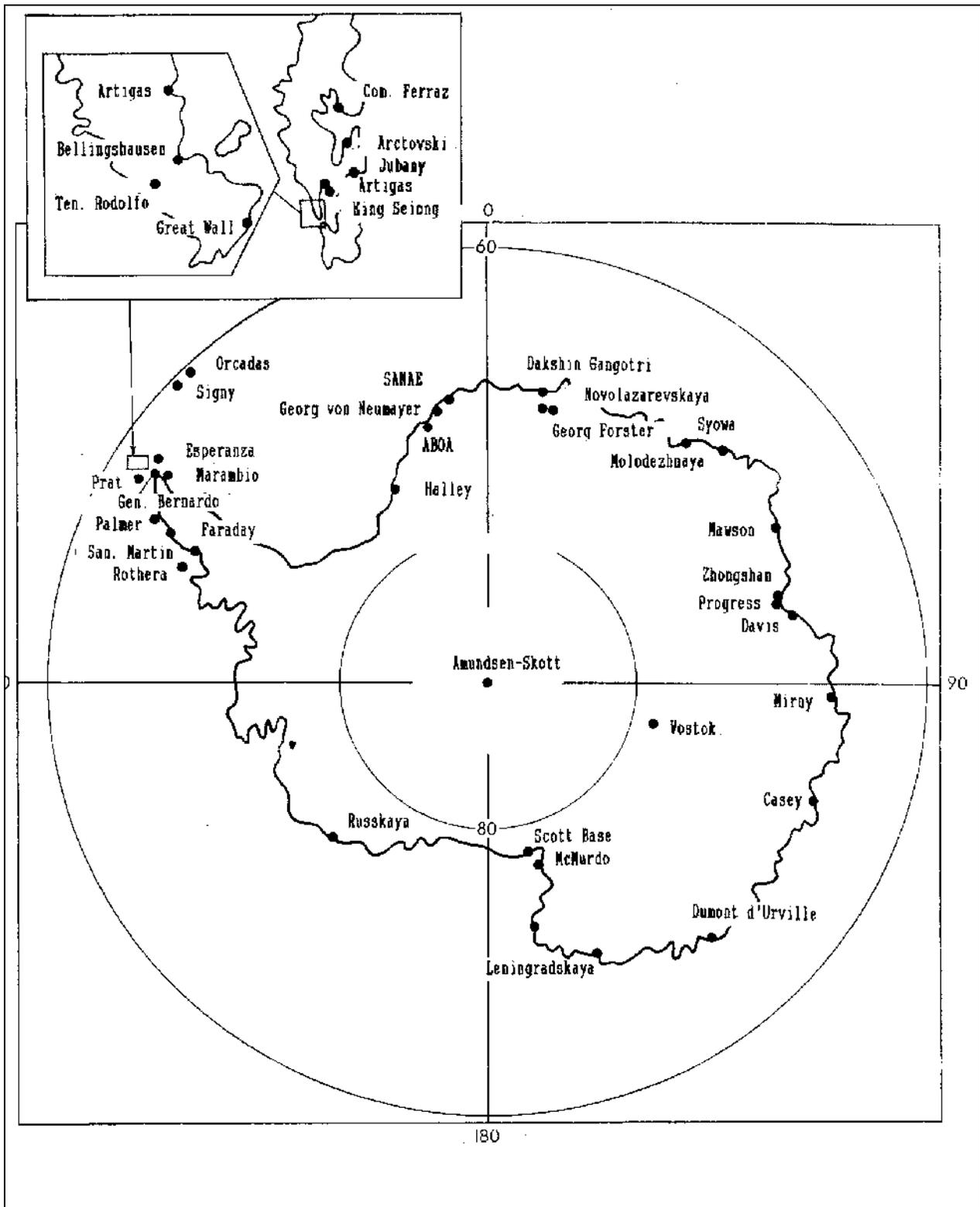
БЛАГОДАРНОСТИ

Автор считает своим приятным долгом выразить свою глубокую признательность за квалифицированный труд, критику, советы, рекомендации: П.Декстеру, И.Томсону, С.Рейфильду, А.Керри, И.Фролову; а также за поддержку и помощь, которые были с благодарностью приняты при подготовке настоящего пособия: М.Красноперову, В.Захарову, Е.Миронову, С.Позднышеву, С.Клячкину, В.Смоляницкому, О.Домнышевой и Н.Соколовой.

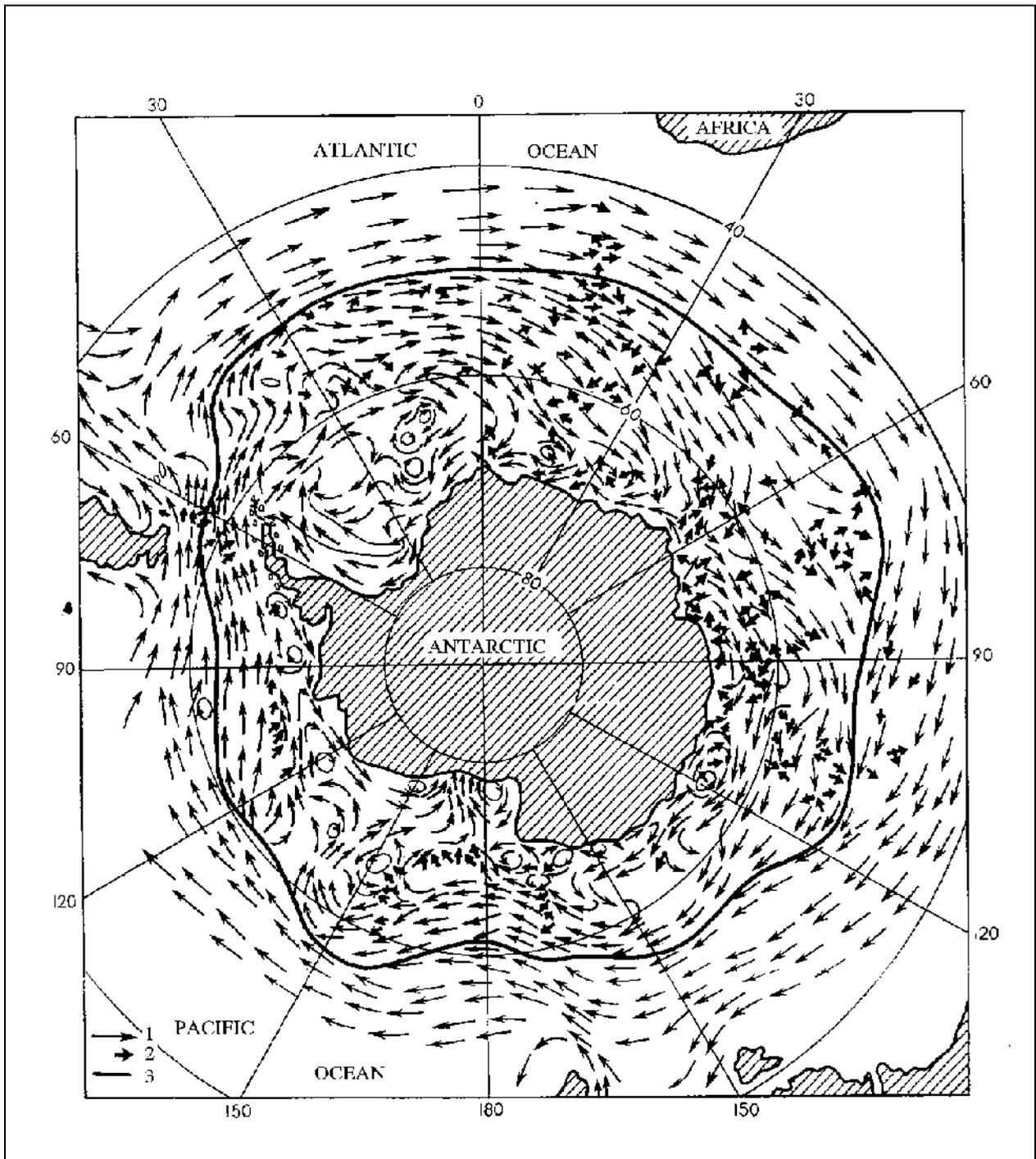
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Antarctic sea ice, 1973-1976: satellite passive - microwave observation. 1983. Washington, NASA, 206 p.
2. Atlas of the Antarctic. Vol. 1, 1966. Leningrad Gidrometeoizdat, 225 p.
3. Atlas of the Antarctic. Vol. 2, 1969. Leningrad Gidrometeoizdat, 589 p.
4. Atlas of the Oceans. The Pacific Ocean, 1974. Moscow, GUNIO MO, 302 p.
5. Atlas of the Oceans. The Atlantic and Indian Oceans. 1977. Moscow, GUNIO MO, 303p.
6. Atlas of Dangerous and Extremely Dangerous Hydrometeorological Phenomena for Shipping and Fishery in the Southern Areas of the Atlantic, Pacific and Indian Oceans". 1987. GUNIO MO, 356 p.
7. Ackley S.F., Smith S.J., Clarke D.B. 1982. Observations of pack ice properties in the Weddel Sea. Antarctic Journal, Vol.17, N 5, p. 105-106
8. Buinitsky, V. Kh. 1973. Sea ice and icebergs of Antarctic. University of Leningrad, 225p.
9. Gordon A.L. Seasonality of Southern Ocean sea, 1981. Int. Geophysic.Res. Vol.86. N.5, pp. 4193-4197
10. Hydrographic Atlas of the Southern Ocean. 1992. Bremerhaven. Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research and Arctic and Antarctic Research Institute, 82 p.
11. International symbols for sea ice charts and sea-ice nomenclature. 1984. Leningrad, Gidrometeoizdat, 56.
12. Kukla G.J., Gavin J. 1980. Recent secular variations of snow and sea ice cover. World Glacier Inventory, Proceedings of the riederalp Workshop, Switzerland, September, 1978. IAHS - AISH Publ. N. 126, pp. 249-258
13. Kusunoki K. 1981. Variations of sea ice conditions in Lutzow-Holm Bay areas in Antarctic in the last 20 years. Sea level and Climate Change. IAHS Publ. N 131, p.171-176
14. McDonald E.A. Polar operations. 1969, Anapolis, US Naval Institute, 234 p.
15. Morley I.P. Polar ships and navigation on the Antarctic 1963. British Antarctic Survey Bull. N. 2, pp. 1-25
16. Romanov A.A. 1976. Ice conditions of navigation in Antarctic Waters. (Scientific reasons and recommendations). Leningrad Gidrometeoizdat, 159 p.14.
17. Romanov A.A. 1984. Sea ice and navigation conditions in the Southern Ocean. Leningrad, Gidrometeoizdat, p. 88
18. Sarukhanian E.I. 1980. Structure and Variability of the Antarctic circumpolar current. Leningrad, Gidrometeoizdat, 118 p.
19. Sea Ice Climatic Atlas. Vol. 1. 1985. Asheville, 132 p. Sea-ice information services in the world. 1981. Geneva, WMO 108 p.
20. Zakharov V.F. 1981. Arctic ice and contemporary natural processes. 1981. Leningrad, Gidrometeoizdat, 136p.

ПРИЛОЖЕНИЯ



Приложение 1. Положение антарктических станций и баз.



Приложение 2. Схема циркуляции поверхностных вод

- 1 - динамический вектор,
- 2 - течения, измеренные инструментально,
- 3 - антарктическая конвергенция.

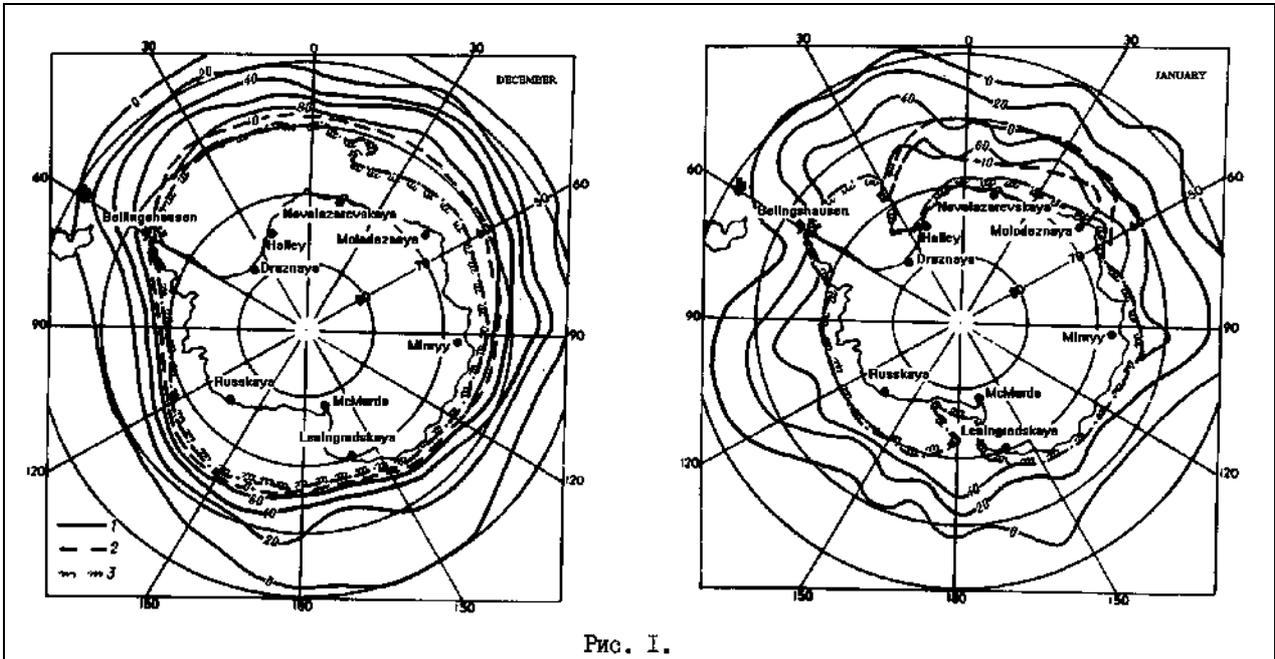
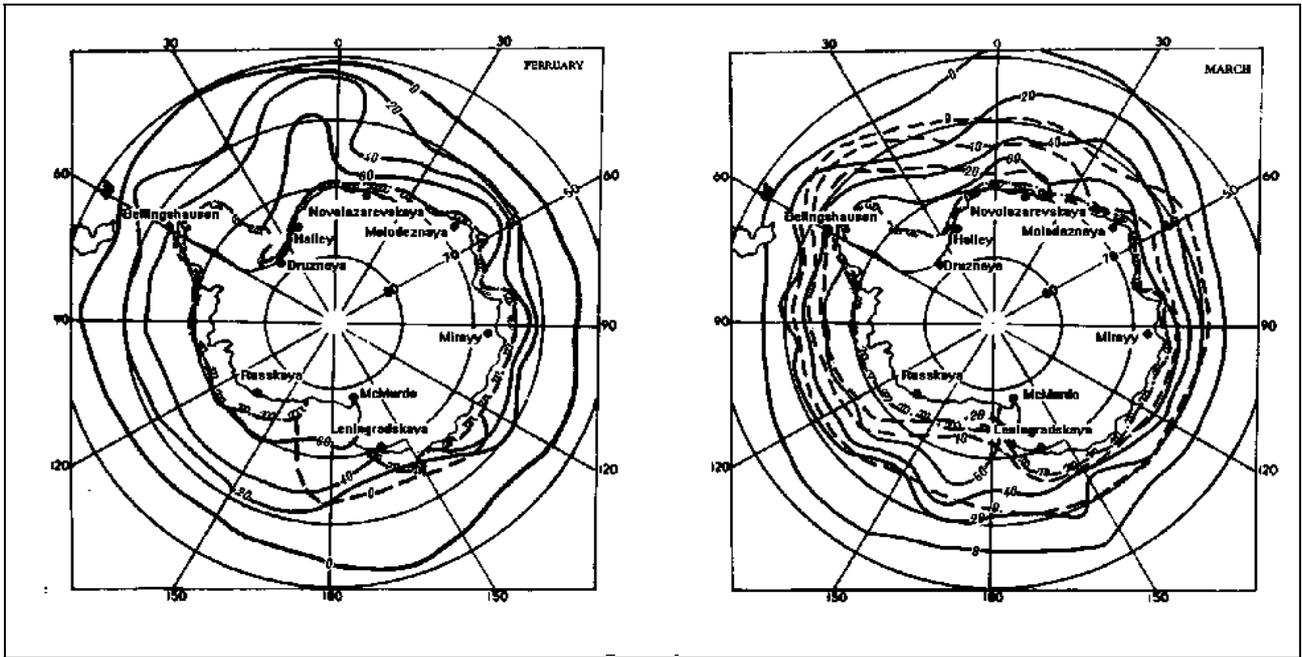


Рис. 1.

Приложение 3. Вероятность обледенения судов (%) с декабря по март

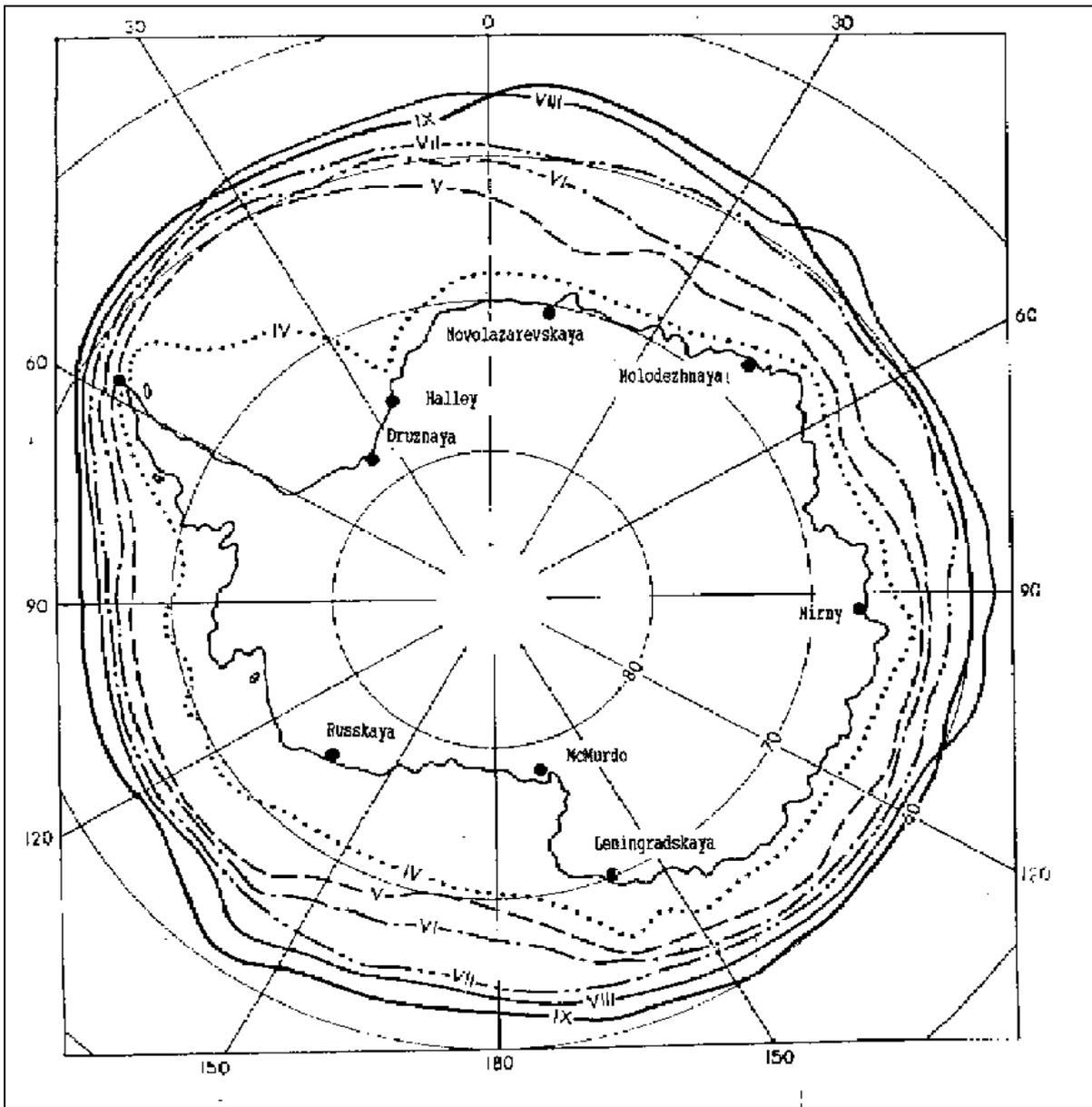
Рис.3.1 Вероятность обледенения судов (%) в декабре и январе:

- 1 - медленное обледенение,
- 2 - быстрое обледенение,
- 3 - кромка льда.



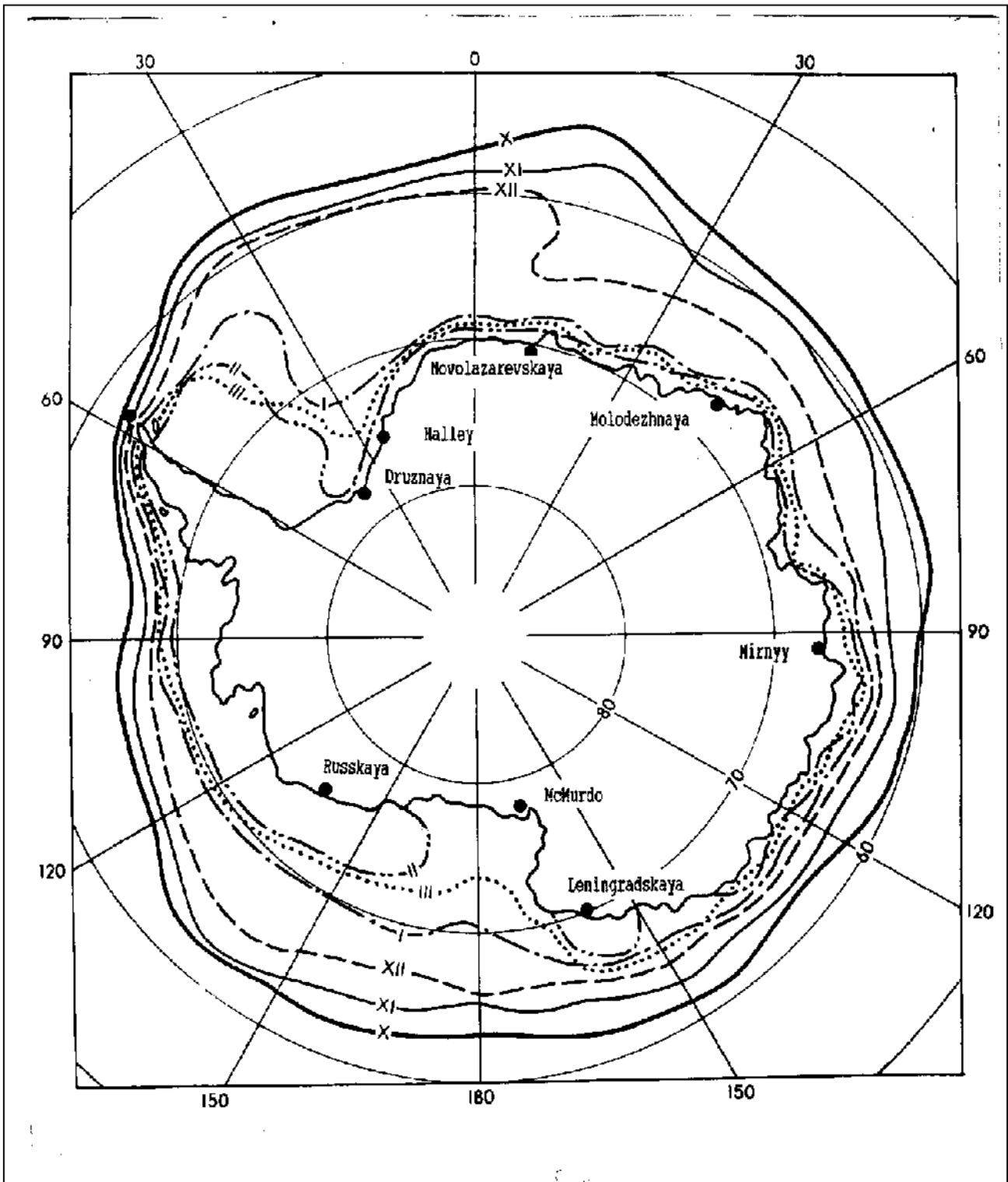
Приложение 3. (продолжение)

Рис.3.2 Вероятность обледенения судов (%) в феврале и марте.



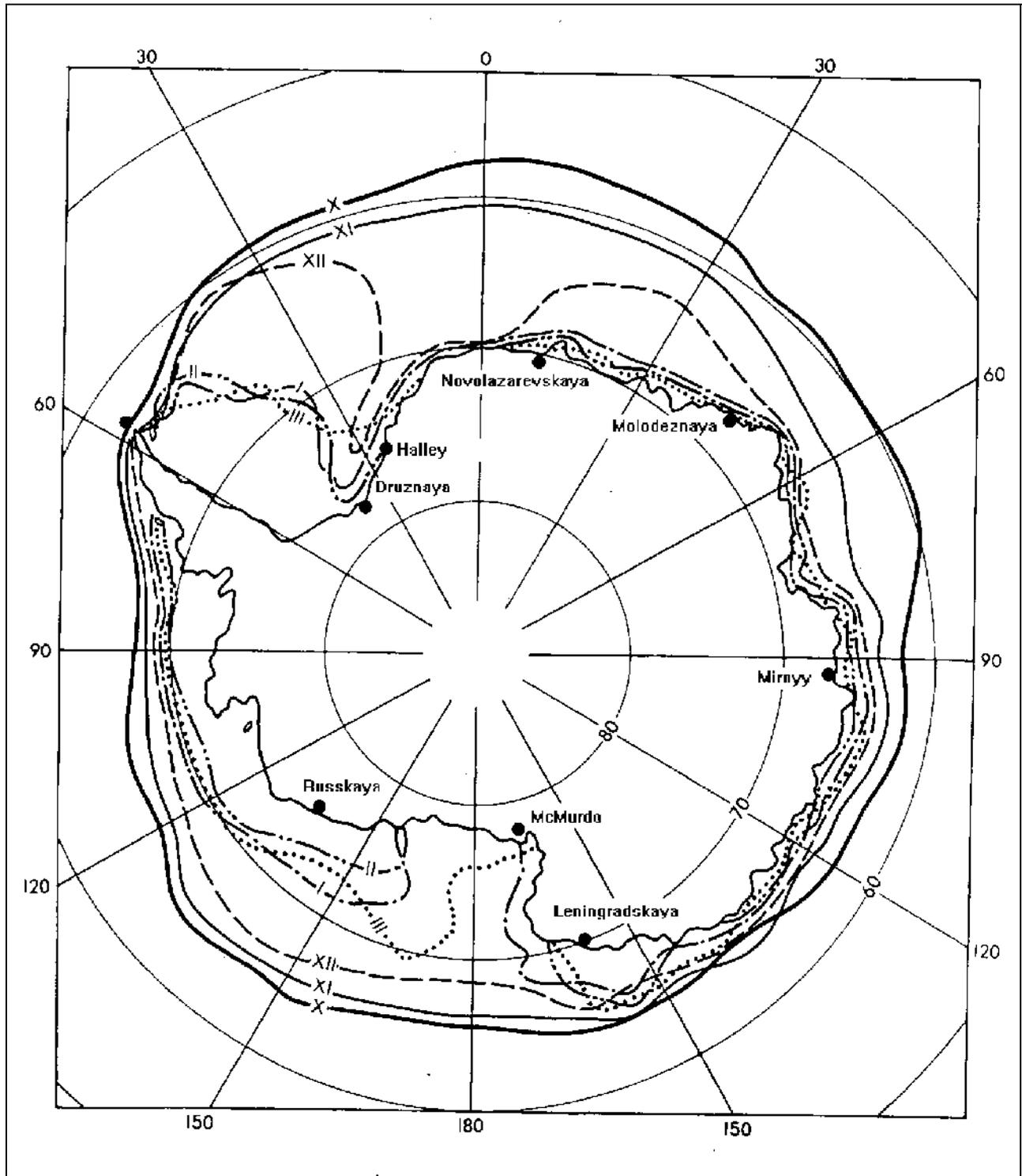
Приложение 4. Положение кромки дрейфующего льда.

Рис.4.1 Среднее положение кромки дрейфующего льда с апреля по сентябрь



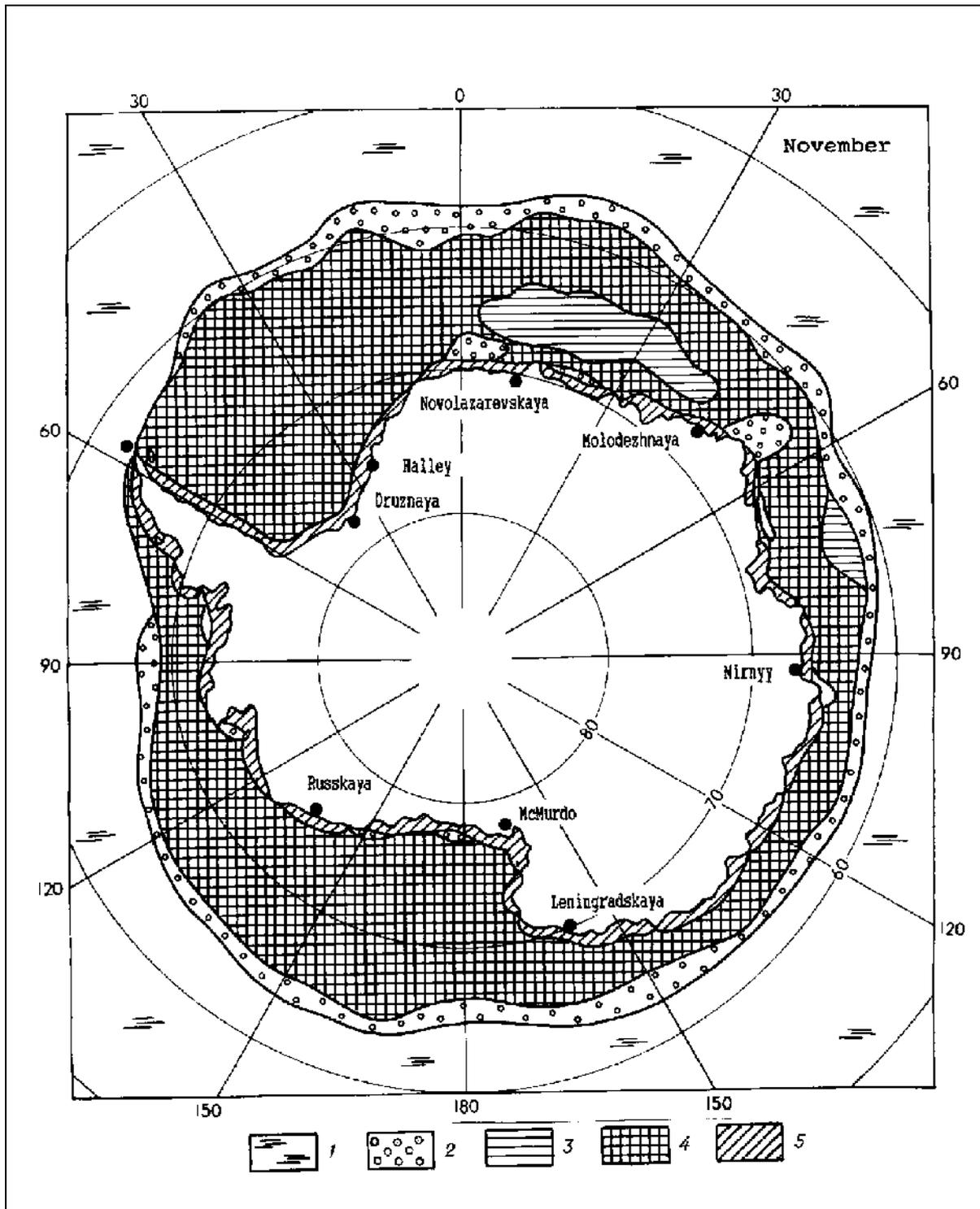
Приложение 4. (продолжение).

Рис.4.2 Среднее положение кромки дрейфующего льда с октября по март



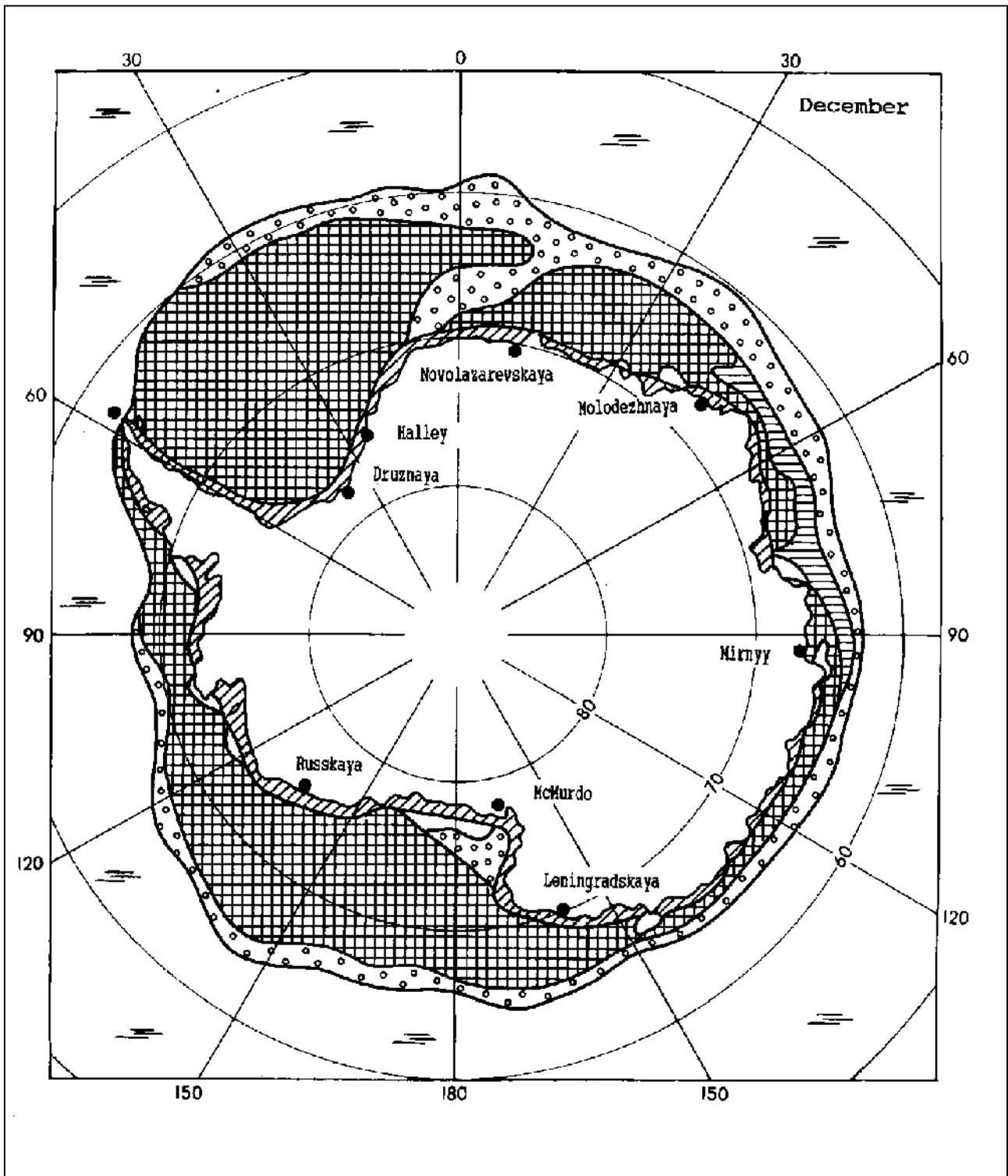
Приложение 5. Положение границы сплоченного льда с октября по март

Рис.5.1 Среднее положение границы сплоченного льда с октября по март



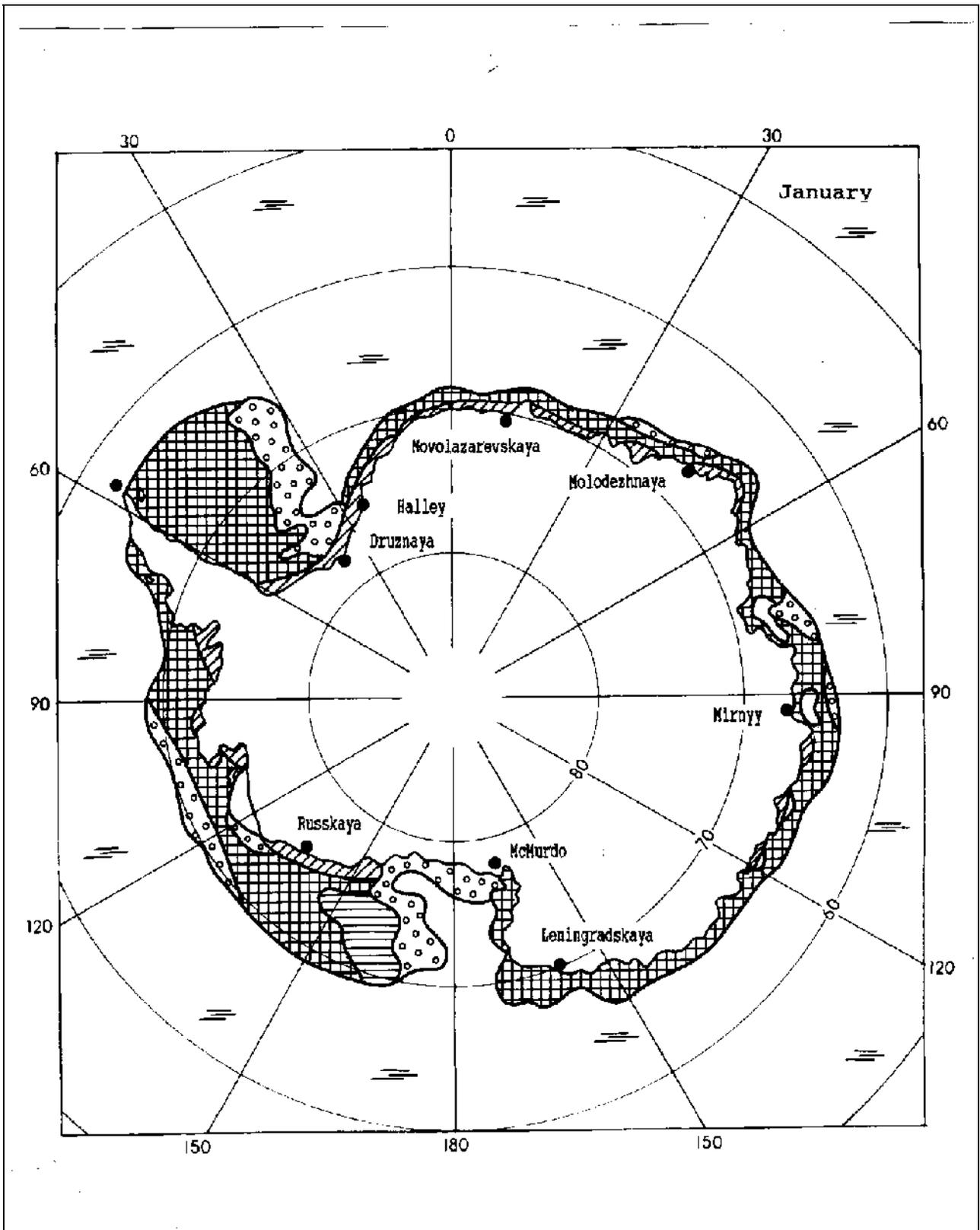
Приложение 6. Ледовые условия при среднем типе развития ледовых процессов

Рис.6.1 Ледовые условия при среднем типе развития ледовых процессов в ноябре
Обозначения: 1 - чисто, 2 - редкий и разреженный лед 1-6 баллов, 3 - сплоченный лед 7-8 баллов, 4 - очень сплоченный лед 9-10 баллов, 5 - припай



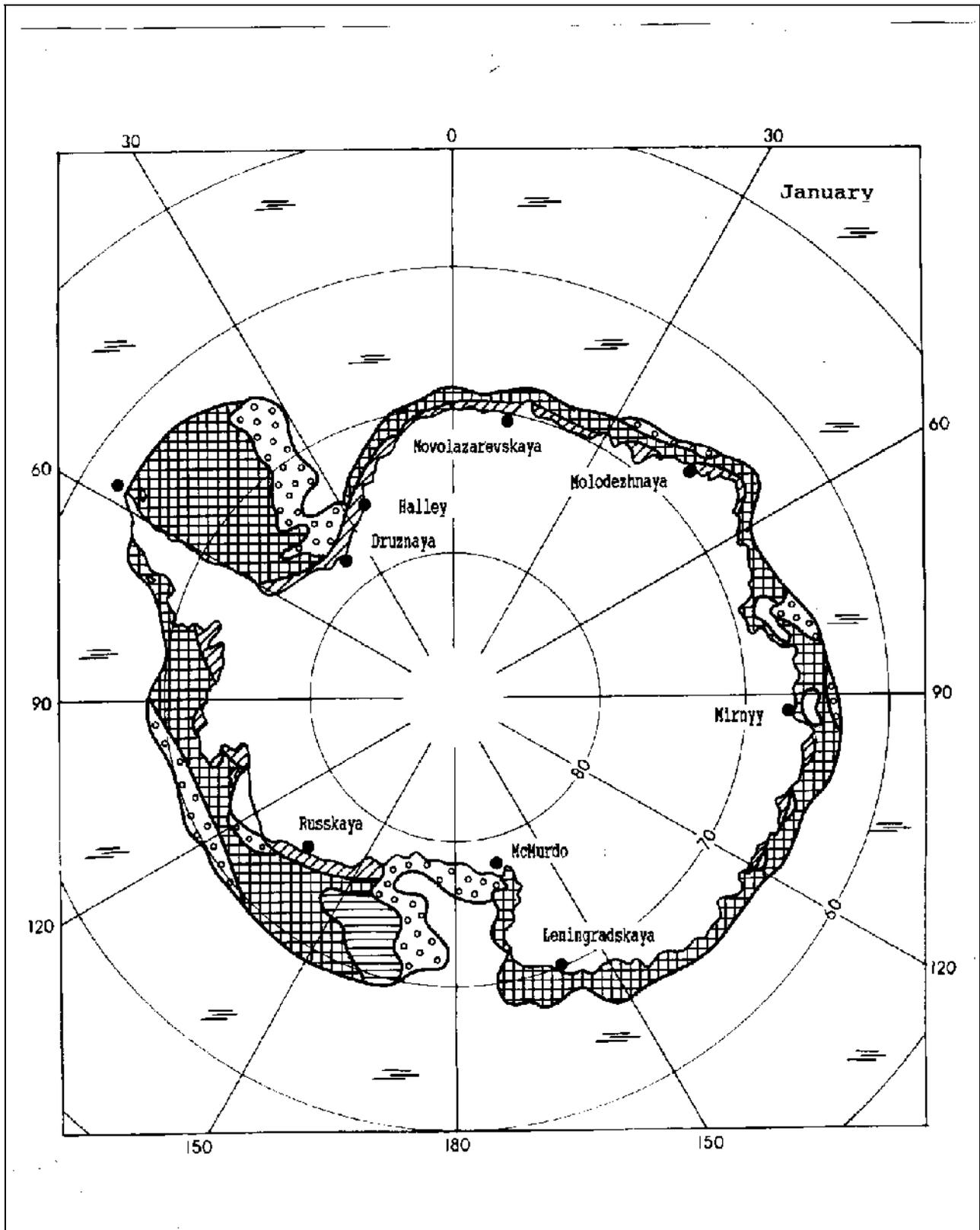
Приложение 6. (продолжение)

Рис.6.2 Ледовые условия при среднем типе развития ледовых процессов в декабре.



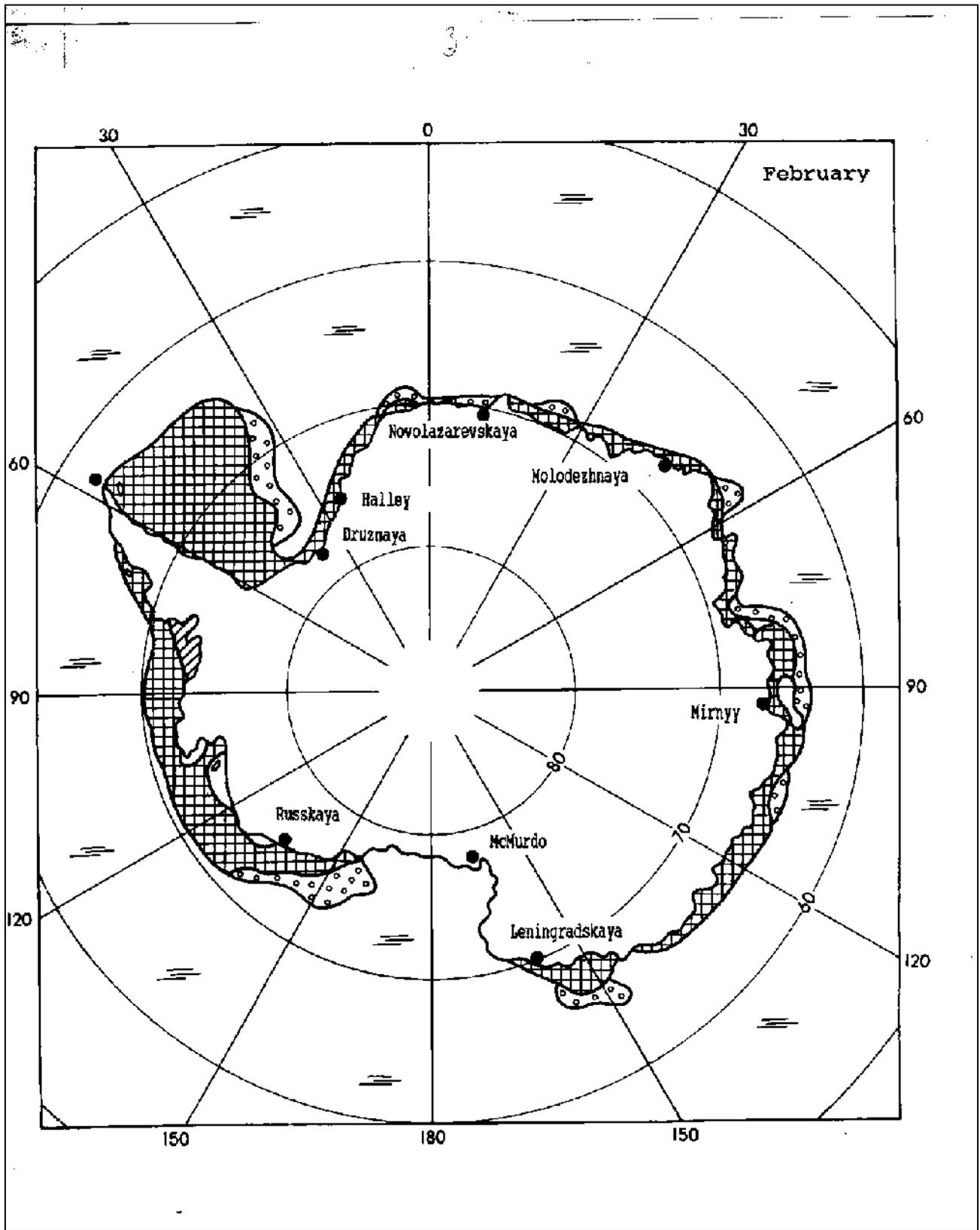
Приложение 6. (продолжение)

Рис.6.2 Ледовые условия при среднем типе развития ледовых процессов в декабре.



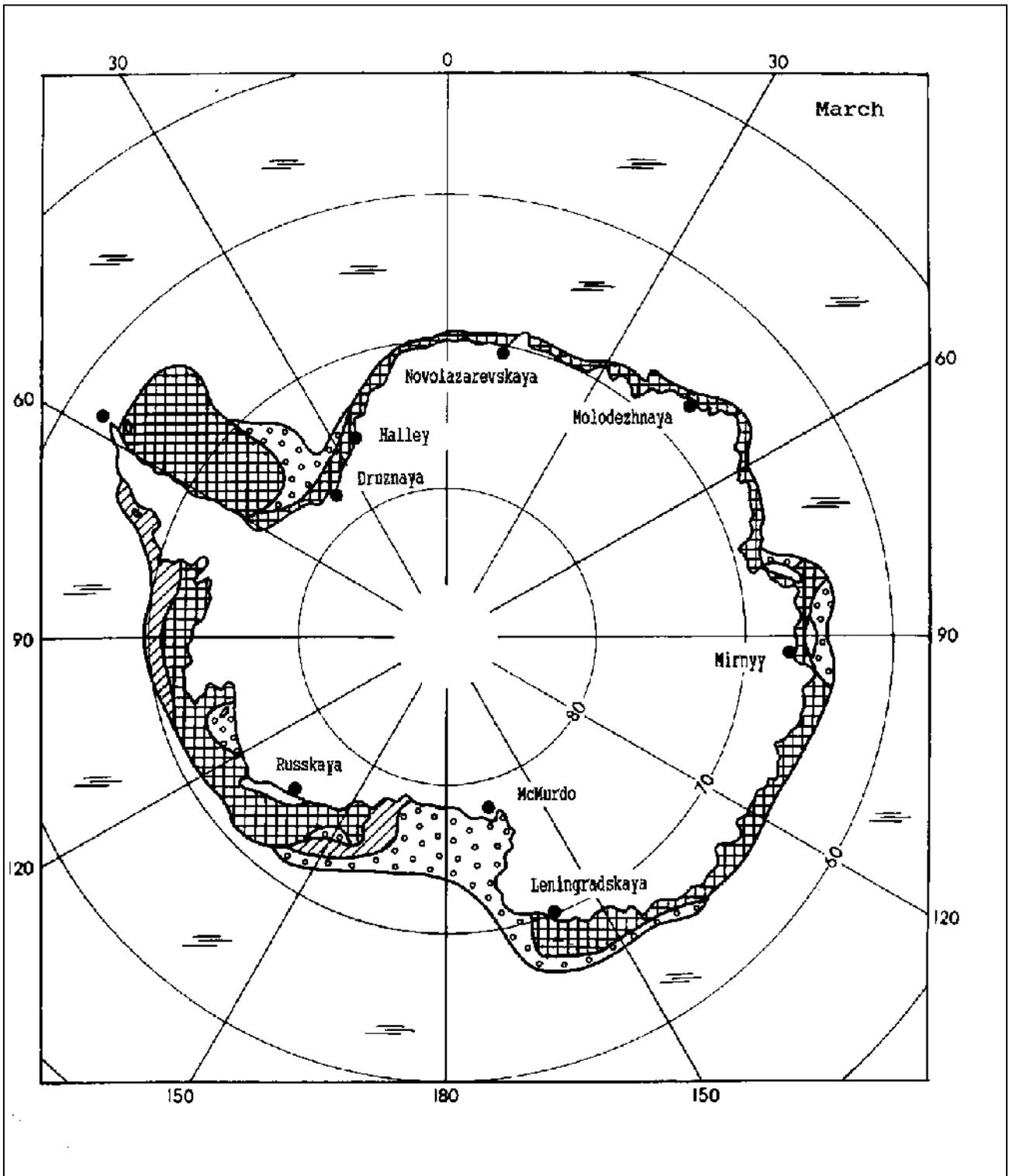
Приложение 6. (продолжение)

Рис.6.3. Ледовые условия при среднем типе развития ледовых процессов в январе.



Приложение 6. (продолжение)

Рис.6.4. Ледовые условия при среднем типе развития ледовых процессов в феврале.



Приложение 6. (продолжение)

Рис.6.5. Ледовые условия при среднем типе развития ледовых процессов в марте.

Приложение 7. Основные характеристики стационарных полыней

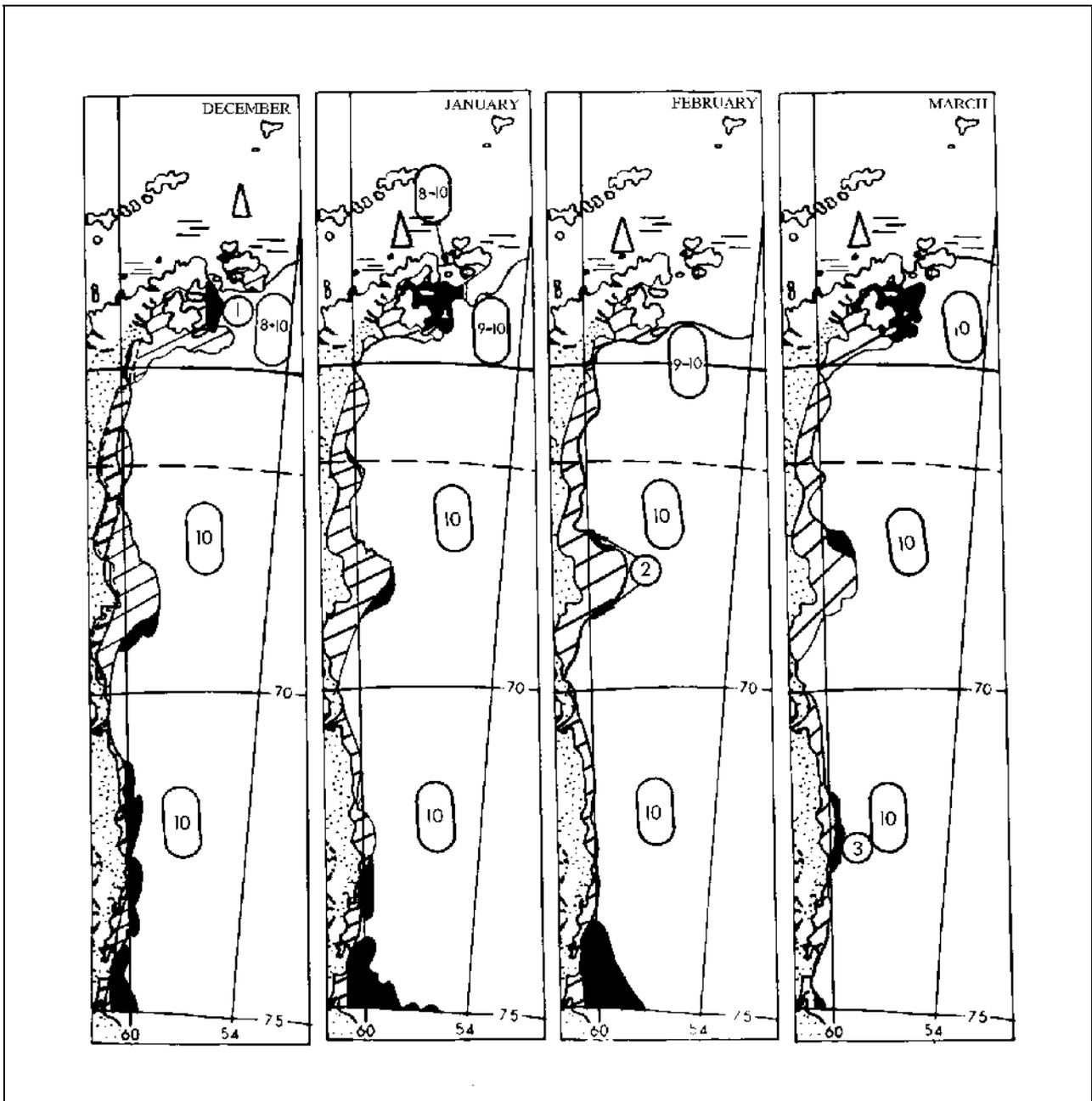
Номер по порядку	Номер в море	Географ. положение	Тип, подтип, разновидность	Средняя вероятность	Период максимального развития		
					Месяц	Сред. площадь тыс. км ²	Вероятность наличия
1	2	3	4	5	6	7	8
Море Уэдделла (район 1) Антарктический полуостров							
1	1	Залив Эребус и Террор	Т	100	III	5	100
2	2	Шельфовый ледник Ларсена	ДТ	100	XI	1.5	100
3	3	Залив Хилтон	ДТ	100	XII	3.5	100
Южное побережье							
4	1	Юго-западная часть моря Уэдделла	ТД	75	XI II	10 30	100 100
5	2	Шельфовый ледник Ронне	Т	85	II	10	100
6	3	Залив Гоулд	Т	80	II	10	100
7	4	Шельфовый ледник Фильхнера	Т	80	II	25	100
8	5	Мыс Вазель	Т	55	II	20	100
9	6	Мыс Рол	ТД	90	XI II	6 8	70 100
10	7	Шельфовый ледник Брюнта	Т	85	II	15	100
Восточное побережье							
11	1	Весткапп	Т	85	I	20	100
12	2	Шельфовый ледник Рисер-Ларсена	ДТ	90	XII	15	100
Море Уэдделла - море Лазарева (район 2)							
13	1	Мыс Норвегия	ДТ	80	XII	6	100
14	2	Залив Атка	ДТ	80	XII IV	1.2 0.7	85 100
15	3	Шельфовый ледник Йельбартисен	Д	95	X IV	1.8 1.3	100 100
16	4	Бухта Мускег	Д	90	XI III	0.9 0.7	100 85
Море Лазарева (район 3)							
17	1	Шельфовый ледник Фимбул	Д	70	X IV	1.2 0.3	100 100
18	2	Залив Неупокоева	Д	85	XI III	1.2 0.7	70 100
19	3	Бухта Безымянная	ДТ	45	XII III	0.5 0.1	50 40
20	4	Залив Дублицкого.	ДТ	85	XII III	1.5 0.7	100 100
21	5	Залив Каменева.	ДТ	75	XII III	1.4 1.1	100 100

22	6	Район 10-12° в.д.	ДТ	65	XII III	1.9 1.3	85 60
23	7	Залив Ленинградский.	ДТ	90	X I III	4 2.5 2.5	75 80 100
Море Рисер-Ларсена (оайон 3)							
24	1	Район между 15° в.д. и 18° в.д.	Д	55	XI III	0.7 0.4	50 65
25	2	Бухта Эрскин	ДТ	85	XI I III	0.7 0.6 0.8	85 80 100
26	3	Ледовый порт Гodelь	Д	40	XI III	0.4 0.8	55 50
27	4	Бухта Брейдвика	ТД	85	XI	0.7 1.2	70 100
28	5	Полуостров Килетанген	ТД	85	XI II	1.0 1.3	55 100
29	6	Район между 27° в.д. и 31° в.д.	ДТ	75	XII III	1.7 1.4	80 50
30	7	Бухта Вествика	С	80	I	0.8	100
Море Космонавтов (район 4)							
31	1	Полуостров Рисер-Ларсена	ДТ	90	XII IV	1.2 0.9	100 100
32	2	Залив Лютцов-Хольм	ДТ	70	XI II IV	0.6 0.6 1.8	70 100 65
33	3	Берег принца Олафа	ТД	70	XI II IV	0.6 1.8 1.0	70 100 75
34	4	Залив Алашеева.	ДТ	65	XI II IV	0.7 1.1 1.7	70 50 75
35	5	Залив Лена	Д	65	XI IV	0.4 1.3	60 75
36	6	Залив Амундсена	ДТ	65	XII III	1.0 1.8	90 75
37	7	Район 52° в.д.	ТД	70	XI II	1.5 1.8	90 100
Море Содружества (район 5), моря западного сектора							
38	1	Пункт Борли	ДТ	55	XI II IV	1.6 0.3 0.6	80 100 100
39	2	Полуостров Аустнес	ТД	50	XI II	0.9 1.2	65 100
40	3	Залив Эдуарда VIII	Д	50	X III	0.8 3.5	50 100
Земля Мак-Робертсона							
41	1	Ст. Моусон.	ТД	85	XI I	2.0 9	90 100
42	2	Мыс Флетчер	Т	85	I	8	100
43	3	Берег Ларса Кристенсена	ТД	85	XI I	7 10	100 100
44	4	Полуостров Бьеркудден	ТД	90	XI I	3.5 3.5	100 100
Залив Прюдс							

45	1	Залив Маккензи	ТД	95	II IV	- 6	100 100
46	2	Залив Прюдс	ТД	95	XII II	45 65	100 100
47	3	Северо-западная оконечность Западного шельфового ледника	ТД	90	XI I III	1.6 5 3.0	100 100 100
Море Дэйвиса (район 6), Западный шельфовый ледник							
48	1	Бухта Карелина.	ТД	95	XI II	2.5 3.5	100 100
49	2	Мыс Максимова.	ТД	80	XI I	1.4 4.5	100 100
50	3	Шельфовый ледник Филиппи	ДТ	65	XI I IV	1.1 1.4 1.3	75 65 35
Южная часть моря Дэйвиса							
51	1	Заприпайная	ТД	80	IX I	1.2 -	100 100
52	2	Остров Дригальского	ТД	45	XI II	3.0 -	60 100
53	3	Шельфовый ледник Шеклтона	Т	95	II	30	100
Шельфовый ледник Шеклтона							
54	1	Мыс Визе	ДТ	80	XI I III	4.0 3.5 3.0	85 100 85
Море Моусона (район 7)							
55	1	Бухта Малыгинцев.	Д	60	XI III	2.0 2.5	65 25
56	2	Бухта Миловзорова.	ДТ	100	XI I III	3.5 5.0 4.5	100 100 100
57	3	Ледовый мыс Боумэна	Д	95	XI III	2.0 2.5	100 90
58	4	Бухта Винсенс	ТД	95	XI II	8 14	100 100
59	5	Берег Бадда	ТД	80	XI II	3.5 4.0	85 100
Море Моусона - море д'Юрвиля (район 7)							
60	1	Мыс Пуансет	ТД	95	XI II	3.0 3.0	100 100
61	2	Залив Миклухо-Маклая	Д	55	XI III	1.7 0.6	100 75
62	3	Язык айсберга Дальтона	Д	100	XI III	5 15	100 100
63	4	Шельфовый ледник Воейкова	Д	90	XI IV	1.2 3.5	100 100
64	5	Мыс Гуденаф	Д	90	XI IV	0.9 6	85 100
65	6	Бухта Порпуа	ДТ	95	XII IV	4.0 1.4	100 100
66	7	Айсберговый язык Дибла	ДТ	100	XII IV	10	100

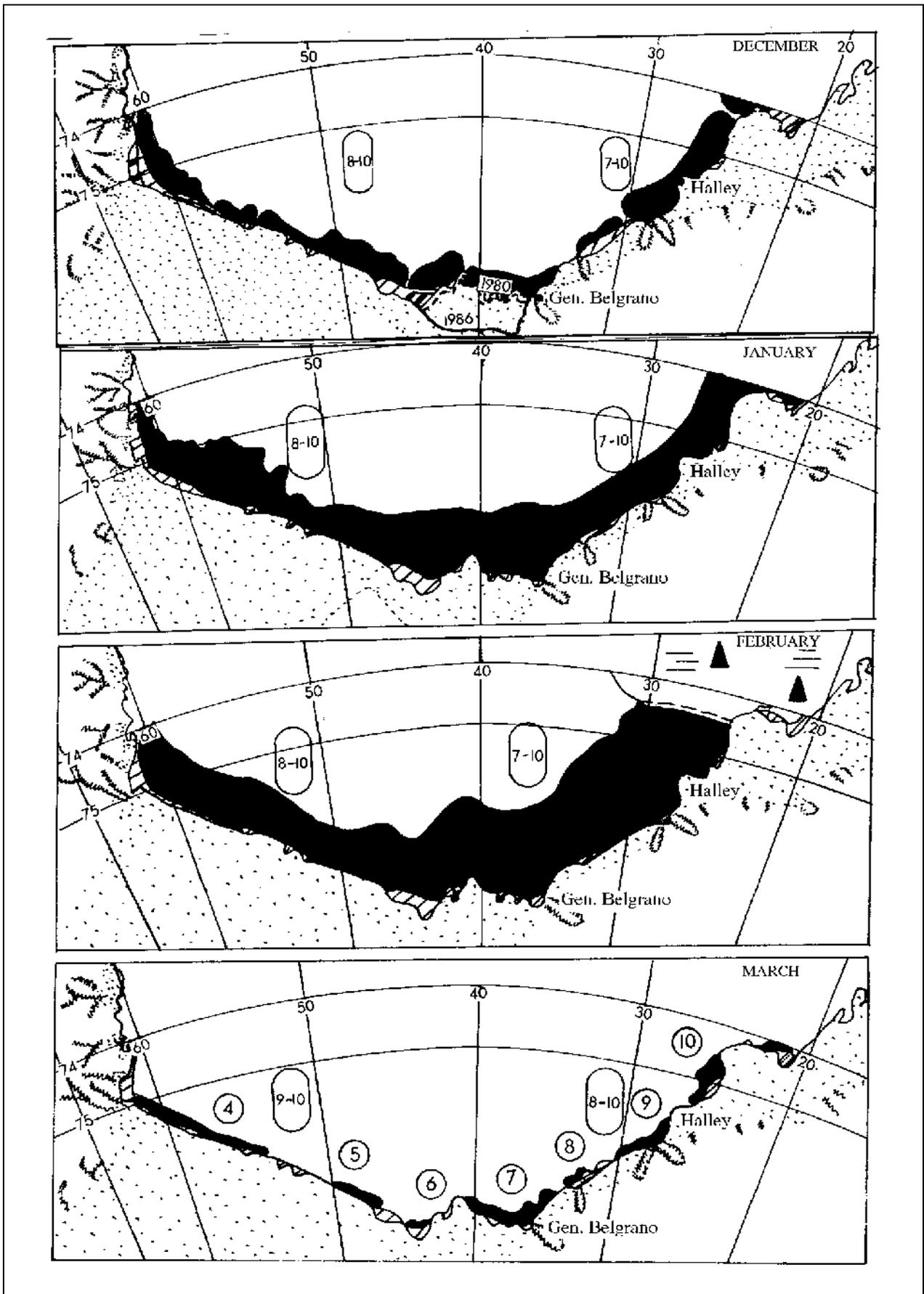
Море Дюмон-д'Юрвиля (район 7)							
67	1	Бухта Виктор	ДТ	50	XII IV	0.8 0.3	65 50
68	2	Мыс Бикертон	ТД	85	XI II	4.0 3.0	100 100
69	3	Пункт Альден	ТД	75	XI II	2.5 5.0	65 100
70	4	Залив Мерца	ТД	100	XII II	20 15	100 100
71	5	Бухта Диссапойнтмент	ТД	95	XII II	15 15	100 100
72	1	Бухта Дикин	Д	50	X III	0.7 0.3	60 40
73	2	Шельфовый ледник Кука	Д	60	X II	0.9 1.1	40 60
74	3	Ледник «Айсберг»	Д	100	XI III	5 15	100 100
75	4	Ледник Томилины	С	90	II	1.1	100
76	5	Ст. Ленинградская	Д	50	XI IV	0.3 0.5	75 100
77	6	Залив Кооперация	ТД	45	XI II	1.3 0.4	65 35
78	7	Залив Оби	ТД	60	XI I	0.5 1.6	65 100
79	8	Мыс Адэр	ТД	50	XI I	1.0 3.0	35 100
Море Росса (район 9)							
80	1	Остров Коулмэна	ТД	50	X II	0.7 1.9	100 100
81	2	Бухта Вуд	ТД	60	I	0.9	100
82	3	Залив Терра Нова	С	100	II	7	100
83	4	Залив Мак-Мердо	Т	70	II	10	100
84	5	Море Росса	Т	95	I	520	100
85	6	Мак-Мердо	Т	80	I	30	100
Ст. Русская (район 10), западная часть моря Росса							
86	1	Мыс Колбек	Т	80	I	4.0	100
87	2	Залив Шульцбергера	Т	95	I	5.0	100
88	3	Шельфовый ледник Никерсона	ДТ	90	XI	5.0 4.5 1.8	100 100 65
89	4	Залив гор Амес	Т	85	I	6	100
90	5	Залив Корделл Халл	ДТ	95	XII	3.0	100
Восточная часть моря Росса							
91	1	Мыс Бэркс	ТД	80	XI	2.5 6	100 100
92	2	Шельфовый ледник Гетца	С	100	II	6	100

93	3	Остров Форрестер	ТД	85	XI I III	1.0 5.0 0.7	100 100 100
94	4	Залив Ригли	ТД	95	I III	10 7	100 100
Море Амундсена (район 11)							
95	1	Залив Рассела	ТД	95	XI I	1.3 4.0	100 100
96	2	Западная часть моря	Т	100	I	55	100
97	3	Восточная часть моря	ТД	100	XI II	20 45	100 100
Море Беллинсгаузена и западное побережье Антарктического полуострова (район 11), западная часть							
98	1	Остров Терстона	ДТ	85	XI I III	3.5 7 7	65 100 100
99	2	Залив Сераф	ДТ	100	XII	6 7	100 100
100	3	Шельфовый ледник Вензйбла	ДТ	95	XII IV	1.4 1.4	100 100
Центральная часть							
101	1	Берег Брайана	ТД	100	XII II	10 10	100 100
102	2	Залив Ронне	С	100	II	15	100
103	3	Полуостров Бетховена	ТД	100	XI II	5 15	100 100
Восточная часть							
104	1	Остров Александра	ДТ	100	XI II IV	5.0 1.7 2.5	100 100 100
105	2	Залив Маргерит	ТД	100	XI II	4.0 2.0	100 100
106	3	Остров Пуркуа-Па	Т	70	III	2.5	100
Западный берег Антарктического полуострова							
107	1	Остров Аделаиды	Д	100	XI IV	7 1.5	100 100
108	2	Залив Мата	Т	65	II	2.0	100
109	3	Залив Грандидье	Т	90	II	1.8	100
110	4	Остров Биско	Д	100	XI IV	5.0 1.6	100 100



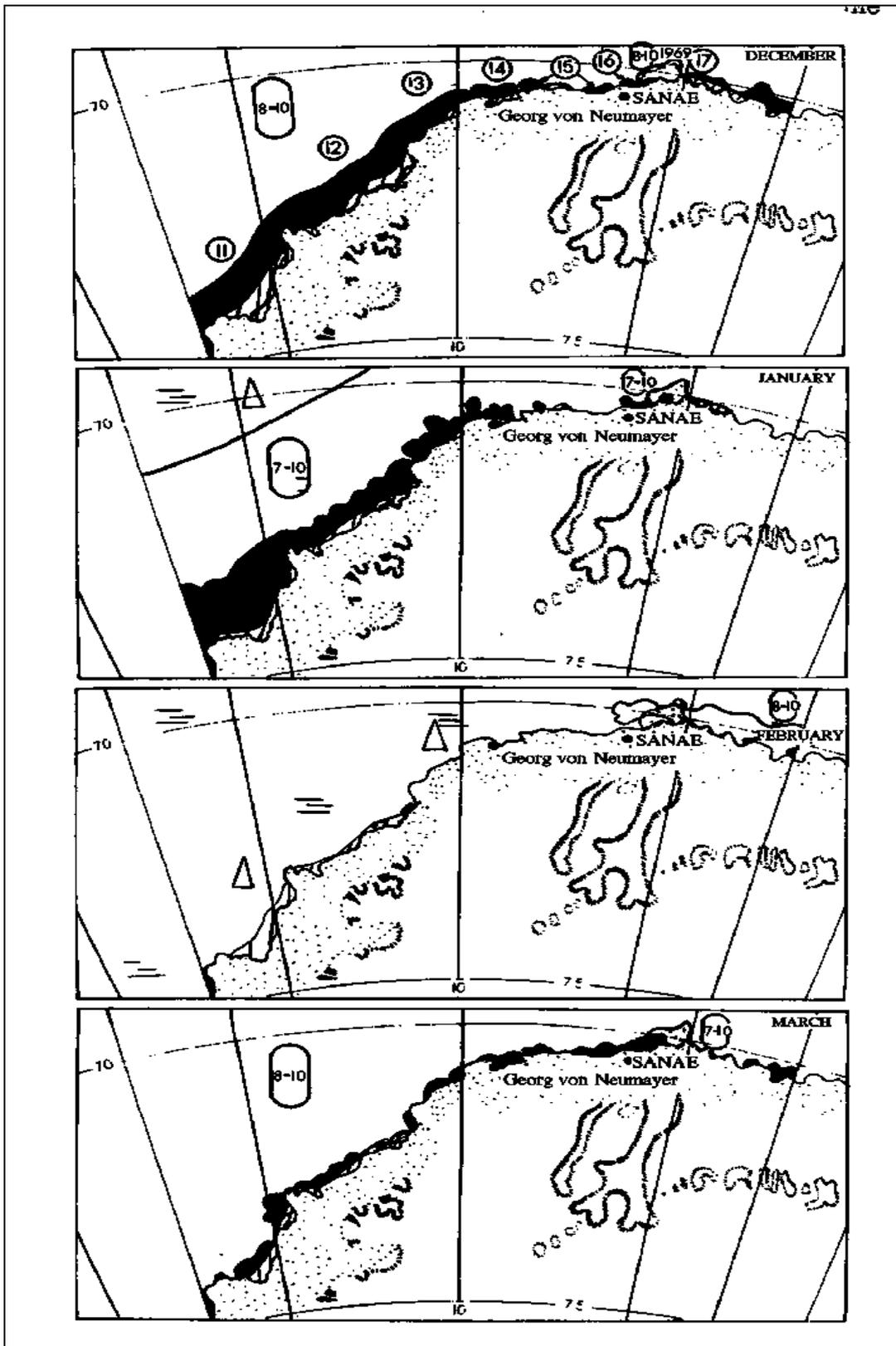
Приложение 8. Положение стационарных полыней в навигационный период при среднем типе развития ледовых процессов (рис.8.1-8.15). Обозначения: 1-порядковый номер полыни, в соответствии с приложением 7.

Рис.8.1



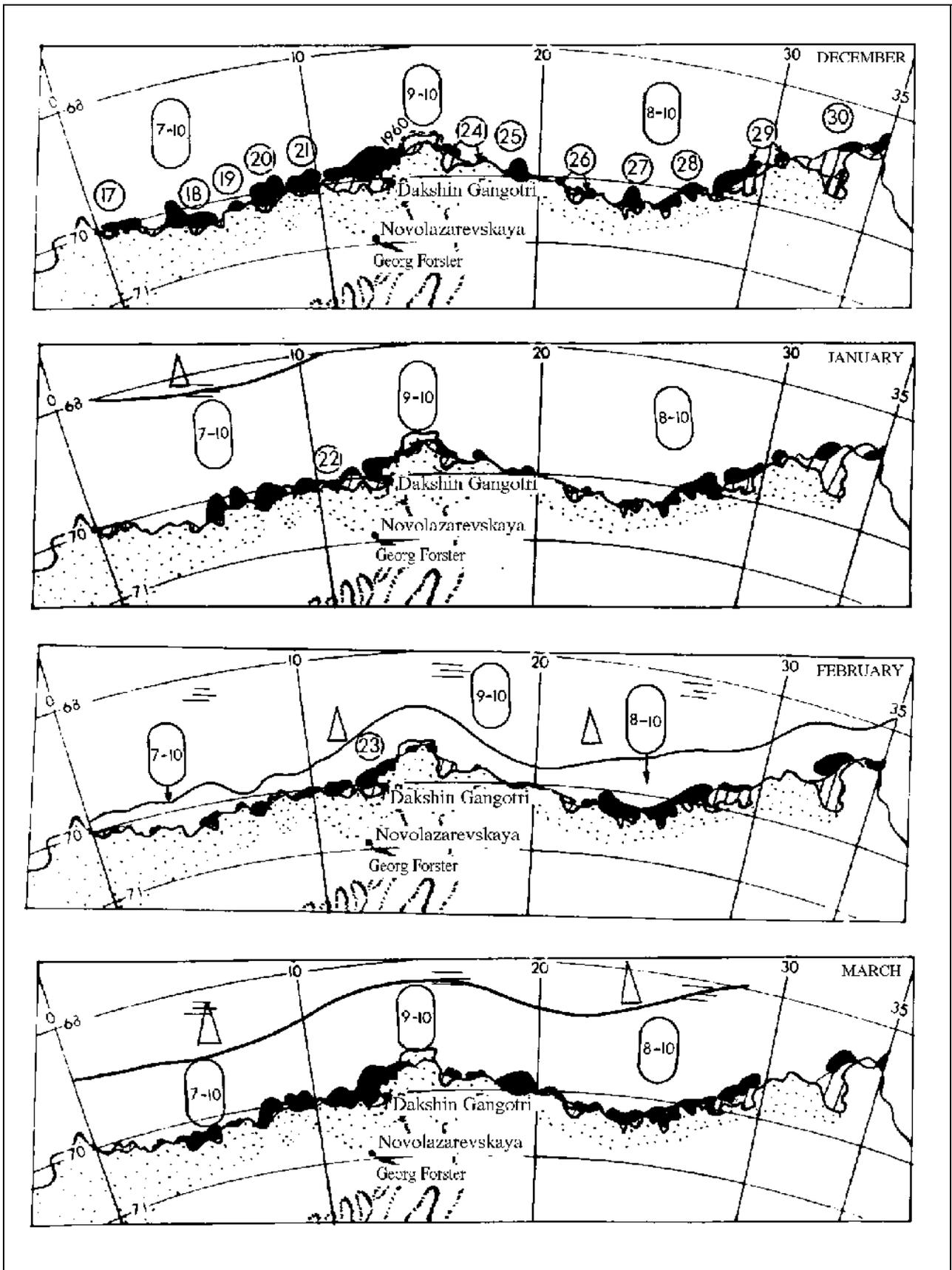
Приложение 8 (продолжение).

Рис.8.2



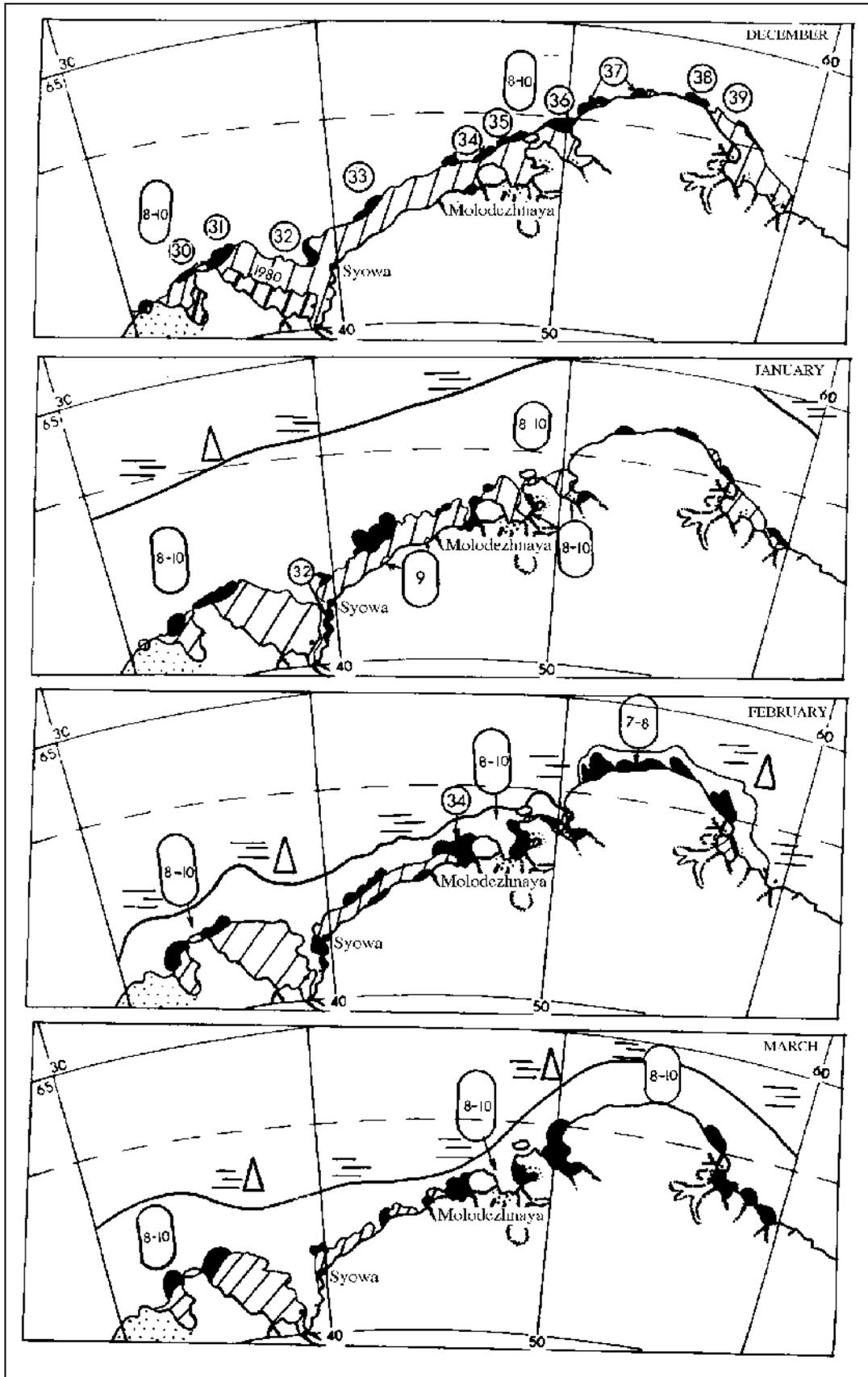
Приложение 8 (продолжение).

Рис.8.3



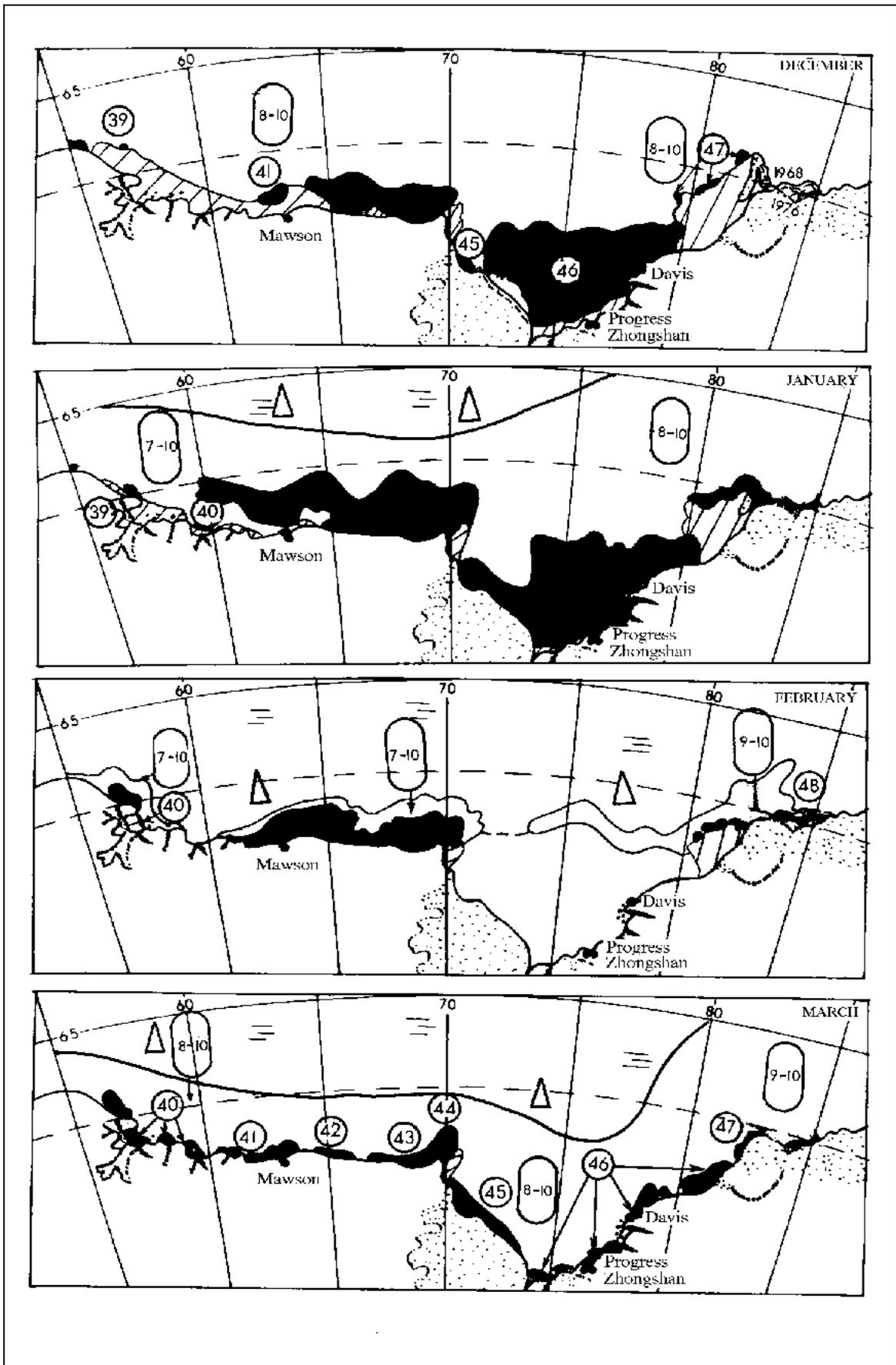
Приложение 8 (продолжение).

Рис.8.4



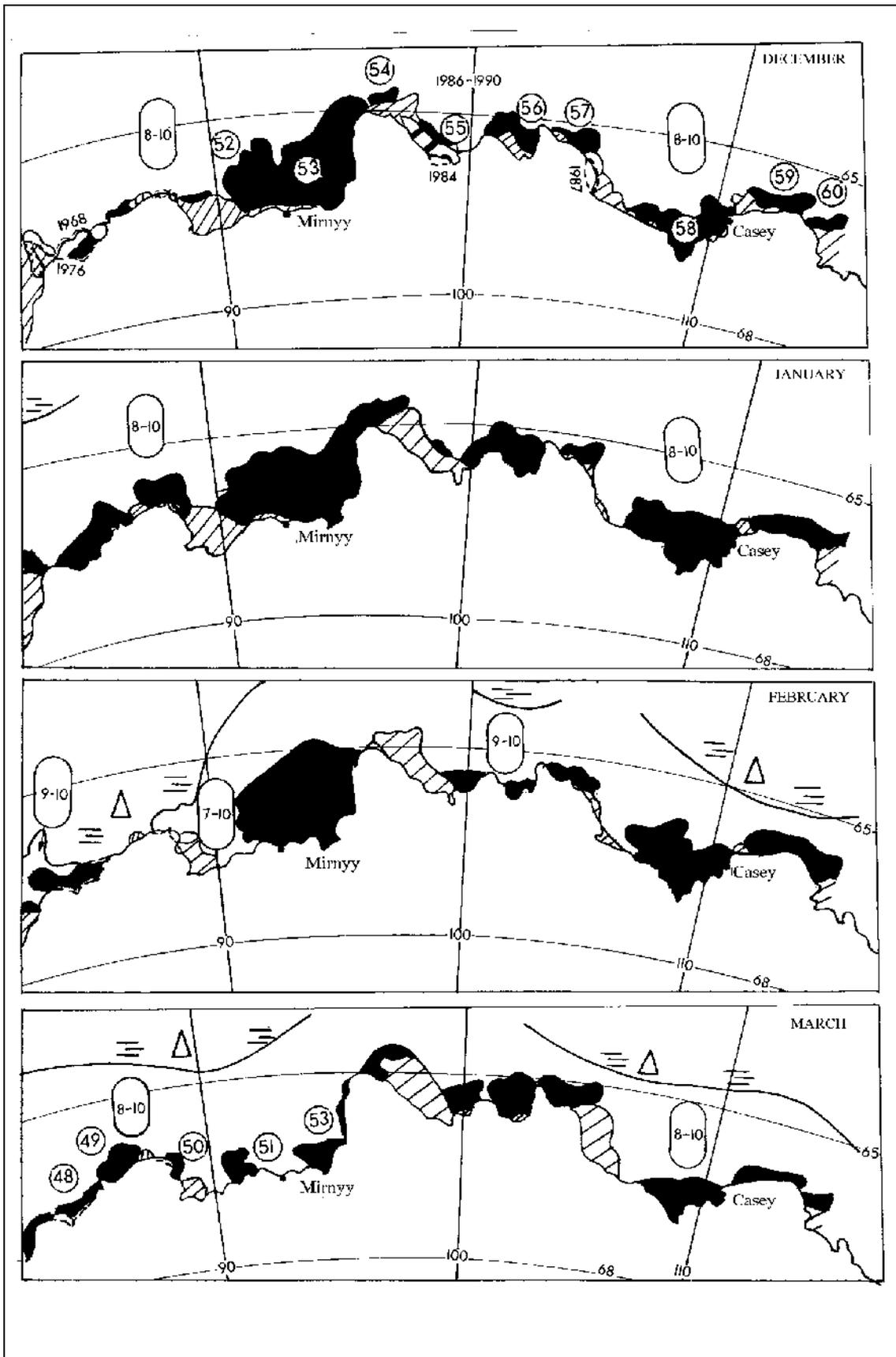
Приложение 8 (продолжение).

Рис.8.5



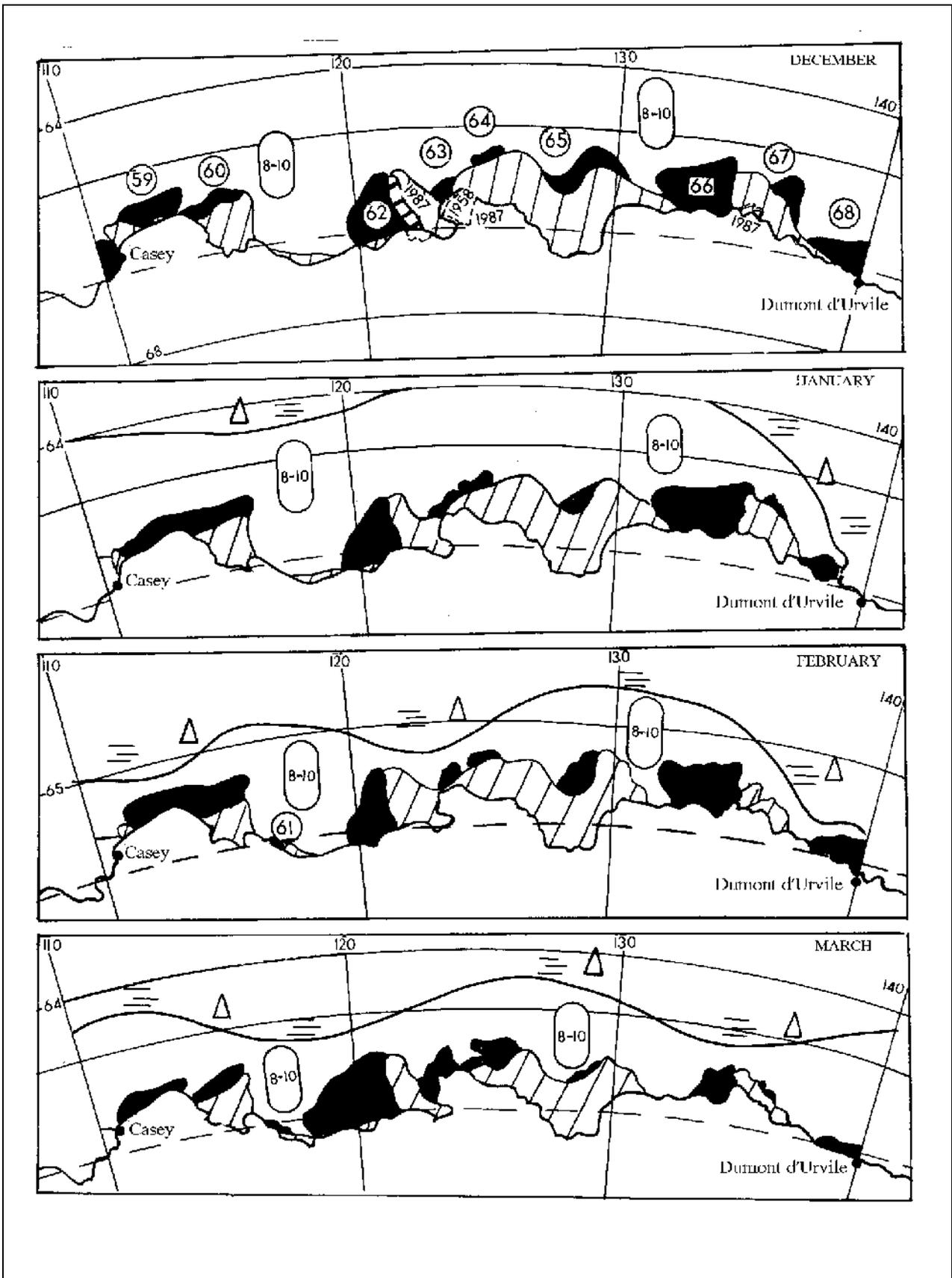
Приложение 8 (продолжение).

Рис.8.6



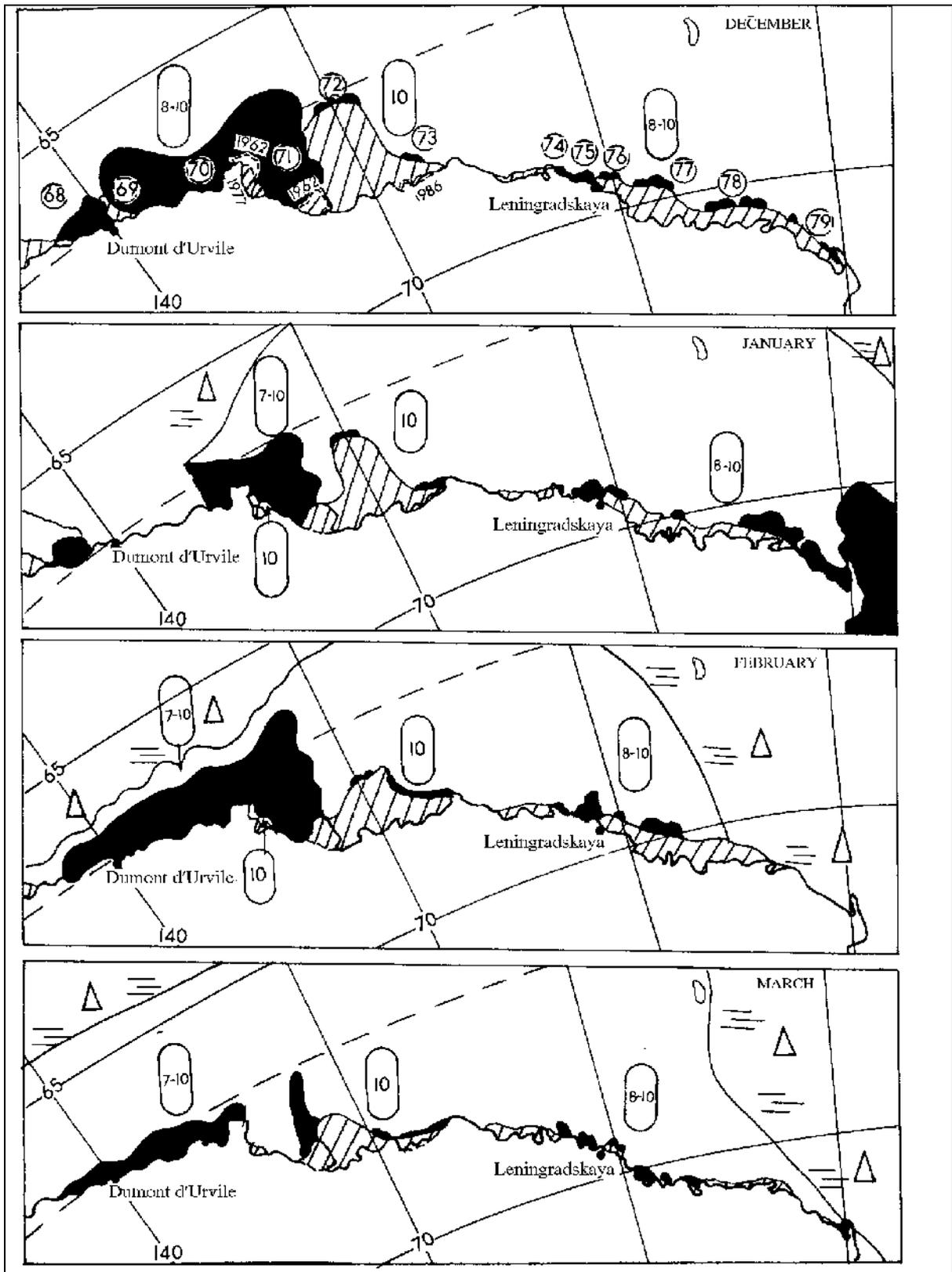
Приложение 8 (продолжение).

Рис.8.7



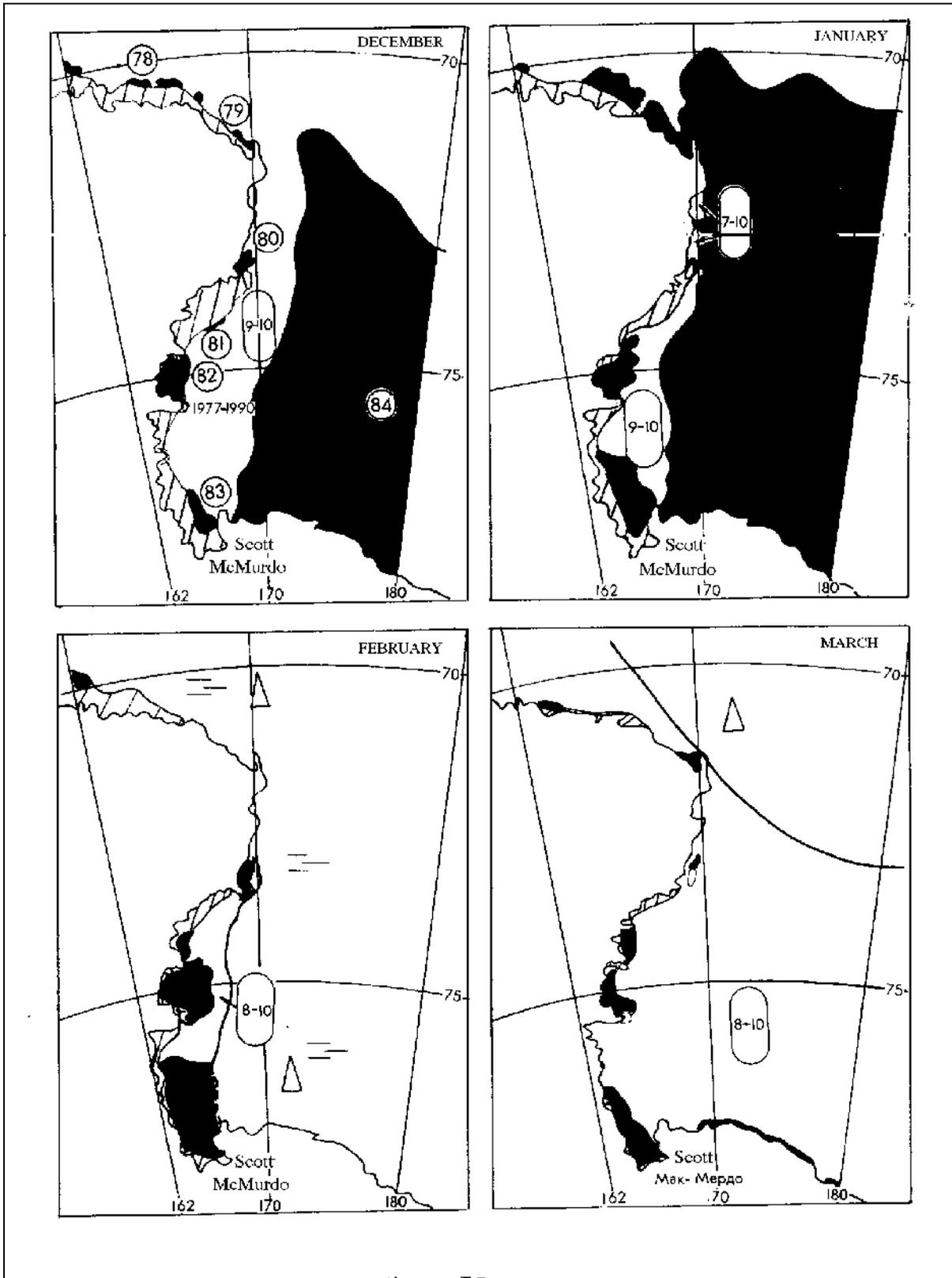
Приложение 8 (продолжение).

Рис.8.8



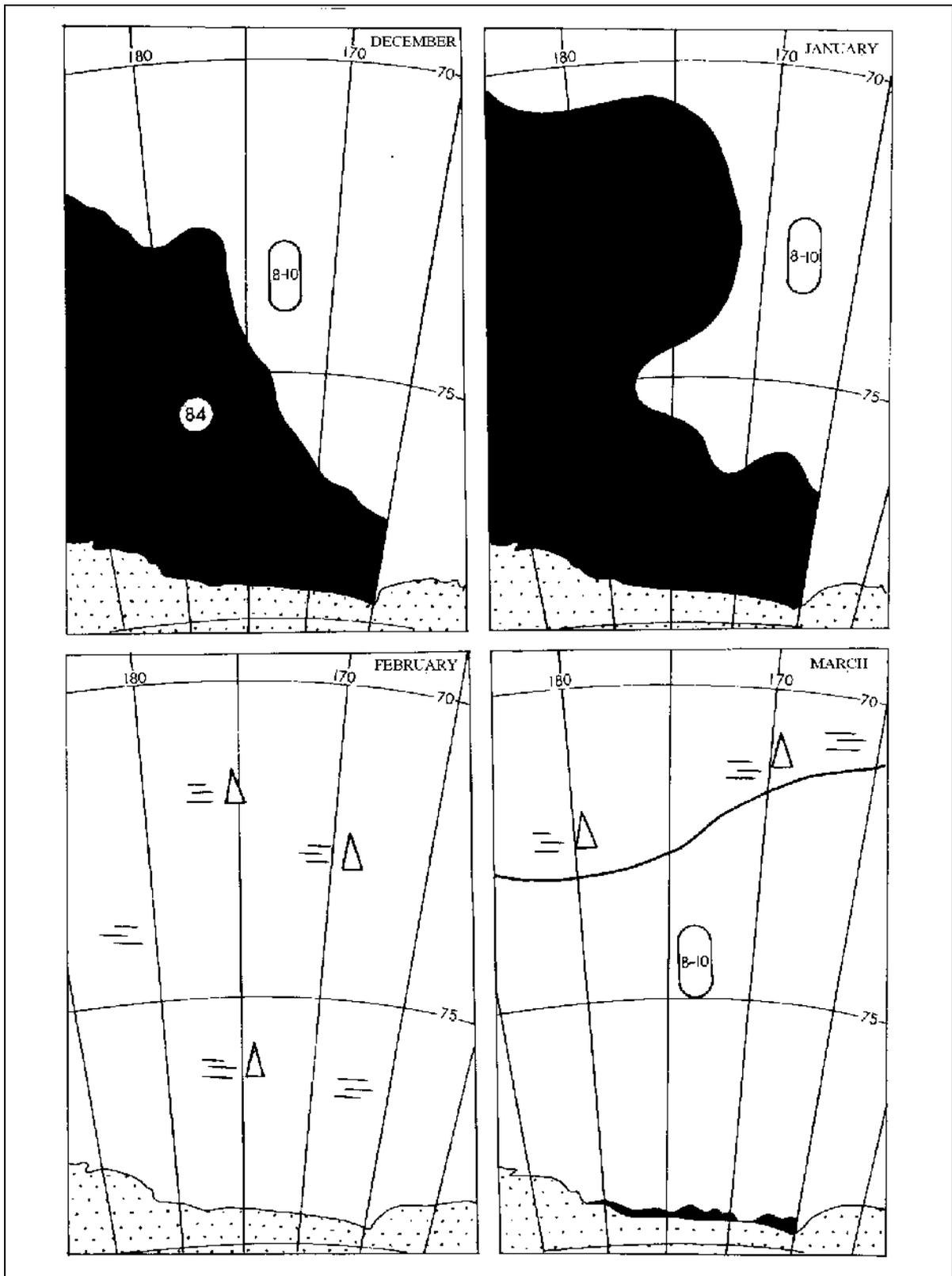
Приложение 8 (продолжение).

Рис.8.9



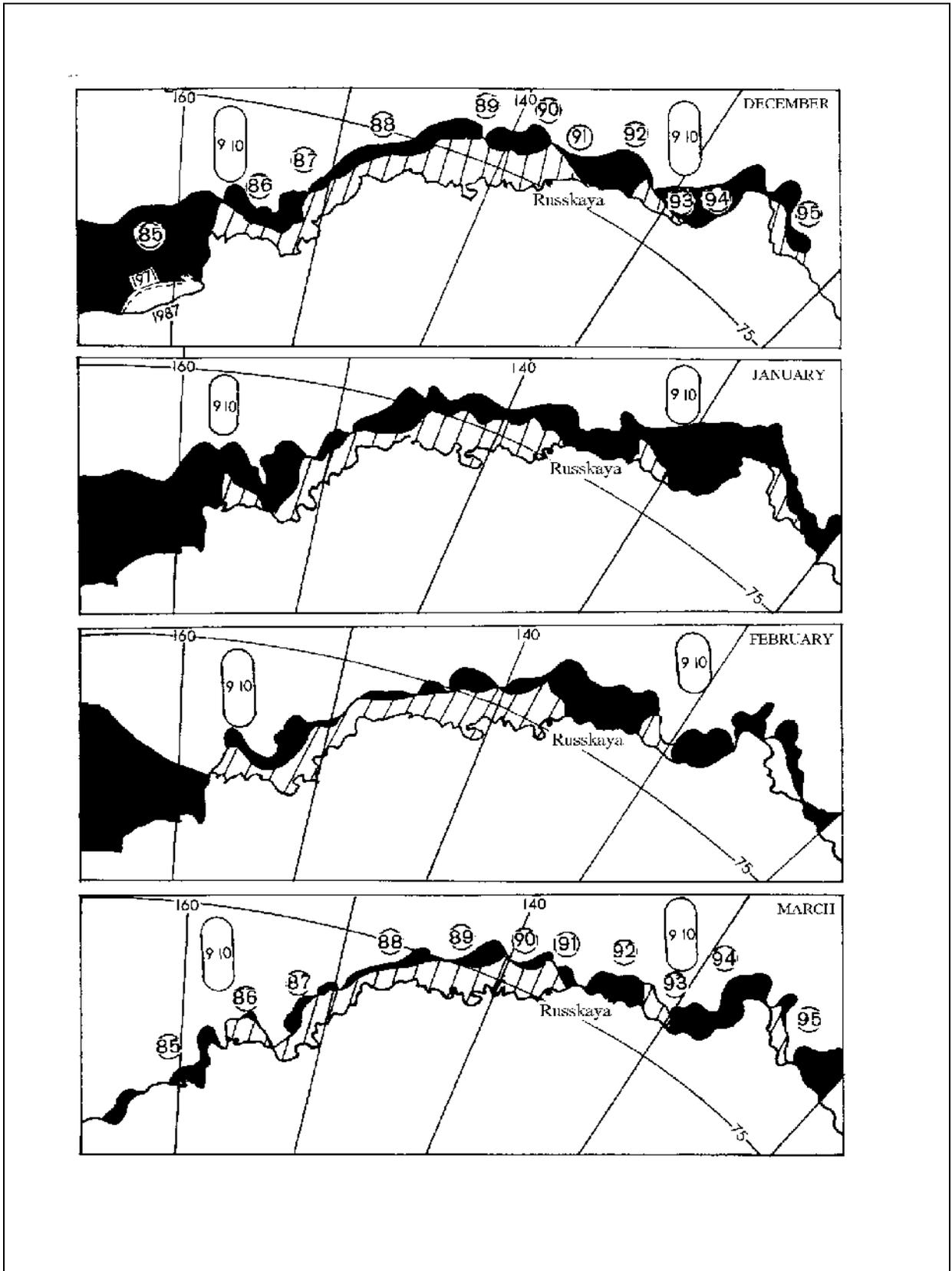
Приложение 8 (продолжение).

Рис.8.10



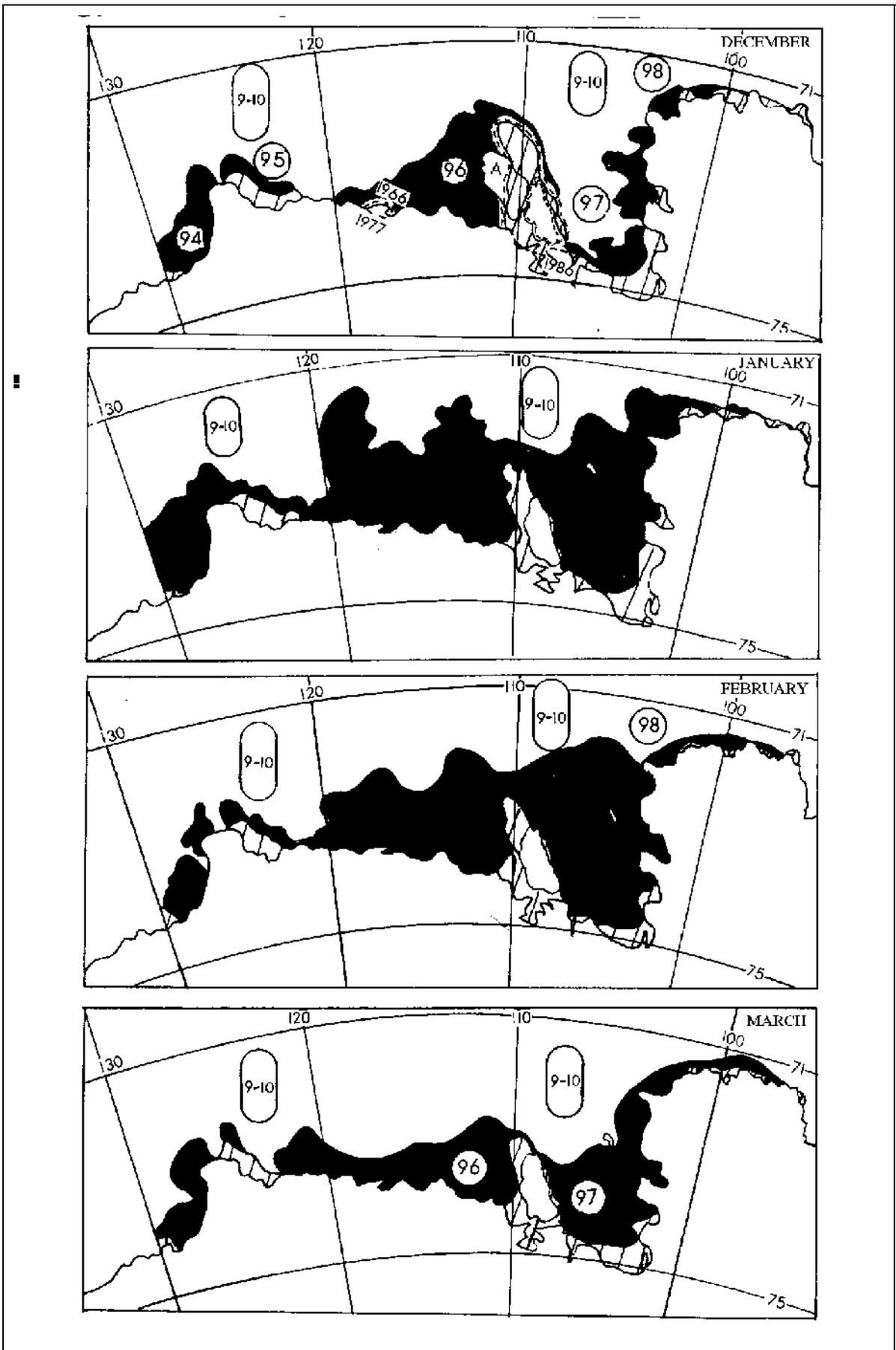
Приложение 8 (продолжение).

Рис. 8.11



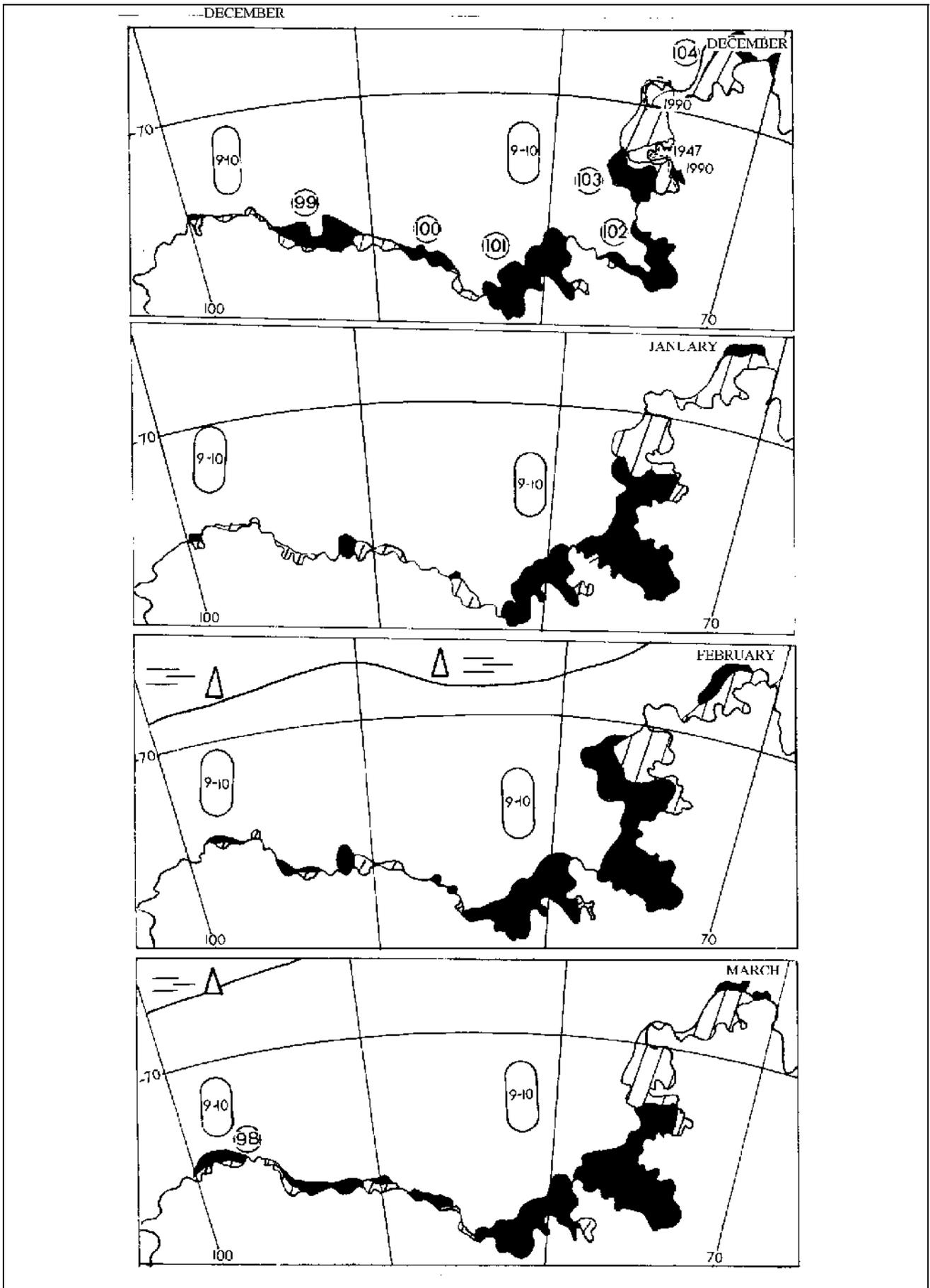
Приложение 8 (продолжение).

Рис.8.12



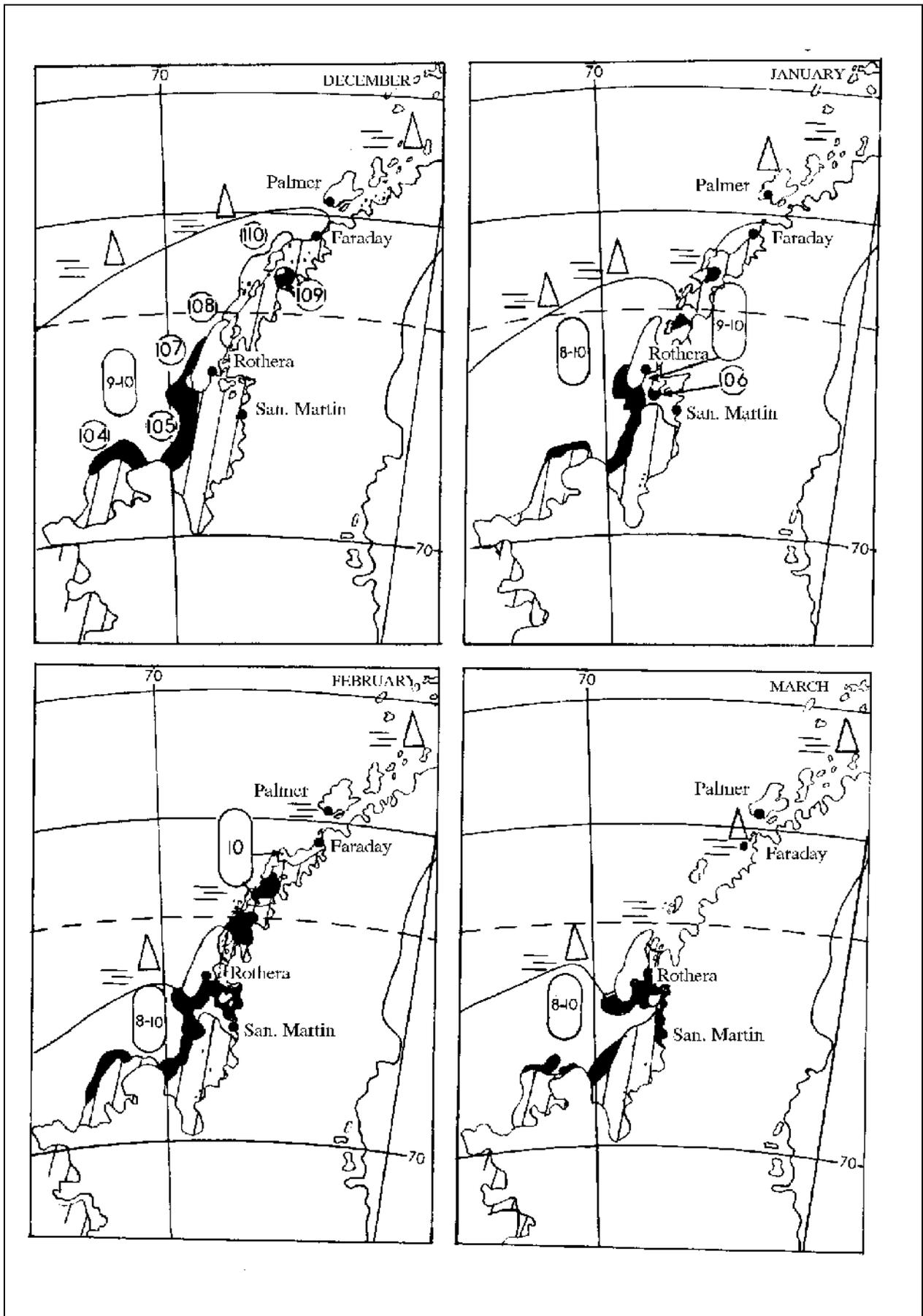
Приложение 8 (продолжение).

Рис.8.13



Приложение 8 (продолжение).

Рис.8.14



Приложение 8 (продолжение).

Рис.8.15