

Ю.И.Зуенко

**МЕЖГОДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ
ПОЛОЖЕНИЯ ПОЛЯРНОГО ФРОНТА
В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ**

Полярным фронтом традиционно называется участок планетарного Субарктического фронта, расположенный в пределах Японского моря. Наличие Полярного фронта – одна из наиболее важных особенностей Японского моря, принципиально отличающая его от других дальневосточных морей. Полярный фронт разделяет море на два сектора: субтропический на юго-востоке и субарктический на северо-западе, – сильно различающиеся как по гидрологическому режиму, так и по видовому и количественному составу гидробионтов. Полярный фронт не только разграничивает две части моря, он сам, как и большинство океанологических фронтов, является важным промысловым районом, где рыбаки Японии и Южной Кореи ведут успешный промысел тихоокеанского кальмара, сайры и других пелагических рыб.

Несмотря на очевидную важность феномена Полярного фронта и кажущееся единодушие в толковании этого явления среди ученых, сведения, касающиеся положения, структуры, изменчивости фронта, отличаются неточностью и запутанностью. Поскольку четкого определения Полярного фронта не существует, большинство исследователей избегают конкретных указаний на его положение. Ситуация усугубляется различными подходами к определению самого понятия фронта, существующими в океанологии. Специально этот вопрос рассмотрен К.Н.Федоровым (1983), которым в дополнение к расплывчатому понятию “фронта” предложено понятие “фронтального раздела” как поверхности максимального градиента одной или нескольких характеристик, но, вероятно, его монография мало известна за рубежом. Опираясь на работу К.Н.Федорова, ряд российских ученых (И.Жабин, А.Верхунов, Е.Самко, С.Гладышев и др.) в последние годы проводили исследования по определению положения фронтальных разделов и изучению их изменчивости в различных районах дальневосточных морей и Тихого океана. Такая же работа выполнена для Японского моря (Zuenko, 1996; Зуенко, 1998). При этом выяснилось, что, во-первых, Полярный фронт имеет внутреннюю структуру и представляет собой довольно обширную зону, ограниченную двумя высокоградиентными фронтальными разделами, между которыми лежит область с пониженными горизонтальными градиентами океанологических характеристик. Во-вторых, структура Полярного фронта трехмерна, и на подповерхностных горизонтах фронтальные разделы могут занимать иное положение, чем на поверхности моря, кроме того, их поло-

жение в разных гидрофизических полях (например, температуры и солености) несколько различается. В-третьих, положение Полярного фронта сильно меняется в сезонном цикле, а фактическое положение фронтальных разделов в любой момент времени определяется мезомасштабными меандрами, или вихрями, которые отличаются большой краткoperиодной изменчивостью.

Хотя сезонная и краткoperиодная изменчивость положения Полярного фронта доминирует, наибольший практический интерес, во всяком случае в ТИПРО, вызывает его межгодовая или более долгопериодная изменчивость. В данной статье обсуждаются межгодовые особенности положения Полярного фронта в поле температуры в северо-западной части Японского моря в течение двух последних десятилетий и их возможные причины.

Основой использованных в работе материалов послужили данные океанографических съемок, выполненных в пределах экономических зон России (до 45° с.ш.) и КНДР в период с 1980 по 1998 г. экспедициями ТИПРО и Института рыбохозяйственных исследований Японского моря в г.Ниигата, а также стандартных разрезов к югу от Владивостока и к востоку – юго-востоку от Находки, выполнявшихся в основном судами ТИПРО и ДВНИГМИ. Общий объем использованных данных оценивается порядком 10000 станций, большинство из которых выполнено в 80-х гг. В случае затруднений при анализе судовых данных использованы дополнительные источники информации – результаты фронтологического анализа инфракрасных снимков ИСЗ серии NOAA, осуществляемого в лаборатории космических методов исследования океана ТИПРО-центра, факсимильные карты температуры воды на поверхности моря (ТПМ), передаваемые Японским рыболовным агентством (Токио), карты распределения ТПМ по данным попутных наблюдений судов, публиковавшиеся лабораторией краткосрочного прогнозирования промысловой обстановки ТИПРО.

Данные на каждом стандартном горизонте в слое 0–200 м были осреднены ежемесячно внутри 166 трапеций размером примерно 20x20 миль (20' широты на 30' долготы), покрывающих весь район исследований от 39° с.ш. до 45° с.ш. Полученные ежемесячные массивы данных картировали по горизонтам с проведением изотерм через 0,5 °С. На картах распределения температуры, как правило, были хорошо видны термические фронты как зоны повышенных горизонтальных градиентов температуры (практически – зоны сгущения изотерм). На большинстве верхних горизонтов наблюдалось 3–4 фронтальных раздела, которые были идентифицированы как Приморский фронт (близ берегов Приморья), фронт Цусимского течения (иногда на крайнем юге района исследований) и два фронтальных раздела Полярного фронта между ними: северный (СПФ) и южный (ЮПФ). На горизонтах 20 и 30 м наблюдалось гораздо больше зон сгущений изотерм, однако часть их была обусловлена топографией термоклина, что затрудняло идентификацию фронтов, поэтому положение СПФ и ЮПФ на горизонтах 20 и 30 м не рассматривалось. На горизонтах ниже 100 м фронты Приморского и Цусимского течения не наблюдались, а разделы Полярного фронта лишь иногда наблюдались на южной периферии района. Наиболее сложно было определить положение фронтов на поверхности моря, где в летний период они были размыты. В таких случаях для уточнения положения фронтов использовали результаты дешифровки спутниковых снимков или

карты ТПМ. При идентификации фронтов учитывали, какие водные массы они разделяют, так как известно (Зуенко, Юрасов, 1995), что СПФ отделяет субарктические воды от субтропических трансформированных, а ЮПФ – субтропические трансформированные от субтропических. Идентификацию водных масс проводили с учетом их температуры и географического расположения. Всего был построен 81 набор карт среднемесячного положения фронтов на стандартных горизонтах (табл. 1).

Обеспеченность данными наблюдений
Table 1
List of data

Год	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.	Кол-во съепок за год
1980								*	*	*			3
1981		*			*	*			*	*			5
1982				*	*			*	*	*	*		6
1983	*	*	*	*	*								5
1984								*					1
1985 *				*		*	*	*	*	*	*		7
1986				*	*	*	*	*	*	*	*	*	9
1987				*	*	*	*	*	*	*	*	*	8
1988	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		8
1989					*	*	*	*	*	*			5
1990				*		*	*						3
1991 *	*		*	*						*			5
1992								*					1
1993										*			1
1994 *						*							2
1995						*	*	*	*				4
1996						*	*	*					3
1997						*	*	*					3
1998						*	*						2
<i>Итого</i>	3	3	3	8	8	9	11	10	9	10	5	2	81

Межгодовые особенности положения фронтального раздела количественно могут быть выражены в отклонениях его положения в конкретный момент времени от среднемноголетнего положения (нормы) в соответствующий сезон. Переход к отклонениям от нормы позволяет исключить сезонную составляющую изменчивости, которая абсолютно доминирует, и выделить более низкочастотные составляющие. Однако для этого необходимо иметь такую норму. Простое помесечное осреднение данных о положении фронтов за 19 лет, на наш взгляд, было бы некорректным, поскольку в разные годы съемки выполнялись не во все, причем не в одни и те же месяцы. Из-за этого средние для разных месяцев были бы рассчитаны по данным за разные годы, и “климатический” сезонный ход был бы зашумлен межгодовыми различиями. Для избежания таких ошибок при расчете среднего месячного положения фронтов использованы данные не за все годы, а только за наиболее обеспеченные данными 1981–1991 гг., за исключением 1984 г. К сожалению, при таких ограничениях данных за декабрь–март оказалось недостаточно для осреднения, поэтому дальнейший анализ для этих месяцев не проводился.

Практически для определения среднего месячного положения СПФ

или ЮПФ с карт для каждого горизонта снимали значения их положения на меридианах через 1° долготы от 130° до 137° в.д., эти значения осредняли, получая “узловые” точки, а между ними (и восточнее 137° в.д.) среднюю линию фронта проводили таким образом, чтобы разделить пучок линий фронта за разные годы пополам.

Среднее месячное положение СПФ на поверхности моря и на горизонте 50 м представлено на рис. 1. В пределах района исследований наблюдаются лишь фрагменты ЮПФ, по которым не удалось определить его среднее положение. На других горизонтах СПФ, как правило, повторяет очертания, наблюдаемые на поверхности моря или на горизонте 50 м, занимая более южное положение; резкое изменение очертаний фронта происходит только на границе поверхностного и подповерхностного слоев, то есть между горизонтами 10 и 50 м.

На рис. 1 хорошо видно, что основной особенностью очертаний СПФ в пределах северо-западной части моря является наличие трех меандров, в которых теплые воды распространяются на север и запад наиболее далеко. Положение границ между меандрами (холодных затоков) непостоянно, но меняется в довольно узких пределах: между 132° – 134° в.д. и 135° – 137° в.д.

Отклонения положения СПФ от среднесуточного вначале рассчитывались также по меридианам от 130° в.д. до 137° в.д. через 1° долготы. При этом было замечено, что в пределах каждого из меандров отклонения на разных меридианах, как правило, сходны, во всяком случае имеют одинаковый знак. Это позволяет характеризовать особенности очертаний фронта через средние отклонения в положении меандров от среднесуточного. Чтобы избежать субъективизма в определении границ меандров, отклонения осреднялись в пределах участков, заведомо относящихся к тому или иному меандру, а именно: среднее отклонение на участке 131° – 132° в.д. характеризует положение западного меандра, а среднее отклонение на участке 134° – 135° в.д. – положение центрального меандра (табл. 2). Средние отклонения рассчитывали простым осреднением отклонений по меридианам. Для восточного меандра средние отклонения не рассчитывали, поскольку в районе исследований наблюдалась лишь его периферия, а большая часть меандра лежала восточнее.

Из данных табл. 2 можно видеть, что аномалии положения СПФ могут менять знак внутри года, но крупные аномалии сохраняются в течение большей части года. Резкие изменения аномалий происходят обычно в осенние месяцы (октябре, ноябре), когда фронт отступает к югу. Это позволяет надеяться, что в качестве показателей положения меандров СПФ в разные годы могут быть использованы средние аномалии для периода с апреля по сентябрь, независимо от того, по данным за какие именно месяцы рассчитаны эти средние. Вместе с тем следует учитывать, что годовые оценки аномальности положения фронтов по данным за один лишь месяц (для 1984, 1992, 1993 и 1994 гг.) могут быть ошибочны.

Графики межгодовых изменений положения западного и центрального меандров СПФ представлены на рис. 2. Можно видеть, что размах отклонений фронта от среднесуточного положения достигает 50–60 миль, т.е. сравним с сезонными перемещениями даже для осредненных данных, а отклонения в отдельные месяцы могут быть еще больше (табл. 2). Изменения положения фронта на поверхности моря и на горизонте 50 м имеют примерно одинаковую амплитуду и совпадают в общих тен-

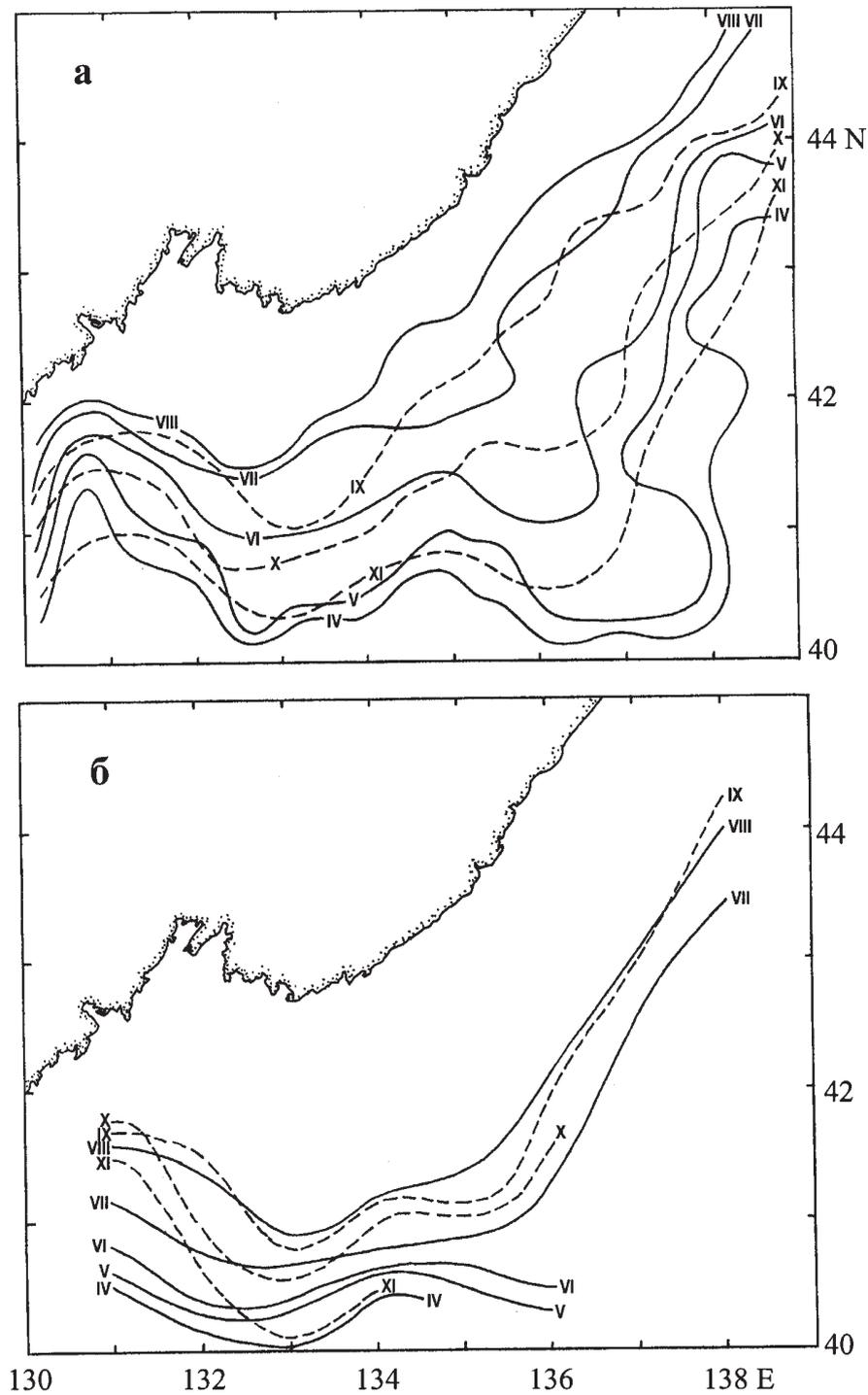


Рис. 1. Среднее за 1981–1991 гг. положение северного Полярного фронта на поверхности моря (а) и на горизонте 50 м (б) в апреле–ноябре
 Fig. 1. Average for 1981–1991 position of North Polar front at sea surface (a) and at 50 m horizon (б) in April–November

денциях (хотя в конкретные годы отклонения от нормы в этих двух слоях могут быть противоположны). Западный меандр был слабее обычного в начале 80-х гг. и, вероятно, в первой половине 90-х, но был сильно

Таблица 2

Средние по западному и центральному меандрам аномалии положения СПФ в апреле–ноябре, мили

Table 2

Mean for April–November deflection of western and central meanders of North Polar front from climatic position, n.miles

Год	Западный меандр (131–132° в.д.)												Центральный меандр (134–135° в.д.)											
	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.								
1980																								
1981		+42	-66			+21	-15	+3																
1982	-36	+9				-18	-45		0	-24														
1983	-45	-48	-42			-57	+33	+36	+3															
1984																								
1985	+6		+36	+30	+9		-42	+42	+30	+63	+45	+18	+24	+21	+12	+15								
1986	-15	-72	-54	-9	-3	+15	+45	+57	+9	+12	-18	+6		+45	+15	-6								
1987	+60	+54	+3	+24	+21		+9	+36	+33	-30	-36	-21		+42	+45	+45								
1988	-15	+15	+30	0	+6	+36			-6	+18	-6	+18	+27	+27	+15	-39								
1989	+6	+21		-3	+24	+18	+42		+45		0	+12	+24	+15										
1990	+18	+3		-12	+24		+30		+15	+3	+24	+24		-21										
1991																								
1992																								
1993																								
1994																								
1995																								
1996																								
1997																								
1998																								
1980																								
1981																								
1982	-18	-27	-27			+24	+30	-21																
1983	-24	-54	-66			+12	-18	+18																
1984																								

Окончание табл. 2
Table 2 finished

Год	Западный меандр (131–132° в.д.)						Центральный меандр (134–135° в.д.)									
	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.
1985			+42	-15	-3		0	+42		+21	0	+6		-15	+12	
1986	-30	-12	+12	-18	-6	-39	-45	-45	-18	-15	-24	-30	-27	-87	+60	+6
1987	+27	+27	+27	+24	-6		-30	-3	+18	+21	0	-12	-12	-30		0
1988	+6	+39	+18	+24	+18	+18	+45		-12	-21	-3	-18	-18	-12		
1989		+36	+18	+18	+21	+15			+24	-15	-12	-12	+87	-3	+15	
1990	+45		-24	-72			+24		+12	+15	-18	-45			-30	
1991	0	-18	+30								-9					
1992							-15								-63	
1993																
1994																
1995			+42			-6	+12			+3	-9			-9	+6	
1996			+30	+3	0					-27	-33			-36		
1997			+72	+48						+3	-9			-48		
1998											-3					

Примечание. Положительные значения – севернее, отрицательные – южнее нормы; данные для поверхности моря больше, чем для горизонта 50 м, так как в случаях, когда съемками освещалась часть района исследований, положение СПФ за пределами съемки могло быть определено по снимкам ИСЗ, картам ТПМ и т.п., но только на поверхности моря.

развит во второй половине 80-х и вновь развился в последние годы. Наиболее северное положение СПФ на участке западного меандра наблюдалось в 1980, 1987–1989 и 1997–1998 гг., аномально южное – в 1982–1983 гг. и, возможно, в 1993 г., для которого нет данных за апрель–сентябрь. Периоды наиболее слабого развития центрального меандра отмечены в начале 80-х и середине 90-х гг., с середины 80-х по начало 90-х гг. он был сильно развит, за исключением 1986–1987 гг., и в последние годы также наметилась тенденция к его усилению. Таким образом, изменения адвекции теплых вод в двух основных меандрах СПФ в северо-западной части моря происходят в целом синхронно, однако в отдельные годы отклонения СПФ от нормального положения на участках двух меандров могут быть противоположными.

Если принять в качестве общего показателя адвекции суммарное для двух меандров отклонение СПФ от нормы, то можно видеть (рис. 3), что адвекция теплых вод в целом была больше во второй половине 80 – начале

90-х гг. и вновь усиливается в последние годы. Такие изменения интенсивности адвекции более проявляются в поверхностном слое моря, а на горизонте 50 м изменения положения СПФ происходят более хаотично, без видимых тенденций. Примеры расположения СПФ в момент его наибольшего продвижения на север (сентябрь) в условиях ослабленной (1981 г.) и усиленной (1989 г.) адвекции теплых вод в северо-западную часть моря приведены на рис. 4 (различия между этими годами в наибольшей степени проявились на участке центрального меандра).

Fig. 2. Mean for April–September deflection of North Polar front from

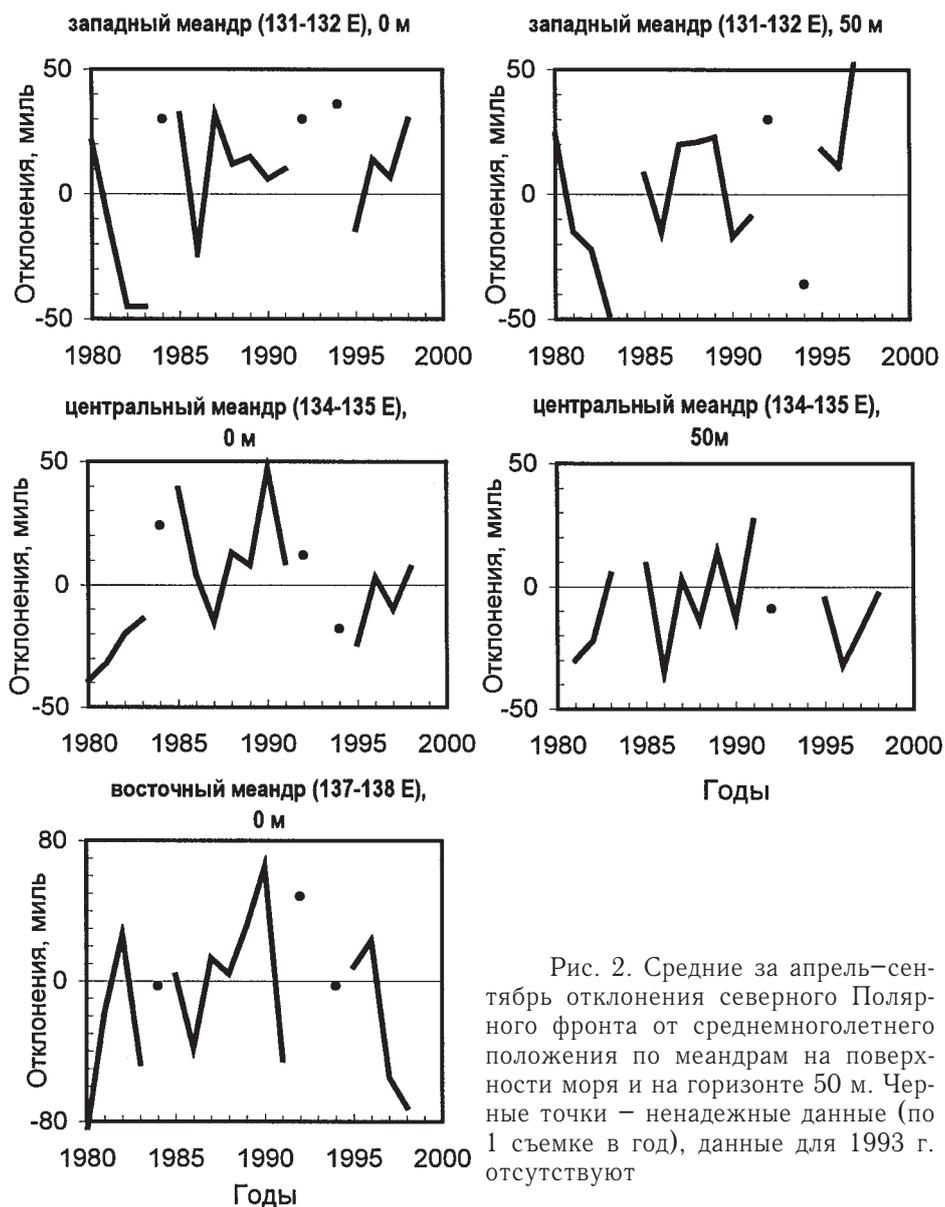


Рис. 2. Средние за апрель–сентябрь отклонения северного Полярного фронта от среднемноголетнего положения по меандрам на поверхности моря и на горизонте 50 м. Черные точки – ненадежные данные (по 1 съемке в год), данные для 1993 г. отсутствуют

climatic position per its meanders at sea surface and at 50 m horizon. Black points – unreliable data (one survey per a year), no data in 1993

Различия в характере изменчивости западного и центрального меандра хорошо видны на спектрограммах межгодовых колебаний аномалий их положения (спектрограммы рассчитаны для 100 частот, соответ-

ствующим периодичностям от 2 до 20 лет). В спектрах изменчивости положения обоих меандров отмечены мощные низкочастотные колебания с периодом 7–10 лет, они и обусловили указанные тенденции к смещению СПФ к северу во второй половине 80-х гг. и в последние годы. Для СПФ на участке западного меандра характерны также колебания с периодом около 3–4 лет, особенно сильно проявляющиеся на поверхности моря, которые, в частности, обусловили отступления западного участка СПФ к югу в 1986 и 1990 гг., когда на центральном участке фронт находился севернее обычного. Однако главной причиной различий в положении СПФ на участках двух меандров является двухлетняя изменчивость, доминирующая на западном участке и менее выраженная на центральном, где она проявляется в основном в подповерхностном слое. В результате изменения в развитии западного меандра в соседние годы не всегда соответствовали изменениям положения СПФ на центральном участке, как это было в 1980 и 1987 гг., когда западный меандр резко усиливался.

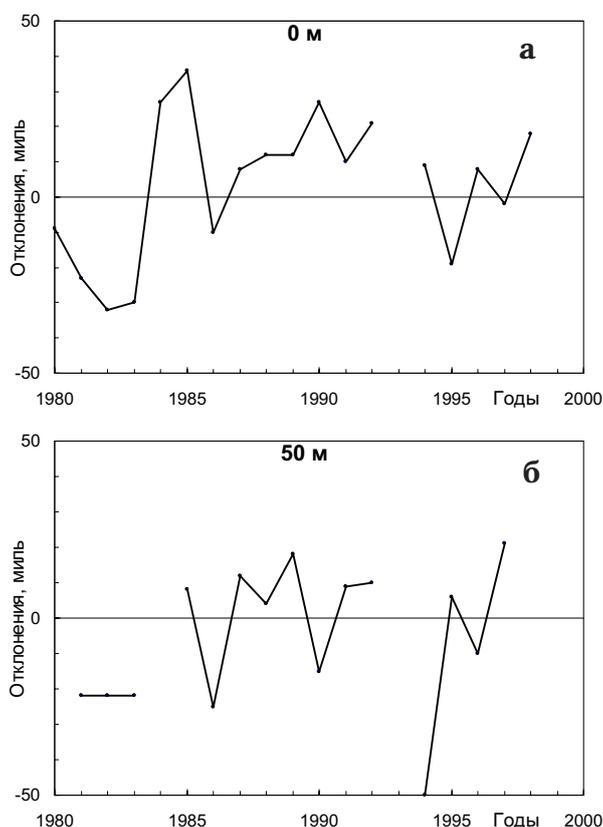


Рис. 3. Средние за апрель–сентябрь отклонения северного Полярного фронта от среднегодового положения, осредненные для западного и центрального меандров, на поверхности моря (а) и на горизонте 50 м (б)

Fig. 3. Mean for April–September deflection of North Polar front from climatic position averaged for its western and central meanders at sea surface (a) and at 50 m horizon (b)

На фоне 7–10-летних и более короткопериодных циклик в изменчивости положения СПФ на западном участке выявлен значимый положительный тренд, более выраженный в подповерхностном слое моря, где он составляет 18 миль в десятилетие. Тренд указывает на постепенное усиление адвекции вод субтропического происхождения в потоке Восточно-Корейского течения, которое является причиной формирования западного меандра. На участке центрального меандра, предположительно связанного с топографическим вихрем над возвышенностью Ямато, обнаружены слабые не-

значимые тренды, причем разного знака: в поверхностном слое – положительный, в подповерхностном слое – отрицательный. По-видимому, говорить о длительных однонаправленных тенденциях смещения СПФ на центральном участке нет оснований.

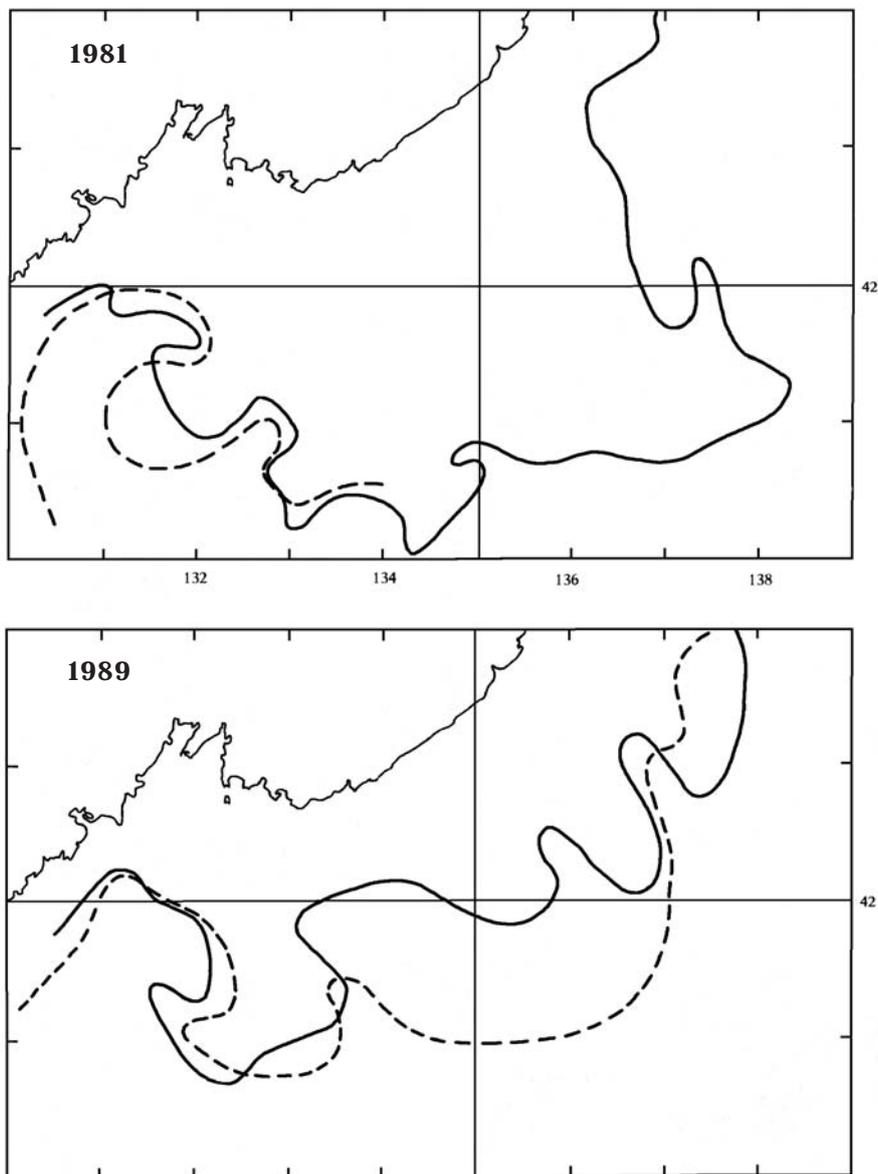


Рис. 4. Примеры аномально южного (1981 г.) и аномально северного (1989 г.) положения северного Полярного фронта на поверхности моря в сентябре

Fig. 4. Examples of abnormal southern (1981) and abnormal northern (1989) position of North Polar front at sea surface in September

Долгопериодные изменения режима вод Японского моря с периодом, близким к 10 годам, ранее неоднократно обнаруживались при исследовании различных океанографических характеристик в разных частях моря. Исода (Isoda, 1994; Isoda, Korematsu, 1995) связывает такую изменчивость с изменениями расходов Цусимского течения. Судя по приве-

денным им сведениям об интенсивности течения (по разности уровней поперек Цусимского пролива), расход течения увеличивался в начале 70-х и в начале 80-х гг., во второй половине 80-х течение было ослаблено, а в начале 90-х наблюдалась тенденция к его усилению. Это абсолютно противоречит нашим выводам об усилении–ослаблении адвекции теплых вод в северо-западную часть моря, если судить по положению СПФ. Но и Исода (1994) также замечает, что увеличение расхода через Цусимский пролив, вопреки ожиданиям, приводит к понижению температуры поверхностного слоя в северной части Японского моря. Пытаясь разрешить это противоречие, Исода (1994) предположил, что изменчивость расходов Цусимского течения и термические условия в северной части Японского моря не связаны причинно-следственной связью, а являются следствиями перестроек атмосферной циркуляции над Тихим океаном, указав при этом, что механизмы этих связей пока не ясны.

По нашему мнению, эти механизмы могут иметь региональный масштаб. В ходе исследований короткопериодной изменчивости положения Полярного фронта в северо-западной части моря (Zuenko et al., 1997) было выяснено, что в теплое полугодие при ослаблении летнего муссона примерно через 2 мес возникают положительные (на север) отклонения СПФ и ЮПФ от нормы и наоборот. Доминирующее в Японском море Цусимское течение, являясь в значительной степени баротропным, подвержено влиянию муссона и должно усиливаться при усилении летнего муссона, сопровождающегося ветрами южных румбов. Можно предположить, что при этом интенсифицируется весь циклонический круговорот вод деятельного слоя моря. Но ветвь круговорота в западной части моря направлена на юг и, следовательно, усиление круговорота должно приводить к ослаблению адвекции теплых вод в западной части моря (вопреки ее усилению в восточной части моря) и смещению Полярного фронта к югу, что и наблюдается с некоторым временным сдвигом.

В таком случае межгодовые колебания положения СПФ обусловлены межгодовыми изменениями атмосферной циркуляции над Японским морем. Такие изменения с периодом около 10 лет действительно наблюдаются в повторяемости типов атмосферной циркуляции, соответствующих разной степени интенсивности летнего муссона. Как отмечено С.Ю.Глебовой (1998), летом над акваторией Японского моря преобладают три типа синоптических ситуаций, из которых два сопровождаются сильными муссонными ветрами южных румбов, а один (“тип 1”) – маловетренной солнечной погодой. Среди них тип 1 отличается наибольшей межгодовой изменчивостью повторяемости: в период с апреля по ноябрь он может наблюдаться на протяжении от 1 мес (в 1993 г.) до 5 (т.е. практически постоянно – в 1989 г.), причем повторяемость его была высокой во второй половине 80-х гг., затем уменьшилась в первой половине 90-х и вновь возросла в последние годы (рис. 5). Из сравнения рис. 3 и 5 можно видеть, что в период, когда летний муссон был ослаблен, СПФ занимал более северное положение, а в годы малой повторяемости маловетренной погоды – более южное. Наиболее хорошо эта связь прослеживается для центрального меандра: статистический анализ связи отклонений от нормы положения СПФ на поверхности моря на этом участке с повторяемостью синоптической ситуации типа 1 обнаружил прямую линейную синхронную связь с коэффициентом корреляции 0,73. Развитие западного меандра не столь строго соответствует синоптическим условиям, поскольку в значительной степени оно подтверждено 3–4-

летней изменчивости, которая не проявляется в спектре изменчивости повторяемости типа 1, однако общие тенденции межгодовых изменений положения СПФ на западном участке также соответствуют изменчивости синоптических условий. Положение фронта на подповерхностных горизонтах в обоих меандрах в целом оказалось менее зависимо от интенсивности летнего муссона, чем на поверхности моря.

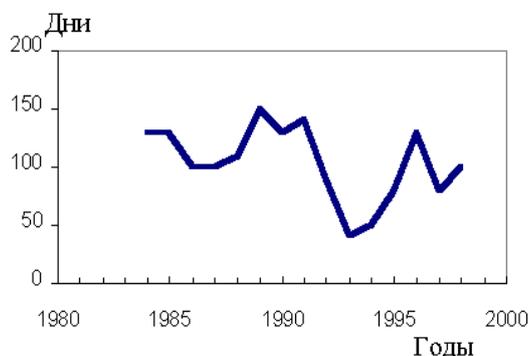


Рис. 5. Межгодовые изменения суммарной за апрель–ноябрь продолжительности действия синоптического типа 1 (по Глебовой, 1998)

Fig. 5. Year-to-year changes of summary duration of synoptic type 1 in periods from April till November (after Глебова, 1998)

Изменчивость термических условий в центральной части Японского моря с периодами 3–4 и 2–3 года Исода (Isoda, 1994; Isoda, Korematsu, 1995) объясняет мезомасштабными вариациями Полярного фронта, проявляющимися в смещениях меандров и вихрей. Обнаружение такой изменчивости в положении западного меандра СПФ подтверждает это предположение. Исода (1994) указывает, что короткопериодные колебания температуры на поверхности северной части моря хорошо согласуются с изменениями интенсивности зимнего муссона, иначе говоря, после холодных зим СПФ должен смещаться к югу. Действительно, резкому отклонению СПФ на юг в западном меандре в 1986 г. предшествовал сильный зимний муссон, а в 1987 г. наблюдалась обратная ситуация, но, поскольку ряд индексов интенсивности муссона, приведенный в работе Исода, заканчивается 1988 г., нет возможности определить влияние зимнего муссона в другие годы, когда аномальное положение СПФ было связано с 3–4-летней или 2-летней изменчивостью. Также остается неясным механизм воздействия зимнего муссона на формирование и развитие западного меандра.

Исходя из полученных результатов о доминировании в межгодовой изменчивости положения СПФ в северо-западной части Японского моря низкочастотных циклик с периодом около 10 лет, можно сделать вывод, что на рубеже 20–21-го веков адвекция вод субтропического происхождения на северо-запад моря ослабеет. Вначале ослабеет западный меандр Полярного фронта, формируемый Восточно-Корейским течением, что явится следствием более короткопериодных процессов. Вместе с тем пока нет оснований ожидать прекращения наблюдаемого положительного тренда, поэтому даже в годы ожидаемого ослабления адвекции (начало первого десятилетия 21-го века) Полярный фронт, особенно в центральной части моря, будет находиться несколько севернее, чем в другие аналогичные периоды, например в начале 80-х гг.

Большая и кропотливая работа по формированию базы данных и ее использованию в целях этого исследования была выполнена с активным участием сотрудника ТИНРО-центра Ю.В.Новикова, за что автор выражает ему благодарность.

Литература

Глебова С.Ю. Сезонное и межгодовое развитие синоптических процессов над Японским морем // Изв. ТИНРО. – 1998. – Т. 123. – С. 251–261.

Зуенко Ю.И. Элементы структуры вод Японского моря // Изв. ТИНРО. – Т. 123. – 1998. – С. 262–290.

Зуенко Ю.И., Юрасов Г.И. Водные массы северо-западной части Японского моря // Метеорология и гидрология. – 1995. – № 8. – С. 50–57.

Федоров К.Н. Физическая природа и структура океанических фронтов. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 296 с.

Isoda Y. Interannual SST variations to the north and south of the Polar front in the Japan Sea // La Mer. – 1994. – Vol. 32. – P. 285–293.

Isoda Y., Korematsu H. Interannual variations of water temperature, salinity and oxity vertical distributions in the Tsushima Current region // Umi to sora. – 1995. – Vol. 71. – № 2. – P. 47–57.

Zuenko Yu.I. Seasonal shift of Polar front in the western part of the Japan Sea and its year-to-year variations // Proc. 4th CREAMS Workshop. – Vladivostok (Russia), 1996. – P. 89–93.

Zuenko Y., Glebova S., Nikitin A., Novikov Y. Polar front meandering and variability in the north-western Japan (East) Sea // Abst. East Sea Oceanography Conf. – Pusan (Korea), 1997. – P. 5–6.

Поступила в редакцию 26.04.99 г.