

# ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИБРЕЖНЫХ ПОЛЫНЕЙ В ОСНОВНЫХ РАЙОНАХ НЕРЕСТА ОХОТСКОЙ СЕЛЬДИ

Л.С. Муктепавел

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,  
(ТИНРО-Центр)

По материалам спутниковых наблюдений собран подробный массив данных по параметрам прибрежных полыней в северо-западной части Охотского моря за период с 1978 по 2005 гг., являющийся единственным для дальневосточных морей, который может использоваться в физической и прикладной океанологии. Проведенная комплексная типизация полыней с учетом сроков их появления, географического положения и характера развития свидетельствует о большой изменчивости их режима в пространстве и во времени и дает ясное представление об изменчивости природных условий в районе нереста охотской сельди. Анализ факторов, влияющих на пространственно-временную изменчивость прибрежных полыней в северо-западной части Охотского моря, показал, что основными из них являются динамические процессы (направление ветровых переносов).

## Введение

К одной из особенностей весеннего развития ледовых условий в северной половине моря относится образование полыней в прибрежных и шельфовых районах, где сосредоточены богатейшие биологические и минерально-сырьевые ресурсы (Зуенко, Юрасов, 1997). Здесь, в прибрежной полосе северо-западной части Охотского моря формируются локальные условия, не связанные с общей ледовитостью моря. В настоящее время шельф и материковый склон Охотского моря являются основными районами промысла. Ихтиофауна Охотского моря насчитывает более 30 видов рыб, имеющих промысловое значение. Одним из наиболее важных объектов промысла является сельдь. Охотское стадо, обитающее в водах северо-западной части Охотского моря, по промысловой значимости занимает одно из первых мест. Размножение сельди происходит в узкой прибрежной зоне. Подход сельди на нерест в разные годы колеблется во времени – при раннем подходе нерест отмечается в 1-й декаде мая, при позднем – в начале июня. В отдельные экстремальные годы начало нереста может задержаться до июля. Время подхода сельди и успешность нереста зависит от комплекса причин. К ним относятся ледовые и гидрометеорологические условия. Характер сезонного хода ледовитости обуславливает благоприятное или неблагоприятное состояние районов нерестилищ, пути и сроки

миграций, формирование скоплений промысловых объектов (Тюрнин 1967; 1973, Мельников, 1999, 2001).

Учет данных пространственно-временной изменчивости ледовитости весной в районах нереста вдоль всего побережья северной части моря является одним из важных факторов при учете численности поколений сельди (Завернин, 1972). Этим обусловлена актуальность продолжающихся исследований гидрометеорологических условий шельфовых и прибрежных вод и их особенностей.

### **Материалы и методы**

Основными источниками дистанционных наблюдений были:

1. Материалы телевизионных и многоспектральных съемок с ресурсных отечественных спутников за период с 1979 по 2005 гг., в том числе:

а) спутников «Метеор» и «Метеор-Природа». Телевизионная информация о ледовитости со спутников серии «Метеор» принималась с разрешением 1 км. Многоканальное сканирующее устройство (4 канала - от телевизионного до ближнего инфракрасного диапазона) малого (МСУ-М) и среднего разрешения (МСУ-С) на спутнике «Метеор-Природа» обеспечивало пространственное разрешение в надире 1-1,7 км и 0,24-0,14 км, соответственно;

б) спутника «Океан» (типа «Космос-1500») с локаторами бокового обзора, радиометрами видимого и СВЧ-диапазонов спектра. Информация поступала в институт в период с 1978 по 1990-е гг. из ДВ РЦПОД г. Хабаровска;

в) информация спутников «Ресурс» с системами высокого разрешения.

2. Изображения американских спутников серии NOAA (TERRA), поступающие в ТИНРО-центр по каналам электронной почты из ДВ РЦПОД ЦГМС - РСМЦ (Хабаровский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с функциями регионального специализированного метеорологического центра Всемирной службы погоды) и ИАПУ ДВО РАН (Институт автоматизации и процессов управления) г. Владивосток с ftp-сайта (в рамках договора).

Изображения, полученные усовершенствованным радиометром очень высокого разрешения (AVHRR) со спутников серии NOAA, принимаются в Дальневосточном региональном центре приема и обработки данных (ДВРЦПОД ЦГМС - РСМЦ, г. Хабаровск) и приемном пункте ИАПУ ДВО РАН (г. Владивосток) как в режиме автоматической передачи (АРТ) с пространственным разрешением около 1 км, так и высокого разрешения (HRPT) около 0,35 км. Во второй половине 90-х гг. из ДВ РЦПОД ЦГМС - РСМЦ стали поступать синтезированные спутниковые изображения морского льда в меркаторской проекции спутников серии NOAA (TERRA), т.е. уже прошедшие

различные виды обработки. Режим работы космических спутников позволяет отслеживать ледовую обстановку с дискретностью в несколько суток (от 1 до 5 суток).

Спутниковые снимки Хабаровского центра на отдельную дату представляют собой серию файлов (от 1-2 до 17-20), охватывающих практически всю акваторию моря. Снимки, получаемые из ИАПУ ДВОРАН, являются в основном обзорными (включающими весь район моря на одном изображении).

Все перечисленные виды спутниковой информации ледовой обстановки являются оптимальными как по площади снимаемой акватории, так и по пространственному разрешению, и являются основным материалом, использованным автором.

3. Для корректировки спутниковых изображений морского льда в ряде случаев использовались данные авиационных наблюдений, получаемые в ТИНРО с 1986 по 1991 г.г. самолетом лабораторией ИЛ-18 ДОРР (дальний океанический разведчик рыбы). Этот самолет был оборудован приборами для визуальных наблюдений, а также аппаратурой для авиафотосъемок.

Дополнительно были использованы:

1. Спутниковые ледовые карты National Ice Center, США ([http://www.natice.noaa.gov/pub/West\\_Arctic/](http://www.natice.noaa.gov/pub/West_Arctic/) с 1998 года).

Данные организованы в виде баз данных ГИС, которые предоставляют возможность с помощью ArcView или ARC/INFO в наглядной и удобной форме отображать, исследовать, запрашивать и анализировать ледовую информацию с 1997 г. В каталоге \arc хранятся данные в формате обменного файла ARC/INFO (.e00).

Карты строились с полученных снимков по отдельным районам побережья при помощи программы Didger.exe (версия 2) и программы для обработки и визуализации данных Arc View GIS (версия 3.2). Фрагменты карт побережья объединялись в единую картину. С полученных в электронном виде карт с помощью пакета программ для расчета площадей, в программе Surfer (версия 8), ArcView GIS) считались площади прибрежных полыней в северо-западной части Охотского моря.

Метеоданные:

2. Типизация синоптических процессов (по суммарной повторяемости) для дальневосточных морей С.Ю. Глебовой (Глебова, 2003);

3. Таблица-календарь типов атмосферной циркуляции (с 1949 по 1998 гг.) (Полякова, 1999);

#### **Методы исследования**

Основным методом обработки спутниковых снимков являлось визуальное дешифрирование достаточно информативных изображений среднего разрешения (до 240-

350 м) с применением компьютерных технологий и их сравнения с данными подспутниковых наблюдений. В течение декады имелось несколько снимков ледовой обстановки различных районов северо-западной части моря. Полученные фрагменты осреднялись для конкретной декады по всему морю. Декадные данные составили основу базы данных для дальнейшего исследования.

Прибрежные полыньи северо-западной половины Охотского моря (район к северу от 54°с. ш.) исследовались с 1978 по 2005 гг. (с марта по май) (с учетом распределения основных нерестилищ охотской сельди) (Тюрнин, 1973):

Сформированы следующие ряды данных:

- а) Сроки появления полыньи;
- б) Сроки устойчивого развития;
- в) Сроки полного очищения побережья ото льда;
- г) Площадь полыней.

Для каждого ряда данных, представленных в работе, определены средние значения и рассчитаны ежегодные аномалии. Все ряды нормированы на свои стандартные отклонения. В этом случае полученные ряды можно сравнивать между собой и оперировать с ними. Все данные типизированы.

Проведенная комплексная типизация пространственно-временной изменчивости прибрежных полыней в северо-западной части Охотского моря основана на 3-х признаках: сроки появления полыней, их географическое положение и характер развития в течение весны.

Для анализа многолетнего хода аномалий исследуемых параметров использовался метод интегральных кривых, которые представляют собой накопленные суммы ежемесячных или средних за ледовый сезон аномалий. В начале определялось среднее многолетнее значение исследуемой величины за месяц или сезон, затем вычислялись их отклонения. Полученные аномалии алгебраически суммировались от месяца к месяцу (от сезона к сезону) для всего изучаемого ряда лет. Рост кривой, показывает, что изучаемый параметр аномально развит. В периоды спада кривой, наоборот – ослаблен. Фактически интегральная кривая аномалий представляет сглаженную кривую многолетнего хода параметра. Одновременно она позволяет определить наличие и продолжительность коротких и длинных циклов во временном ходе параметра (Гирс, 1974).

Установление статистических связей между метеорологическими параметрами проводилось расчетом коэффициента корреляции (R), который является показателем связи между двумя случайными величинами, по формуле:

$$R = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum (x_i - \bar{x})^2)(\sum (y_i - \bar{y})^2)}}$$

Корреляционные матрицы ледовитости Охотского моря строились для нормированных аномалий, которые представляют собой аномалии, отнесенные к стандартному (среднеквадратическому) отклонению. Среднеквадратическое отклонение ( $\sigma$ ) является оценкой погрешности расчета параметра и рассчитывается по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Для выяснения причин приведенной пространственно-временной изменчивости прибрежных полыней проводился анализ синоптических условий.

На первом этапе исследования синоптических условий, соответствующих раннему и позднему формированию полыней, а значит раннему или позднему подходу сельди на нерест, привлекались индексы атмосферной циркуляции А.А. Каца, рассчитанные за период с декабря по март (Глебова, 2003), как показатели интенсивности переноса масс воздуха в широтном и меридиональном направлениях над акваторией Охотского моря.

На следующем этапе проводился анализ условий образования типов прибрежных полыней вдоль северо-восточного побережья с учетом преобладающих форм типов атмосферной циркуляции (с 1978 до 1998 г.г.), которые дирижируют мезомасштабными процессами у Земли и определяют температурный и ледовый режим северной части Охотского моря. С этой целью к работе привлекался «Календарь типов атмосферной циркуляции с учетом нестационарности над северной частью Тихого океана» А.М. Поляковой (Полякова, 1999). В основу типизации атмосферной циркуляции с учетом нестационарности положены: географическое положение основных траекторий циклонов, географическое положение областей высокого давления и направление перемещения различных воздушных масс (влажные или сухие, теплые или холодные, континентальные или морские). Названия выявленных автором 6-ти типовых ситуаций соответствуют географическому положению основных траекторий циклонов и отражают характер атмосферной циркуляции в приземном (приводном) слое атмосферы.

## Результаты и обсуждение

На основе анализа 28 ледовых сезонов исследуемой акватории получены некоторые параметры полыней, представленные в таблице 1. Наличие прибрежных полыней почти во все годы, за редким исключением (1993 и 1999 гг.) позволило установить, что средним сроком появления прибрежных полыней в северо-западной части Охотского моря является 3-я декада марта. Самое раннее образование полыньи (1-я декада марта) в этом районе отмечалось в 1990 году. Самое позднее образование (3 декада апреля) в 1994, 1998 и в 2001 годах. Стандартное отклонение сроков появления полыньи, характеризующее их амплитуду, равняется почти 3 декадам ( $\sigma = 2,86$ ).

Средний срок очищения побережья ото льда - это 1-я декада июня. Самым ранним сроком следует считать 1 декаду апреля, как было в 1984, 1991-1992, 1996 годах. Самое позднее очищение произошло в 3-й декаде июля 1999 года.

Средняя многолетняя величина площади полыней весной составляет 53802 кв.км. Минимальная площадь полыней наблюдалась в 1994 году – 7976 кв. км, а максимальная - в 1980 году (137663 кв. км). Коэффициент вариации площадей полыней, показывающий отношение стандартного отклонения к среднему многолетнему значению, довольно велик ( $C_v = 0,58$ ), что указывает на значительные их колебания от года к году.

Полученные параметры прибрежных полыней, представленные в настоящей работе, являются достаточно объективными и информативными для изучения их пространственно-временной изменчивости и типизации.

В зависимости от сроков появления полыньи было выделено 3 типа сезонов. В 1-й тип выделены годы с ранними сроками образования (раньше 3-й декады марта), во 2-й тип - годы промежуточные или нормальные (3-я декада марта) и в 3-й тип - годы с поздними сроками образования полыней (позже 3-й декады марта). Однако, встречаются годы, когда прибрежные полыньи на северо-западе моря полностью отсутствуют.

Распределение перечисленных типов в течение всего исследуемого ряда представлено в таблице 2.

Таким образом, на протяжении периода с 1978 года по 2005 год, количество нормальных лет составило 28%, годы с ранними сроками образования полыней составили всего 18%. Отмечается преобладание сезонов с поздними сроками появления полыней, которые составляли 50%. На годы, когда полыньи в прибрежной зоне северо-западной части Охотского моря полностью отсутствовали, приходилось всего два случая.

Приведенная типизация временной изменчивости является весьма общей, поскольку в выделенные типы входят годы с различными схемами развития прибрежных полыней весной. Анализ многолетнего ряда пространственного развития полыней в исследуемом районе показал, что в отдельные годы полынья образуется только вдоль

Таблица.1

Основные параметры прибрежных полыней в северо-западной части Охотского моря.

Год	Параметры полыней в северо-западной части Охотского моря		
	Сроки образования	Сроки полного очищения побережья	Средняя площадь полыней за период март-май
	(декады)	(декады)	(кв. км)
1978	9	20	62126
1979	10	18	41745
1980	11	14	137663
1981	8	20	25660
1982	10	17	37795
1983	9	19	34366
1984	8	16	54886
1985	10	15	7686
1986	8	17	107533
1987	11	15	48890
1988	8	17	74981
1989	9	15	21583
1990	7	17	50234
1991	9	16	13422
1992	10	17	31938
1993	-	17	0
1994	12	17	7976
1995	11	15	25491
1996	10	15	93812
1997	11	17	46718
1998	12	15	30203
1999	-	21	0
2000	10	14	71257
2001	12	19	7668
2002	9	14	47971
2003	9	13	80071
2004	9	13	77680
2005	10	15	67244
Среднее	9	16	53802
Станд.отклон. $\sigma$	2,86	0,42	30985.66
Минимум	7	10	7976
Максимум	12	21	137663
Козф. вариаци. $C_v$	0,32	3,91	0,58

Прим. к таблице 1: сроки образования полыней и сроки полного очищения побережья ото льда приведены по порядковым номерам декад (начиная с 1-й декады января).

Таблица 2

Типизация лет по срокам образования полыней в северо-западной части Охотского моря

1 тип	2 тип	3 тип	
Годы с ранними сроками появления	Нормальные годы или промежуточные	Годы с поздними сроками появления	Полное отсутствие
1981	1979	1980	1993
	1978		
1984	1983	1982	1999
1986	1989	1985	
1988	1991	1987	
1990	2002-2004	1992	
		1994-2001	
		2005	
повторяемость			
18%	28%	50%	4%

западного побережья (~от 137° в. д. до 143° в. д.) (рис. 1а), или вдоль северного (~143° в. д.-155° в. д.) (рис. 1б). Отмечаются годы, когда обширные пространства чистой воды существуют вдоль всего северо-западного побережья (~137° в. д. до 155° в. д.) (рис 1в).

Межгодовая изменчивость полыней отличается не только по срокам образования и географическому положению вдоль побережья, но и по устойчивости развития. Так, в 1982, 1985, 1987, 1994, 1998 годы полыньи отмечались от 1 до 3-х декад, а затем районы нерестилиц блокировались льдами при частой смене ветров на южные. Таким образом, необходимо подробное исследование каждого года по перечисленным параметрам развития полыней.

Далее была проведена комплексная типизация полыней в северо-западной части Охотского моря с учетом сроков появления полыней, их географического положения и характера развития. Распределение типов и подтипов в течение исследуемого периода представлено в таблице 3.



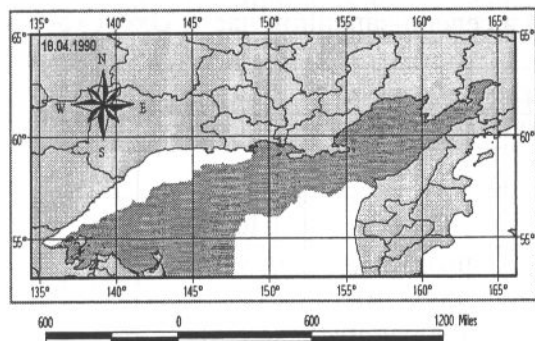
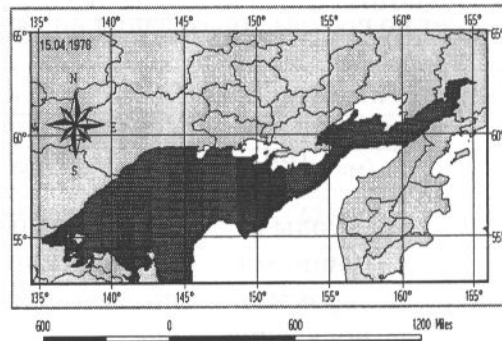
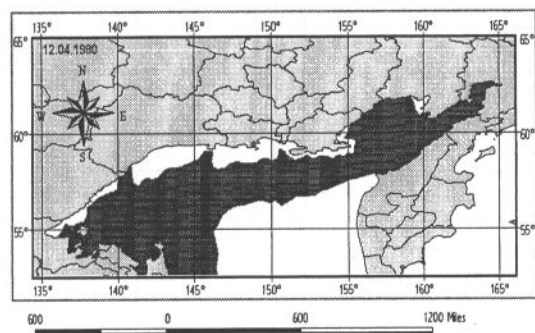
**а Западный тип (З)****б Северный тип (С)****в Северо-Западный тип (СЗ)**

Рис. 1. Примеры пространственного распределения полыньи в прибрежной зоне в северо-западной части Охотского моря

Анализ повторяемости процессов образования полыней свидетельствует, что самым устойчивым, часто повторяющимся является подтип “С-З” 3-го типа. Иначе говоря, в 5-ти случаях (1980, 1992, 1996, 1997 и 2005 г.г.) устойчивая полынья появлялась позже среднемноголетних сроков и существовала вдоль всего северо-западного побережья Охотского моря в течение весны. В 4-х случаях (1982, 1985, 1998 и 2001 годы) полынья развивалась по этому подтипу неустойчиво.

Вторым по повторяемости является подтип “З” 2-го типа (1991, 2002-2004 гг.). Здесь, в 3-х случаях устойчивая полынья появляется в нормальные сроки (3 декада марта) вдоль западного побережья и в 1-м развивается неустойчиво (таблица 3). Появление полыней в сроки раньше среднемноголетних носит эпизодический характер и с различным географическим положением вдоль побережья северной половины Охотского моря. Таким образом, проведенная комплексная типизация полученных параметров прибрежных полыней северо-западной части Охотского моря, свидетельствует о большой изменчивости их режима в пространстве и во времени.

Таблица 3

Комплексная типизация пространственно-временной изменчивости прибрежных полней в северо-западной части Охотского моря

	1 Тип			2 Тип			3 Тип		
	Западное 137 вл. - 143 вл.	Северное 143 вл - 155 вл	Все северо- западное побережье 137 вл- 155 вл	Зап. 137 вл.- 143 вл.	Сев. 143 вл- 155 вл	Все северо- западное побережье 137 вл- 155 вл	Зап. 137 вл.- 143 вл.	Сев. 143 вл- 155 вл	Все северо- западное побережье 137 вл- 155 вл
Характер развития	подтип 3	подтип С	подтип С-3	подтип 3	подтип С	подтип С-3	подтип 3	подтип С	подтип С-3
устойчивый	1990	1986	1984 1988	2002 2003 2004	1979 1978	1983	2000	1995	1980 1992 1996-1997 2005
неустойчивый	1981			1991	1989			1994 1987	1982 1985 1998 2001

## Анализ факторов, влияющих на пространственно-временную изменчивость прибрежных полыней в северо-западной части Охотского моря.

Важной с точки зрения освоения шельфовой зоны является задача дистанционного изучения и оперативного прослеживания особенностей развития ледовых процессов в нерестовых и промысловых районах морей. Ледовый режим Охотского моря тесно связан с физико-географическими особенностями района. К ним относятся: континентальность, близость к Сибирскому максимуму, мелководность северной части, водообмен с Тихим океаном, приливы.

Общая ледовитость Охотского моря не оказывает влияния на формирование чистой воды в районах нереста сельди. Даже в ледовитые годы (1980, 1986, 2000, 2003), когда общая ледовитость в марте была от 80% и более, в районах нереста гидрологические условия были благоприятными, т.е. размеры полыней превышали среднемноголетнее значение, а в 1980 году отмечалась максимальная по площади полынья (рис. 2).

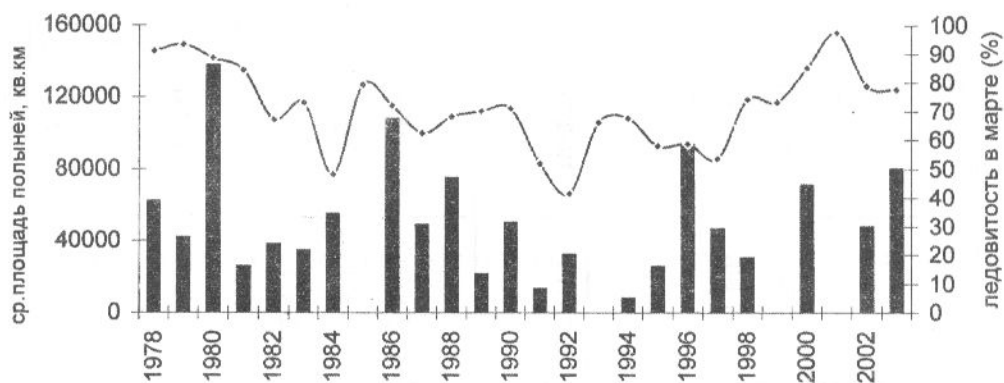


Рис. 2 График многолетнего хода ледовитости в марте (—♦—) и средней площади полыней с марта по май (■) в северной половине Охотского моря за период с 1978 по 2003 г.г.

В то же время в отдельные малоледовитые годы (1991, 1992 гг.) вдоль побережья северо-западной части моря отмечались незначительные пространства чистой воды вплоть до мая. В 1993 и 1999 гг., относящихся к промежуточным, они полностью отсутствовали. Таким образом, весной в северо-западной части Охотского моря формируются локальные условия ледового режима, не связанные с общей ледовитостью моря.

На основании анализа регулярных космических данных было установлено, что устойчивые черты пространственной структуры ледяного покрова обусловлены, главным образом, гидротермодинамическим воздействием водных масс, в силу чего взаимные выклинивания ледяных массивов, отображаемые на космических снимках, могут быть использованы в качестве индикаторов некоторых процессов динамики не только приповерхностных, но и глубинных слоев морских вод.

Следует учесть, что основной силой, формирующей прибрежные полыньи и регулирующей процессы ледообразования в них, является прилив, особенно для приливных морей, к каковым относится Охотское море. Для прибрежной полыньи важное значение имеет и характер воздушных потоков, регулирующих их размеры и положение.

В зимний период основным элементом структуры термобарического поля тропосферы над Дальним Востоком является обширная и устойчивая ложбина у восточного побережья Азиатского материка (Руководство по краткосрочным прогнозам погоды, 1965 г.). Под тыловой частью этой ложбины над континентом вследствие низких континентальных температур образуется сибирский антициклон, или азиатская область высокого давления. Под передней и южной частью дальневосточной ложбины создаются благоприятные условия для возникновения южных морских циклонов и регенерации западных, которые формируют алеутскую депрессию (область низкого давления). Эти барические образования создают "муссонный цикл", который в основном определяет общие климатические условия морей. Таким образом, прибрежные районы северной части Охотского моря зимой и весной являются районами активной циклонической деятельности. В течение весны происходит постепенное ослабление дальневосточной высотной ложбины. Увеличивается повторяемость зональных процессов, характеризующихся быстрым смещением в восточном направлении высотных ложбин и гребней небольшой длины и амплитуды. При этом циклонический характер погоды часто сменяется ее типами, свойственными непродолжительным антициклоническим вторжениям (Ильинский, 1965).

Представленные выше параметры прибрежных полыней (табл. 2) испытывают значительные внутрисезонные и межгодовые изменения. В многолетнем ходе параметров полыней прослеживаются периоды раннего и позднего появления, увеличения и уменьшения их общей площади.

Внутрисезонная изменчивость развития полыней определяется конкретной синоптической обстановкой, которая зависит от прохождения в данном регионе циклонов и антициклонов. Анализ многолетнего хода параметров дает основание предположить, что подобные изменения обусловлены сменой макросиноптических процессов.

#### **Анализ взаимосвязи пространственно-временной изменчивости прибрежных полыней в северо-западной части Охотского моря и атмосферной циркуляции, выраженной индексами Л.А.Каца**

На первом этапе исследования синоптических условий, соответствующих раннему и позднему формированию полыней, а значит раннему или позднему подходу сельди на нерест, привлекались индексы атмосферной циркуляции А.Л.Каца, рассчитанные

С.Ю. Глебовой. для Охотского моря за период с декабря по март. Индексы циркуляции А.Л. Каца – показатели интенсивности переноса масс воздуха в широтном и меридиональном направлениях.

Проведенное сравнение межгодовой изменчивости площади полыней, осредненной за период с марта по май, и аномалий зонального и меридионального индекса А.Л. Каца, осредненных за период с декабря по март, показало (рис.3), что:

а) колебания площади полыней с марта по май имеют выраженный обратный ход с аномалиями меридионального индекса;

б) устойчивое расширение зон чистой воды чаще всего приурочено к сезонам преобладания отрицательных, либо резкого уменьшения положительных аномалий меридионального индекса, т.е. при усилении северного переноса.

Теснота связи этих двух параметров (меридиональный индекс и площадь полыней) оценивается значимым отрицательным коэффициентом корреляции ( $R = -0,65$ ).

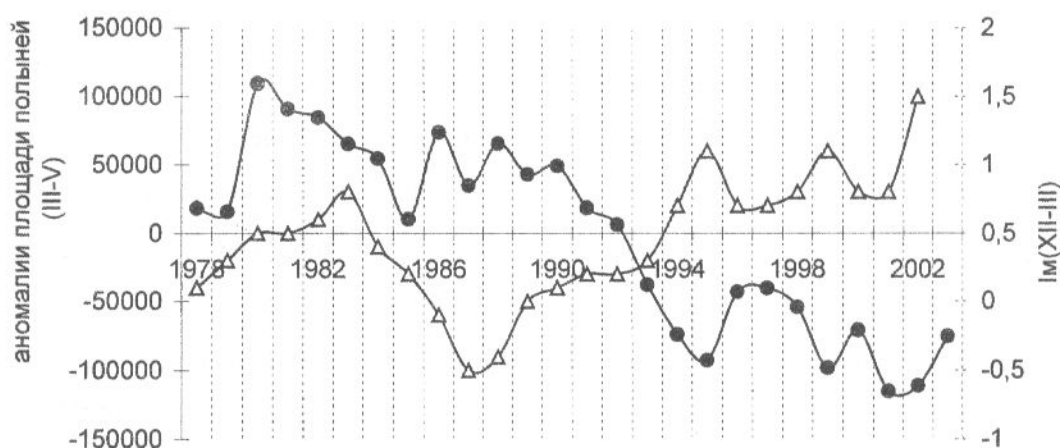


Рис. 3. Интегральные кривые аномалий площади прибрежных полыней в северной половине Охотского моря- (—●—) и аномалий меридионального индекса с декабря по март (I м) (—△—) за период 1978-2003 годы.

Сроки появления и устойчивого развития полыней так же, как и их площади, довольно изменчивы. Более раннее очищение происходит при преобладании положительных аномалий меридионального индекса в течение всего ледового сезона (с декабря по март), т.е. при снижении интенсивности северного переноса (зимнего муссона) (рис.4). С аномалиями зонального индекса А.Л. Каца подобных закономерностей не выявлено.

Используя предложенные А.Л. Кацем способы разделения состояний циркуляции на зональное и меридиональное и выделение форм меридиональной циркуляции, можно объективно установить существенно важные, но общие, скорее мезомасштабные, характеристики циркуляции атмосферы, влияющие на особенности изменчивости ледовых условий в исследуемом районе.

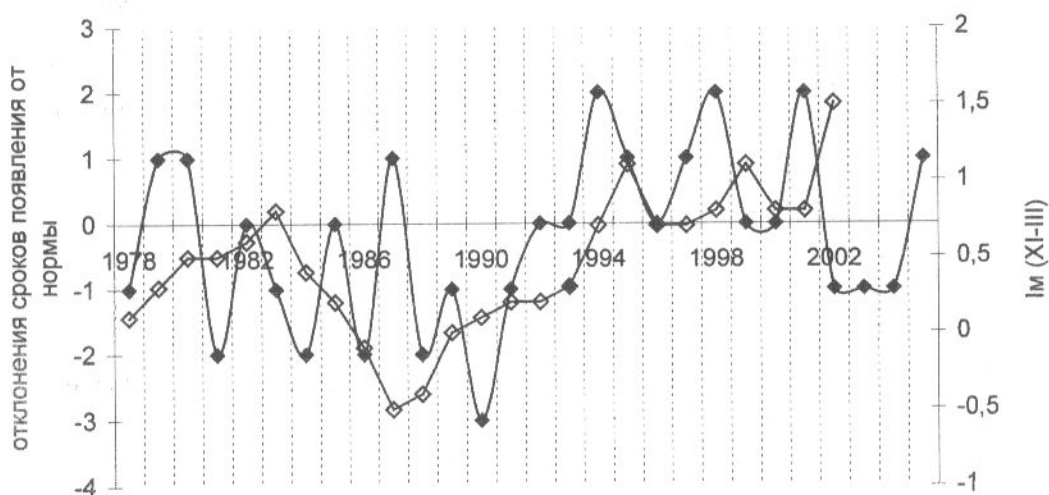


Рис.4 Интегральные кривые аномалий межгодовой изменчивости сроков появления прибрежных полыней - (—◆—) на фоне аномалий меридионального индекса (Im)- (—◇—) за период 1978-2003 годы. ( $R = 0,4$ )

### Взаимосвязь типов пространственно-временной изменчивости прибрежных полыней с преобладающими формами атмосферной циркуляции (по А.М. Поляковой)

На следующем этапе исследования проводился анализ типов образования прибрежных полыней вдоль северо-восточного побережья с учетом преобладающих форм атмосферной циркуляции (с 1978 г. до 1998 г.), которые дирижируют мезомасштабными процессами у Земли и определяют температурный и ледовый режим северной части Охотского моря. С этой целью к работе привлекался «Календарь типов атмосферной циркуляции с учетом нестационарности над северной частью Тихого океана» (Полякова, 1999 г.). Полученные результаты (табл. 4) свидетельствуют о том, что:

1. Образование устойчивой полыни в ранние сроки вдоль западного побережья (Тип 1, подтип “з”) чаще всего обусловлено преобладанием в феврале ОА (охотско-алеутского) типа атмосферной циркуляции (рис. 5а).

Для этого типа, характерна интенсификация Охотской и Алеутской депрессии в холодное время года. При этом Охотская депрессия располагается над южной половиной моря, где отмечается активная циклоническая деятельность. При действии этого типа процессов на акваторию Охотского моря выносится большое количество тепла (Полякова, 1999, 2002). Далее в марте ОА сменяется на преобладающий Цн тип (Циклоны над

Таблица 4

Взаимосвязь типов и подтипов пространственно-временной изменчивости прибрежных полыней с преобладающими формами атмосферной циркуляции (по А.М. Поляковой)

Типы и подтипы полыней	Типы атмосферной циркуляции над северной частью Тихого океана по Поляковой А.М.(1999)
Тип 1, подтип «з» Образование устойчивой полыни в ранние сроки вдоль западного побережья	ОА → Цн Охотско-Алеутский (февраль)      Циклонический (март)
Тип 2, подтип «с» Образование устойчивой полыни в среднемноголетние сроки вдоль северного побережья	СЗ Северо-западный (с конца февраля до середины апреля)
Тип 2, подтип «с-з» Образование устойчивой полыни в среднемноголетние сроки вдоль всего северо-западного побережья	ОГ → СЗ → ОА Охотско-Гавайский (март)      (апрель)
Тип 3, подтип «с-з» Образование устойчивой полыни в более поздние сроки вдоль всего северо-западного побережья	Цн (ША) Широтный - Алеутский (февраль – март - апрель)

океаном) (рис. 5.6). Таким образом, раннее образование устойчивой полыни вдоль западного побережья обусловлено относительным прогревом северной половины моря в феврале и далее влиянием динамического фактора - отжимных северо-западных ветров. При этом северное побережье остается блокировано льдом (рис. 1 а).

2. Образование устойчивой полыни в среднемноголетние сроки вдоль северного побережья (Тип 2, подтип «с»), обусловлено продолжительным действием СЗ (северо-западного) типа атмосферной циркуляции (рис. 5 в), который может начинаться с конца февраля и продолжаться до середины апреля. При этом северная часть Охотского моря находится под действием гребня, направленного с континента на северо-восток Камчатки. Северное побережье Охотского моря находится под действием отжимных северо-

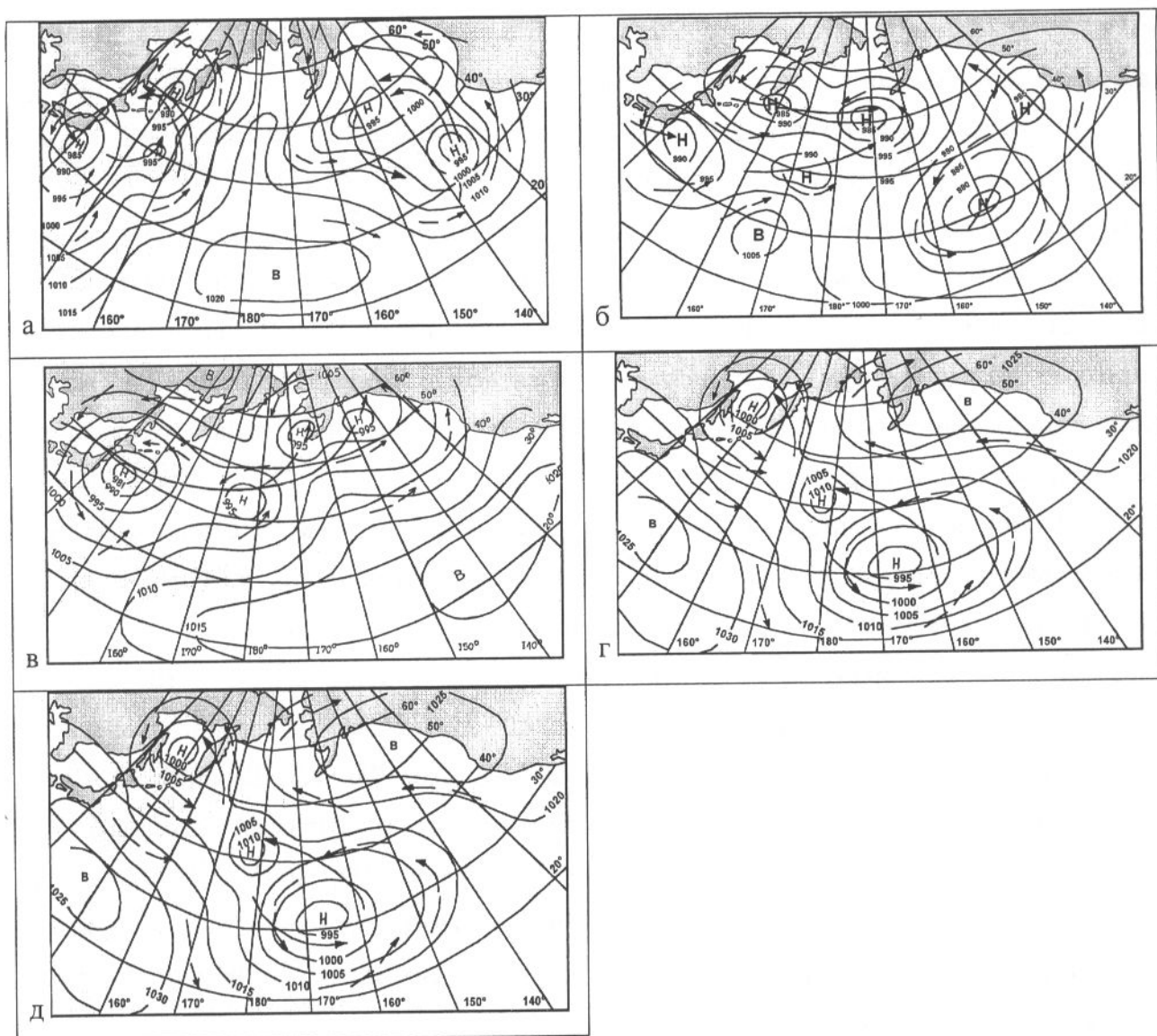


Рис. 5 – Типы атмосферной циркуляции с учетом нестационарности над северной частью Тихого океана (Полякова, 1999)

а. - Охотско-Алеутский (ОА) тип; б - Циклонический (Цн) тип ; в - Северо-западный (СЗ) тип; г - Охотско-Гавайский (ОГ) тип; д - Широкий-Алеутский (ША) тип

восточных ветров, а северо-западное побережье при этом испытывает их прижимное влияние. В этом случае устойчивая, но не обширная по площади полынья отмечается вдоль северного побережья (от  $\sim 142^\circ$  в.д. вплоть до  $\sim 155^\circ$  в.д.). Западное побережье (от  $\sim 135^\circ$  в.д. до  $\sim 142^\circ$  в.д.) в подобной ситуации блокировано льдами. В данном случае полынья на севере образуется в результате динамического фактора (преобладающие северные, северо-восточные отжимные ветры) (рис. 1 б).

3. Образование устойчивой полыньи вдоль всего северо-западного побережья (Тип 2, подтип “с-з”) происходит при смене в марте ОГ (Охотско-Гавайского) типа (рис.5 г), который обуславливает вынос теплых воздушных масс на северную половину моря, на тип СЗ.



В апреле при условии преобладания типа ОА, полынья открывается далее к востоку вдоль северного побережья до полуострова Кони. При действии этого типа в холодное время года на Охотское море осуществляется адвекция тепла с юго-востока. При этом циклоническая деятельность, связанная с охотской депрессией над акваторией Охотского моря, выражена более интенсивно по сравнению с алеутской депрессией (Полякова, 1999). В таких случаях раннее образование устойчивой полыньи вдоль западного побережья обусловлено динамическим фактором (преобладающие северо-западные отжимные ветры), а дальнейшее ее развитие вдоль северного берега к востоку - уже термическим фактором (выносом большого количества тепла океанскими воздушными массами) (рис 1 в).

4. Образование полыньи в более поздние сроки вдоль всего северо-западного побережья (тип 3, подтип "с-з") отмечается преимущественно при преобладании Цн (Циклонического) типа (рис.5.6) (циклоны над океаном), который может начаться в феврале и продолжаться большую половину марта, ненадолго сменяясь Широтным-Алеутским (рис.5 д). При этом типе зимой происходит движение холодных континентальных масс воздуха с северо-востока через северную часть Берингова моря на азиатский материк. Смешиваясь с континентальными воздушными массами, они вторгаются на акваторию Охотского моря (Полякова, 1999, 2002 гг.). При этом динамическое влияние отжимных ветров на северное побережье моря уравнивается выхолаживанием. С марта по апрель в подобных ситуациях по-прежнему может отмечаться Цн тип атмосферной циркуляции.

В течение исследуемого периода, в годы, отнесенные к типу 3, подтипу "с-з" образования полыней, преобладающим (по Поляковой) является именно Цн тип атмосферных процессов (от 111 суток в 1996 году, до 194 - в 1992 году).

Таким образом, с физической точки зрения в формировании ранних, средних или поздних по срокам образования полыней вдоль северо-западного побережья Охотского моря основную роль играют динамические, а не термические воздействия на ледовый покров. Следует учитывать, что ветры определенного направления для одних участков побережья являются отжимными, а для других - прижимными. Отсюда следует, что те или иные связи и закономерности, установленные для одних районов моря, не могут быть привлечены без соответствующего анализа для объяснения особенностей пространственно-временной динамики ледовых условий в других районах моря.

В результате по материалам информативных регулярных спутниковых наблюдений сформирована уникальная и оригинальная база данных пространственно-временной изменчивости прибрежных полыней в северо-западной части Охотского моря (с учетом распределения основных нерестилищ охотской сельди) за период с 1978 г. по 2005 г.

Проведенные исследования с использованием этой базы данных позволяют сделать следующие выводы:

1. Проведена комплексная типизация полыней:

- наиболее устойчивым и часто повторяющимся является 3-й тип, подтип "С-З" (1980, 1985, 1992, 1996, 1997 и 2005 гг.), когда устойчивая полынья появлялась позже среднемноголетних сроков и существовала вдоль всего побережья северо-западной части Охотского моря в течение весны. В 1982, 1998 и 2001 годы полынья развивалась по этому подтипу неустойчиво;

- вторым по повторяемости является 2-й тип, подтип "З" (2002 - 2004 г.г.), то есть, когда полынья появляется в нормальные сроки (3 декада марта) вдоль западного побережья и устойчиво развивается.

2. Проведен анализ взаимосвязи пространственно-временной изменчивости прибрежных полыней в северо-западной части моря и атмосферной циркуляции, характеризующей динамическое и термическое состояние атмосферы:

- процесс устойчивого расширения зон чистой воды в весенний период определяется преимущественно влиянием меридиональной составляющей общей циркуляции атмосферы над Охотским морем;

- одним из основных факторов, влияющих на формирование ранних, средних или поздних по срокам образования полыней, играют динамические (ветровые) воздействия на ледовый покров в прибрежной зоне.

## Литература

Гирс А.А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических . – прогнозов Л.: ГМИ, 1974. – 488 с.

Гирс А.А., Кондратович К.В. Методы долгосрочных прогнозов погоды. – Л.: ГМИ, 1978.- 344с.

Глебова С.Ю. Типы атмосферных процессов над дальневосточными морями, межгодовая изменчивость их повторяемости и сопряженность. – Известия ТИНРО – 2003 - Т.134. - С. 209-257.

Завернин Ю.П. Влияние гидрометеорологических условий на сроки подхода охотской сельди на нерест и урожайность ее поколений.//Изв. ТИНРО, т.81, 1972.с.44-51

Зуенко Ю.И., Юрасов Г.И. Структура водных масс прибрежных районов Охотского моря. // Метеорология и гидрология. 1997, № 3. С. 50-58.

Ильинский О.К. Опыт выделения основных форм циркуляции атмосферы над Дальним Востоком. Вопросы гидрометеорологии. Труды ДВНИГМИ, вып.20, Гидрометеоиздат, Л., 1965, с. 26-46.

Мельников И.В., Радченко В.И. Охотская сельдь: два года крупномасштабного промысла // Рыбное хозяйство. 1999. № 6. С.34-36

Мельников И.В., Воробьев П.В. Распределение и миграции неполовозрелой сельди в северной части Охотского моря.//Вопросы рыболовства. 2001.Том 2.№3(7).Москва. С. 403-421.

Полякова А.М., Календарь типов атмосферной циркуляции с учетом нестационарности над северной частью Тихого океана и их краткая характеристика. Владивосток. Изд-во Дальневосточного университета, 1999.

Полякова А.М., Власова Г.А., Васильев А.С. Влияние атмосферы на подстилающую поверхность и гидродинамические процессы Берингова моря. Владивосток: Дальнаука. 2002. 203 с.

Тюрнин Б.В. О продолжительности стадий и этапов эмбрионального периода развития охотской сельди // Изв. ТИНРО. 1967. Т. 61. С. 196-204.

Тюрнин Б.В. Нерестовый ареал охотской сельди // Изв. ТИНРО. – 1973. – Т. 86. – С. 12-21