

**ПОВЕРХНОСТНЫЕ ТЕРМИЧЕСКИЕ ФРОНТЫ ЮЖНОЙ ЧАСТИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА И ИХ СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ**

**Ю.В. Артамонов, Н.П. Булгаков, П.Д. Ломакин, Е.А. Скрипалева, А.Ю. Артамонов, С.Н. Станичный**

*Морской гидрофизический институт, Севастополь,  
e-mail: ocean@mhi2.sebastopol.ua/Fax:380(0692)444253*

**Реферат.** На основе спутниковых данных о температуре поверхности океана исследованы основные особенности сезонной изменчивости крупномасштабных термических фронтов Южной Атлантики. Проведено сравнение характерных особенностей проявления фронтов в западной и центральной областях региона на меридиональных разрезах по 65°, 50°, 40°, 30° и 10° з.д. Показано, что интенсивность фронтов ослабевает в направлении с запада на восток. В сезонном цикле изменчивости фронтов преобладает годовой сигнал. Полугодовая гармоника прослеживается у берегов Южной Америки и восточной части исследуемого региона.

**Поверхневі термічні фронти південної частини Атлантичного океану та їх сезонне змінювання за даними супутникових спостережень.** Ю.В. Артамонов, Н.П. Булгаков, П.Д. Ломакін, Є.О. Скрипальова, А.Ю. Артамонов, С.М. Станичний

**Реферат.** На основі супутникових даних про температуру поверхні океану досліджено основні особливості сезонного циклу великомасштабних термічних фронтів Південної Атлантики. Проведено порівняльний аналіз характерних особливостей прояву даних фронтів у західній та центральній областях регіону на меридіональних розрізах по 65°, 50°, 40°, 30° і 10° з.д. Показано, що інтенсивність фронтів слабшає в напрямку із заходу на схід. У сезонному циклі мінливості фронтів переважає річний сигнал. Піврічна гармоніка просліджується у берегів Південної Америки та у східній частині досліджуваного регіону.

**Surface thermal fronts in the Southern Atlantic and its seasonal variability obtained on the basis of satellite data by** Ju. Artamonov, N. Bulgakov, P. Lomakin, E. Skripaleva, A. Artamonov, S. Stanichny.

**Abstract.** The main features of seasonal variability of the large-scale sea surface thermal fronts in the Southern Atlantic have been investigated using the SST satellite data. The comparative analysis of the specific features of the front manifestations in the western and central regions in the meridional sections along 65°, 50°, 40°, 30° and 10°W were carried out. It was shown that the fronts intensity decreases from west to east. In seasonal cycle of the fronts variability the annual harmonics are predominated. The semi-annual harmonics are found near the South America and in the eastern part of the investigated region.

**Key words:** thermal fronts, satellite data, meridional temperature gradient, seasonal variability.

## 1. Введение

Представления о крупномасштабной структуре гидрологических фронтов Южной Атлантики сформулированы в работах (Грузинов, 1986; Саруханян, Смирнов, 1986; Гурецкий, 1987; Peterson, Stramma, 1991; Белкин, 1994; Артамонов и др., 1999). По результатам конкретных экспедиций описаны фронтальные разделы, связанные с крупномасштабными течениями южной периферии Южного субтропического антициклонического круговорота (ЮСАК) и тремя ветвями Антарктического циркумполярного течения. К ним относятся – фронт Бразильского течения (ФБТ), Южный субтропический фронт (ЮСБТФ), Субантарктический фронт (САФ), Антарктический полярный фронт (АПФ) и фронт Южной ветви Антарктического циркумполярного течения (ФЮВ АЦТ) (Hofmann et al., 1997), иногда называемый фронтом моря Скотия (ФМС) (Peterson, Stramma, 1991) или Вторичная фронтальная зона (ВФЗ) (Богданов и др., 1969). Разными исследователями эти фронты были выделены с различной степенью детализации, сезонный цикл фронтов практически не рассматривался.

В работах (Артамонов, 2000; Артамонов и др., 2000, 2002) на основе современных климатических массивов гидрологических данных получены некоторые закономерности сезонного цикла фронтов в юго-западной части Атлантического океана. В частности, показано, что размах сезонных меридиональных смещений фронтов увеличивается с юга на север. Выявлено, что характерной особенностью сезонной изменчивости фронтов является смена диапазонов температур, которым соответствуют максимумы меридиональных градиентов. В холодный сезон Южного полушария максимум градиента, соответствующий оси фронта, наблюдается при более низких температурах. Например, для Субантарктического фронта диапазон температур, в пределах которого он наблюдается, изменяется от 10-13°C в летний период до 8-10°C зимой.

Несмотря на то, что использование современных гидрологических массивов позволило существенным образом расширить представления о сезонной изменчивости фронтов, ряд проблем остается нерешенным. Географическое положение, значения градиентов  $T_S$ -характеристик и временная изменчивость фронтов исследованы приближенно. Вследствие недостаточной обеспеченности данными наблюдений в открытых районах океана, а также относительно слабой природной интенсивности некоторых фронтов, их исследование на основе гидрологических данных затруднено, и сезонный цикл определяется не всегда правильно. Существенным шагом вперед в исследовании изменчивости фронтов является анализ данных спутниковых измерений поверхностной температуры океана. В последнее десятилетие появился цикл работ, посвященных уточнению характеристик фронтов на базе спутниковых наблюдений (Гинзбург и др., 2002; Костяной и др., 2003). В целом для Южной Атлантики анализ структуры вод, фронтов и их сезонной изменчивости по спутниковым данным не проводился, а имеющиеся в литературе сведения носят региональный характер (Provost et al., 1993; Goni et al., 1997). Цель настоящей работы заключается в исследовании особенностей сезонного цикла термических фронтов в Южной Атлантике по данным спутниковых измерений температуры воды на поверхности океана (ТПО).

## 2. Материалы и методика.

В данной работе используются результаты реанализа спутниковых измерений ТПО в узлы 54×54-километровой сетки за 1998 г. (год проведения III Украинской антарктической экспедиции). Среднемесячные значения ТПО для Атлантического океана взяты из архива AVHRR Ocean Pathfinder Data JPL NOAA/NASA (<http://podaac.jpl.nasa.gov/woce/woce3>).

В работе исследуются зональные фронты. Для их анализа рассчитывались меридиональные градиенты (МГТ, °C/54 км) для каждого месяца. Значения МГТ далее по тексту приводятся в скобках. Положительное (отрицательное) значение меридионального градиента температуры во фронтальных разделах показывает увеличение (уменьшение) значений температуры с севера на юг.

На меридиональных профилях МГТ вдоль 65°, 50°, 40°, 30° и 10° з.д., сглаженных трехточечным фильтром ( $0.25\text{МГТ}_{j-1} + 0.5\text{МГТ}_j + 0.25\text{МГТ}_{j+1}$ ), были выделены экстремумы, соответствующие известным крупномасштабным фронтам. При идентификации фронтов принадлежность того или иного экстремума к определенному фронту определялась по значениям температуры и знаку градиента.

## 3. Анализ результатов.

На рис. 1,а представлен пример распределения поверхностной температуры, построенный по данным спутниковых наблюдений в январе 1998 года. Рядом (рис. 1,б) приводится климатическая карта ТПО для января по данным гидрологического массива (Levitus, Boyer, 1994). Стрелками представлено положение основных геострофических потоков атлантического сектора Южного океана. Эти данные получены в результате расчетов динамическим методом от-

носителем отсчетной поверхности 1000 дб (Артамонов и др., 2002). На рис. 1, а также показано положение сечений, на которых анализируется сезонный ход МГТ.

Распределения температуры, полученные по двум различным массивам данных, качественно хорошо согласуются. На карте, построенной по данным спутниковых измерений, сгущения изотерм (фронтальные зоны) более четко выражены, особенно в умеренных и полярных широтах. При этом их положение, особенно в западной части океана, качественно совпадает со стрессами основных геострофических потоков. Температурные признаки этих фронтов широко освещены в литературе (Peterson, Stramma, 1991; Артамонов и др., 1999).

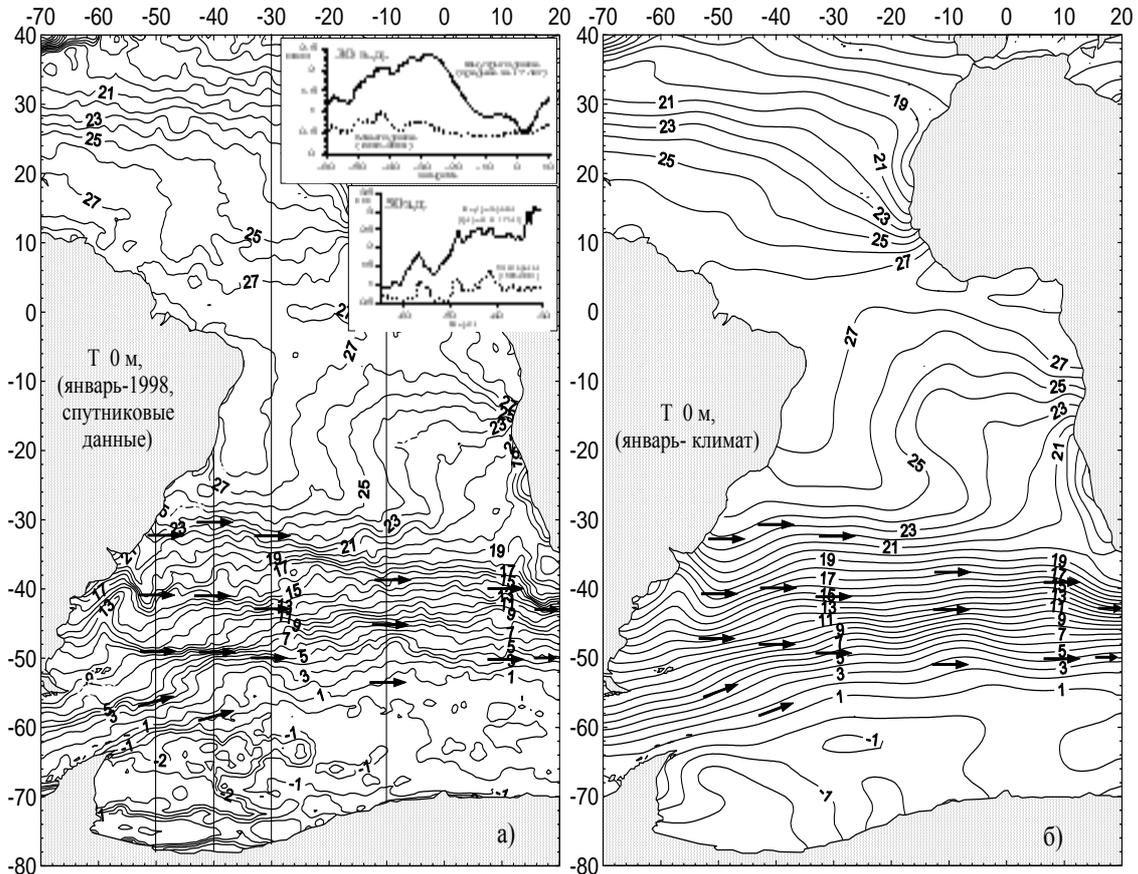


Рис. 1. Распределение ТПО в январе: а) по спутниковым данным, б) по данным климатического гидрологического массива (Levitus, Boyer, 1994). На врезках показано широтное распределение среднеквадратичных отклонений внутригодовых и межгодовых вариаций ТПО вдоль 50° и 30° з.д.

На границе морей Уэдделла и Скотия (южнее 60° ю.ш.) сгущение изотерм между -1 – 1°C характеризует фронт моря Скотия. Восточнее 40° з.д. этот фронт ослабевает. Сгущение изотерм между 3-6°C в проливе Дрейка и в западной части моря Скотия можно рассматривать как поверхностное проявление Антарктического полярного фронта. Между 45° и 50° з.д. он поворачивает на север, образуя S-образный изгиб, существование которого в этом районе неоднократно отмечалось в других исследованиях (Саруханян, Смирнов, 1986; Peterson, Stramma, 1991). В окрестностях 48-50° ю.ш. и 45-47° з.д. АПФ сходится с Субантарктическим фронтом. Последний прослеживается между изотермами 9-12°C. Зона слияния АПФ и САФ (САФ+АПФ)

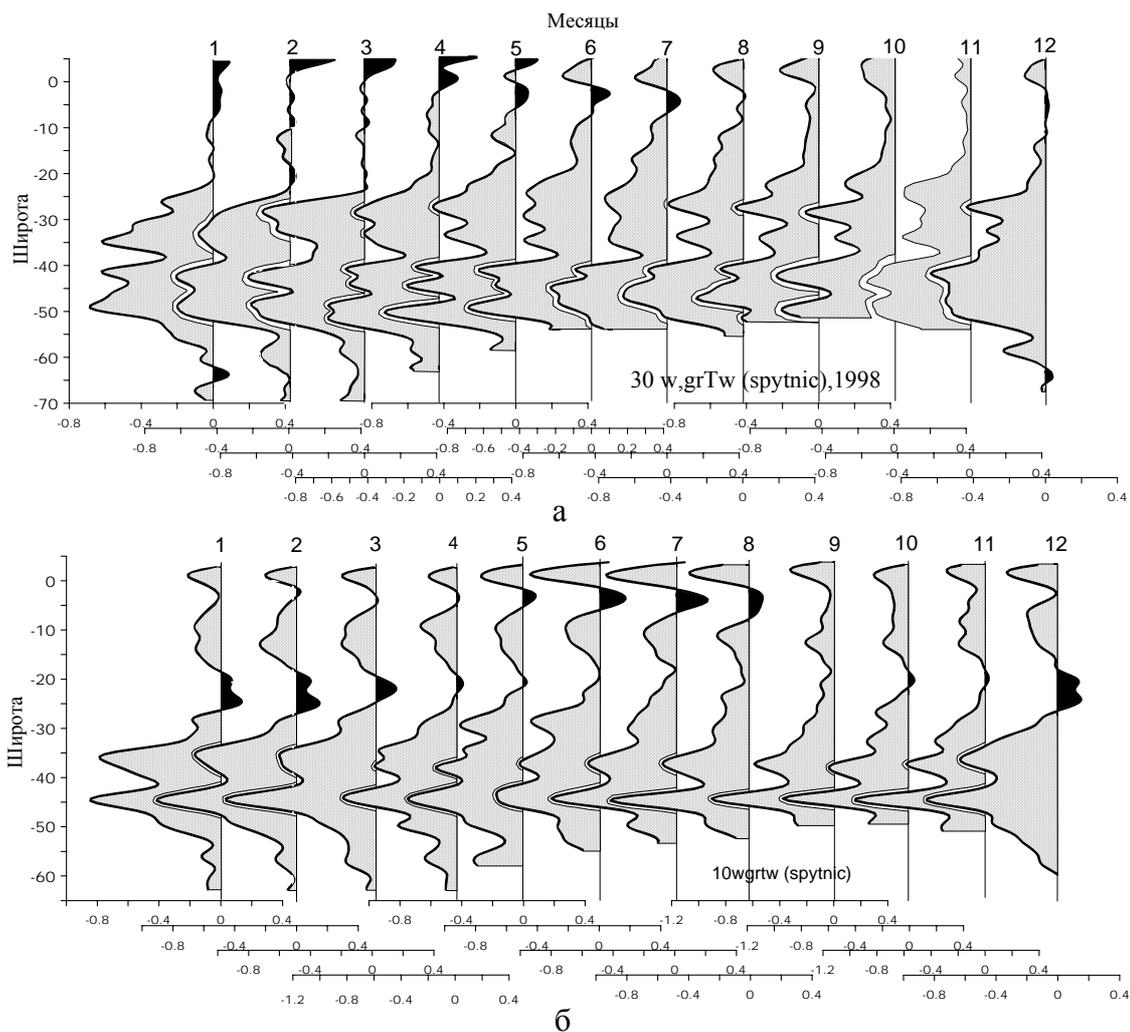


Рис.2. Сезонная изменчивость меридиональных градиентов температуры вдоль: а) 30°, б) 10°з.д.

наблюдается примерно до 33° з.д. Далее на восток САФ и АПФ снова расходятся. Восточнее 30° з.д., между 40° и 45° ю.ш. САФ выделяется между изотермами 7° и 10°C.

Примерно между 40° и 45° ю.ш. можно выделить еще один сильно меандрирующий фронтальный раздел. При этом ближе к побережью Южной Америки он более четко прослеживается между изотермами 15° и 18°C, далее на восток – между 13° и 16°C. В целом этот диапазон температур характерен для Южного субтропического фронта.

Фронт Бразильского течения наблюдается в западной части океана между 30° и 35° ю.ш. по сгущению изотерм 21-24°C.

Таким образом, по спутниковым данным в поле ТПО можно выделить, по крайней мере, пять известных климатических фронтов (ФМС, АПФ, САФ, ЮСБТФ, ФБТ). Более четко они проявляются в западной части океана в умеренных широтах. В тропической зоне фронты менее интенсивны и более четко выделяются в поле меридиональных градиентов ТПО.

Анализ поля ТПО за период с 1985 по 2001 гг. показал, что вышеописанные фронты устойчивы во времени и прослеживаются от года к году. Оценки величины среднеквадратичных отклонений (СКО) межгодовой и внутригодовой изменчивости поля температуры показали, что на большей части акватории Южной Атлантики сезонный ход в 3-4 раза превышает межгодовые вариации (см. врезки на рис. 1).

Рассмотрим основные особенности сезонного цикла выделенных крупномасштабных фронтов в направлении с севера на юг (рис. 2-4). Между экватором и 2-3° с.ш. выделяется пик отрицательных значений МГТ, который мы связываем с фронтом Северной ветви Южного пассатного течения (ФСВ ЮПТ). На 30° з.д. интенсивность фронта изменяется с хорошо выраженным годовым периодом. Максимум интенсивности (-0.2) наблюдается в сентябре, когда фронт занимает крайнее северное положение (рис. 2,а, 3). Температурный диапазон внутри фронта изменяется с преобладающим годовым периодом с максимумом в марте (28.6°C). На 10° з.д. ФСВ ЮПТ достигает максимальной интенсивности (-0.44) на два месяца раньше, чем на 30° з.д. – в июле. ТПО в пределах фронта изменяется также с годовым периодом с максимумом 28.5°C в марте (рис. 2,б, 3).

Южнее ФСВ ЮПТ, между экватором и 10° ю.ш., наблюдается максимум положительных значений МГТ, который соответствует Южному тропическому фронту (ЮТФ) (рис. 2). На 30° з.д. ЮТФ проявляется с апреля по июль, на 10° з.д. – с мая по август. Фронт наиболее обострен (~0.1) в июне-июле. Температура в пределах фронта изменяется от 29°C в апреле до 26.5°C в августе (рис. 3).

Между 8° и 15° ю.ш. отмечается экстремум отрицательных значений МГТ, представляющий Южную ветвь Южного субэкваториального фронта (ЮВ ЮСБЭФ). Более четко он прослеживается на 10° з.д. (рис. 2,б). В течение года фронт смещается от 11° ю.ш. в июле до 8° ю.ш. в ноябре. В годовом ходе интенсивности фронта отмечается полугодовой сигнал с максимумами в апреле (-0.21) и декабре (-0.19). Температура в пределах экстремума изменяется от 27°C в марте до 23°C в сентябре (рис. 3).

Фронт Бразильского течения на 50° з.д. прослеживается между 35° и 36° ю.ш. (рис. 4,б). Основной максимум интенсивности (-0.43) ФБТ наблюдается в феврале, другой, более слабый максимум (-0.37) – в октябре (рис. 3). Температура в пределах фронта изменяется с годовым периодом от 22.5°C в феврале до 18°C в августе. На 40° з.д. структура ФБТ становится сложнее. Здесь, между 26° и 35° ю.ш. большую часть года наблюдаются два пика – Северная и Южная ветви ФБТ (СВ ФБТ и ЮВ ФБТ) (рис. 4,а). Они максимально смещены на север в мае, соответственно на 27° ю.ш. и 32° ю.ш. Максимумы интенсивности отмечаются в ноябре (-0.52) для СВ ФБТ и в марте (-0.4) для ЮВ ФБТ (рис. 3). При дальнейшем продвижении на восток между 25° и 30° ю.ш. прослеживается относительно слабый экстремум МГТ, который мы интерпретируем, согласно (Tsuchiya et al., 1994), как океаническое продолжение ФБТ. На 30° з.д. внутригодовой ход интенсивности фронта изменяется с полугодовым периодом с максимумами в апреле (-0.49) и сентябре (-0.45) (рис. 3). Полугодовой сигнал проявляется в колебаниях положения фронта. Дважды в году (январь, август) ФБТ занимает крайнее северное положение у 27° ю.ш. Температура в пределах фронта изменяется от 27°C в феврале до 21°C в октябре.

Южный субтропический фронт на западе региона (50° з.д.) расположен между 41° и 43° ю.ш., занимая крайнее северное положение в июле (рис. 4,а,б). Основной максимум интенсивности (-0.72) фронта наблюдается в сентябре, другой, более слабый (-0.64) – в феврале. Температура в пределах фронта изменяется от 17.5°C в марте до 14°C в ноябре. На 40° з.д. интенсивность ЮСБТФ изменяется с преобладающим годовым периодом с максимумом (-0.76) в мае (рис. 3). Температура изменяется от 16°C в апреле до 12°C в сентябре. При продвижении далее на восток положение фронта заметно смещается к северу, а температура внутри фронта несколько увеличивается. Интенсивность ЮСБТФ изменяется с годовым периодом с максимумом (-0.53) в феврале на 30° з.д. и (-0.71) в январе на 10° з.д. (рис. 3).

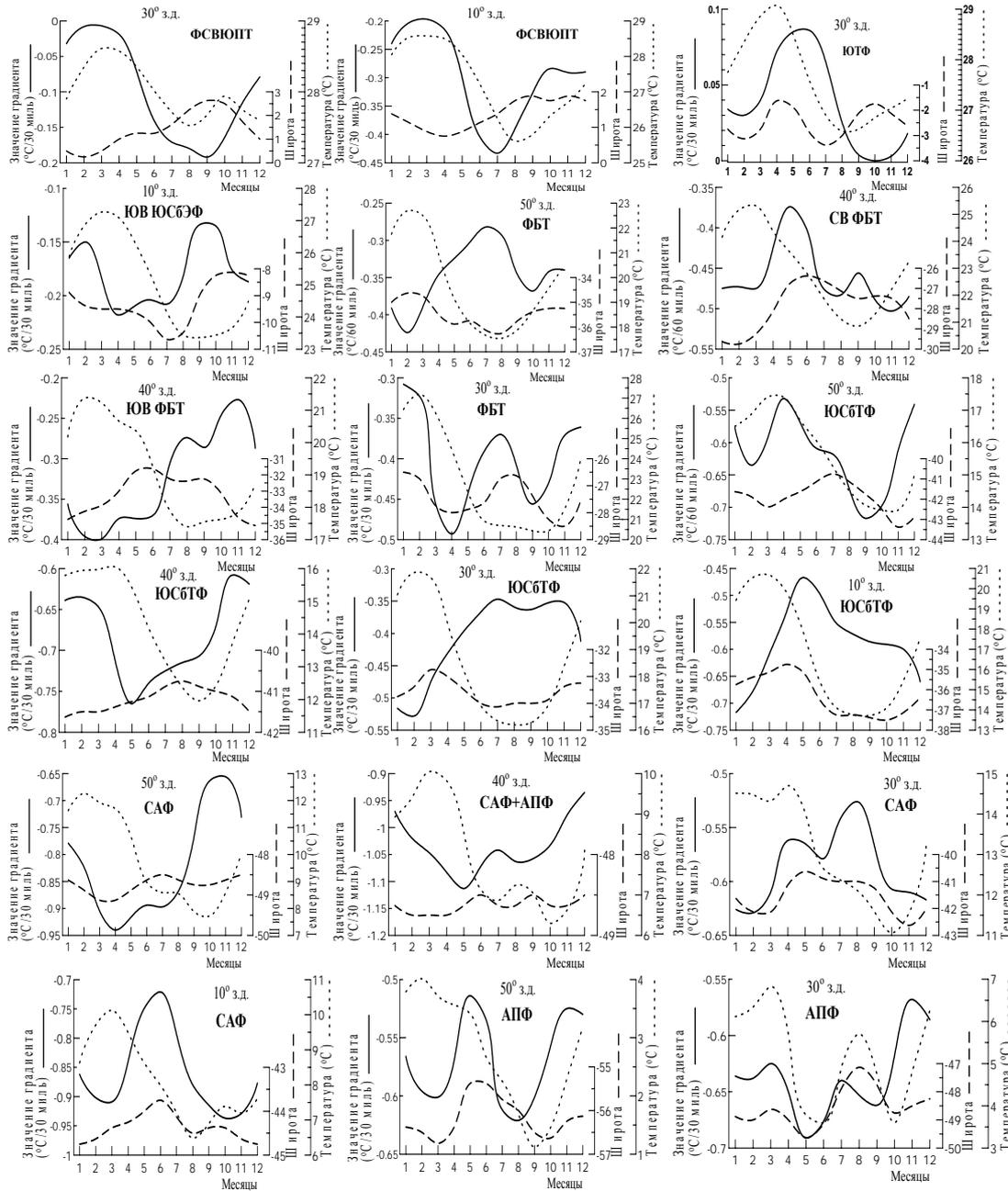


Рис. 3. Внутригодовой ход интенсивности (сплошная линия), положения (пунктир) и температуры (точки) для различных фронтов Южной Атлантики.

Следующий к югу от ЮСБТФ экстремум МГТ наблюдается между 48° и 49° ю.ш. Он связан с Субантарктическим фронтом (рис. 2, 4,а,б). На меридиане 50° з.д. САФ усиливается (МГТ ~ -0.95) в апреле (рис. 3). Температура в пределах фронта изменяется от 12°C в феврале

до 8°C в ноябре. Вдоль 40° з.д. (рис. 4,а), где САФ и АПФ образуют единый фронтальный раздел (САФ+АПФ) с максимумами обостренности (-1.1) в мае и сентябре (-1.05) (рис. 3). Температура изменяется от 10°C в марте до 6.5°C в октябре. В центральной части Южной Атлантики САФ проявляется между 41° и 43° ю.ш. на 30° з.д. и между 44° и 45° ю.ш. на 10° з.д. (рис. 2). В изменении его интенсивности, кроме основных максимумов в феврале (-0.63) и октябре (-0.95), наблюдаются также более слабые максимумы в июне (-0.57) на 30° з.д. и в марте (-0.9) на 10° з.д. Температура в пределах фронта изменяется от 14°C в апреле до 11°C в октябре на 30° з.д. и от 10°C в марте до 7°C в августе на 10° з.д.

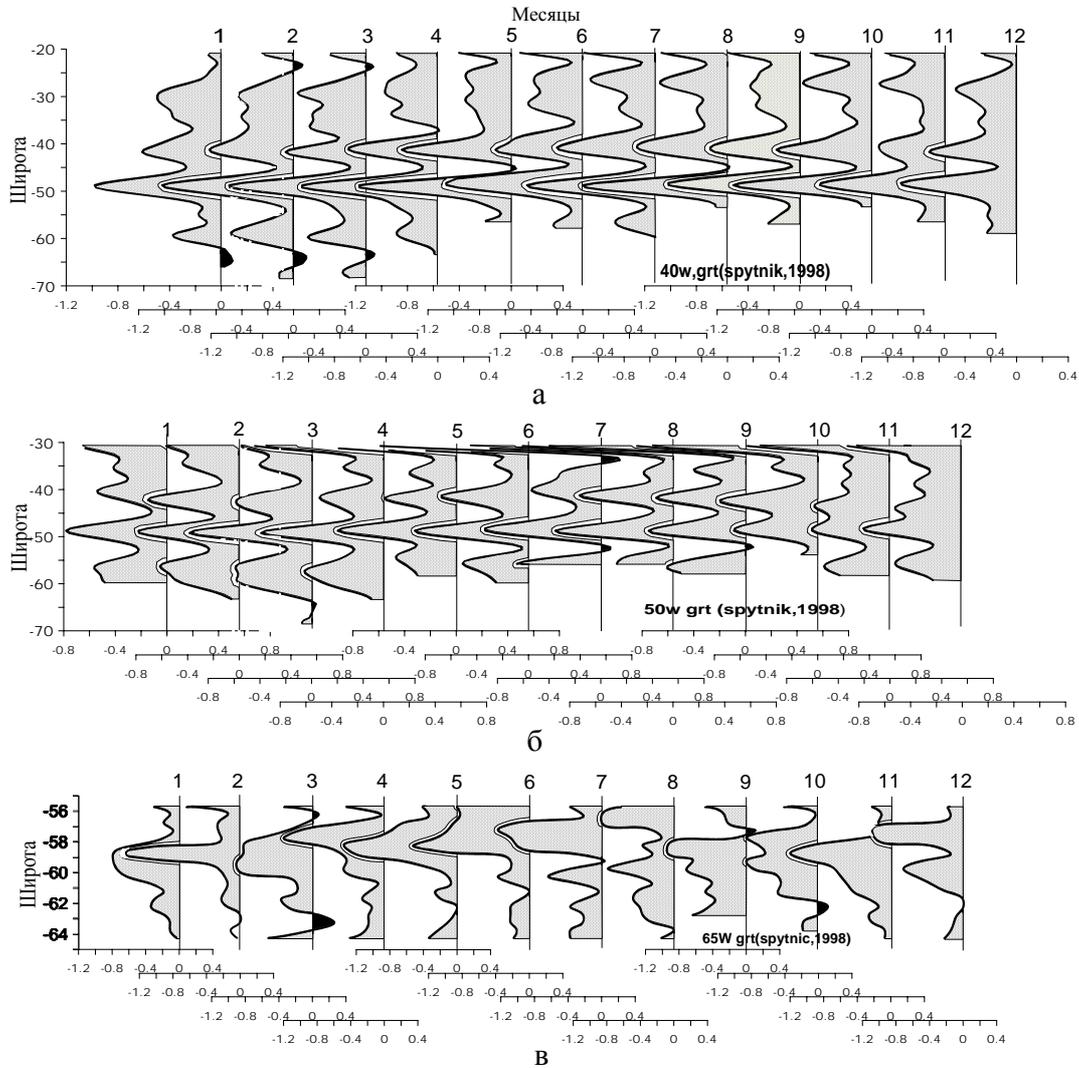


Рис. 4. Сезонная изменчивость меридиональных градиентов температуры вдоль: а) 40°, б) 50°, в) 65° з.д.

Сезонный цикл интенсивности Антарктического полярного фронта имеет сложный характер. В проливе Дрейка (65° з.д.) в начале года наблюдается экстремум МГТ с диапазоном температуры (3-5°C), характерным для АПФ. В январе он располагается в районе 59° ю.ш., затем смещается на север и достигает 56° ю.ш. в августе, вначале усиливаясь (-1.0), а затем осла-

бвая (-0.4). Другой экстремум МГТ формируется в середине года (июль) в районе 60° ю.ш. Затем он также смещается на север, при этом заметно усиливается (-1.0). Крайнего северного положения (57° ю.ш.) он достигает в декабре (рис. 4,в).

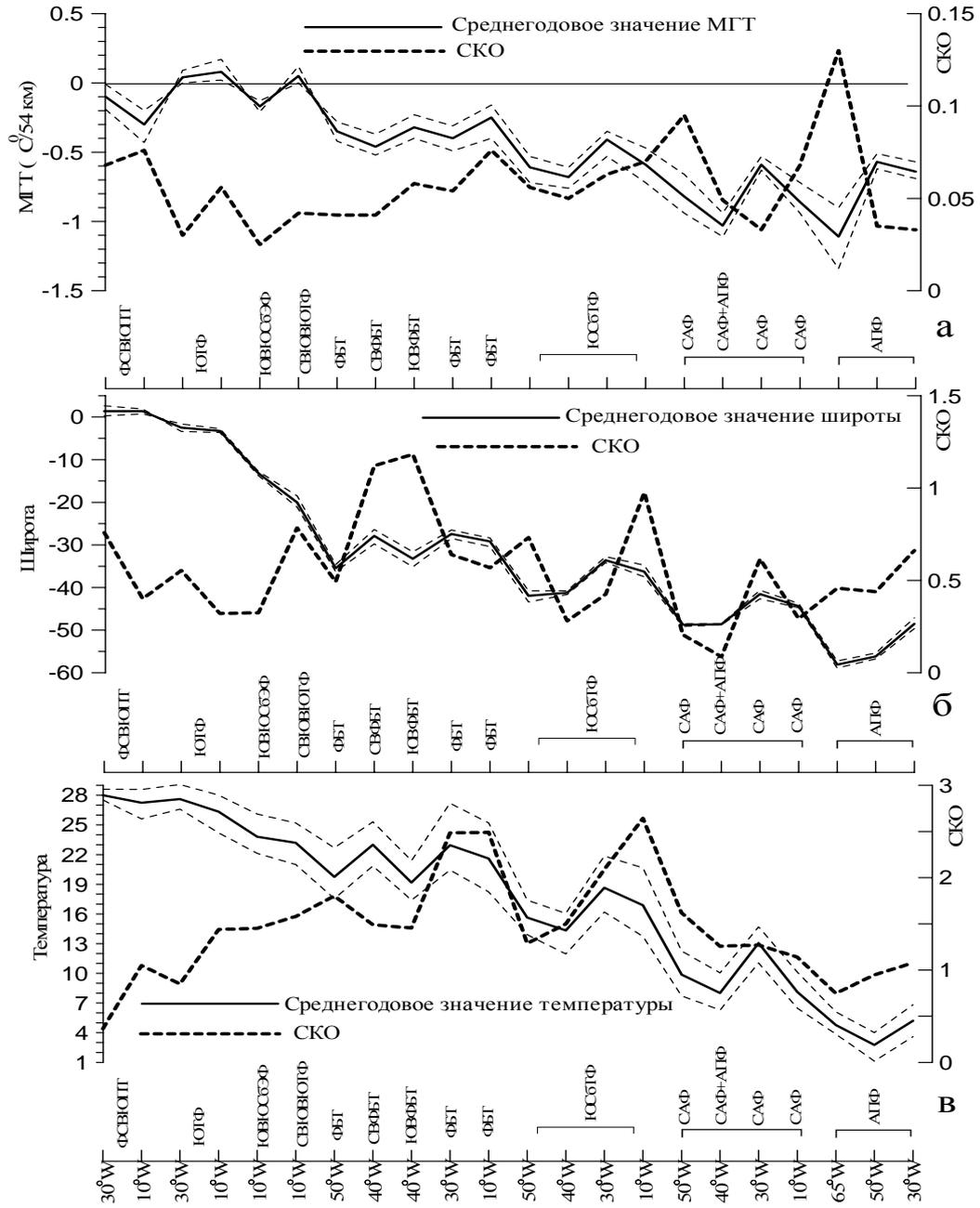


Рис. 5. Среднегодовые, максимальные и минимальные значения МГТ (а), широты (б) и температуры (в) и их внутригодовые СКО для температурных фронтов на поверхности в Южной части Атлантического океана (на нижней оси указаны меридианы, для которых приведены характеристики фронтов).

На меридиане  $50^\circ$  з.д. пики интенсивности АПФ наблюдаются в марте (-0.6) и в августе (-0.63). Температура в пределах фронта изменяется с годовым периодом от  $4^\circ\text{C}$  в феврале до  $1^\circ\text{C}$  в сентябре (рис. 3). В течение года фронт располагается между  $55^\circ$  и  $57^\circ$  ю.ш., достигая крайнего северного положения в мае (рис. 4,б). На  $30^\circ$  з.д. АПФ смещается к северу и прослеживается между  $47^\circ$  и  $50^\circ$  ю.ш. (рис. 2,а). Фронт максимально обострен в мае (-0.69), а основной максимум температуры ( $7^\circ\text{C}$ ) отмечается в феврале. На  $10^\circ$  з.д., из-за отсутствия данных в зимний период, АПФ можно выделить только в начале года. Он проявляется в виде экстремума МГТ в районе  $59^\circ$  ю.ш. (рис. 2,б). Максимум интенсивности наблюдается в феврале (-0.5).

Анализ сводных графиков внутригодовой изменчивости характеристик фронтов (рис. 5) показал, что наблюдается генеральная тенденция к увеличению интенсивности фронтов с севера на юг. К наиболее обостренным фронтам относятся объединенный фронтальный раздел САФ+АПФ на меридиане  $40^\circ$  з.д. и АПФ в проливе Дрейка ( $65^\circ$  з.д.). Наибольшая внутригодовая изменчивость интенсивности типична для АПФ, САФ, ФБТ, ЮТФ и ФСВ ЮПТ (рис. 5,а). Максимальные изменения широтного положения фронтов ( $\text{СКО} \sim 1^\circ$ ) отмечаются для ФБТ и ЮСБТФ в центральной части океана (рис. 5,б), что согласуется с выводами, полученными по гидрологическим данным (Артамонов и др., 2000, 2002). Среднее изменение температуры в пределах фронтов составляет  $2\text{-}3^\circ\text{C}$  (рис. 5,в). В пределах ФБТ и ЮСБТФ в центральной части Южной Атлантики разница между максимальными и минимальными значениями температуры достигает  $6^\circ\text{C}$ . Средние значения ТПО, при которых формируются фронты (ФБТ, ЮСБТФ, САФ), в центральной части океана увеличиваются, по сравнению с пограничными областями.

#### 4. Заключение

На основе спутниковых данных о температуре поверхности океана за 1998 г. исследованы основные особенности сезонной изменчивости Антарктического полярного, Субантарктического, Южного субтропического фронтов, фронта Бразильского течения, Южной ветви Южного субэкваториального фронта, фронта Северной ветви Южного пассатного течения. Фронты полярных и умеренных широт (АПФ, САФ, ЮСБТФ, ФБТ) проявляются наиболее резко в западной части Южной Атлантики. По мере продвижения на восток интенсивность этих фронтов ослабевает и наблюдается их смещение в северном направлении. В тропической зоне, наоборот, ФСВ ЮПТ и Южная ветвь ЮСБЭФ в центральной части акватории менее интенсивны, чем на востоке. В центральной части исследуемой акватории наблюдается повышение ТПО в пределах фронтов по сравнению участками на западе региона.

Интенсивность большинства фронтов меняется преимущественно с годовым периодом. В сезонных вариациях интенсивности фронта Бразильского течения, Южного субтропического фронта на западе акватории, Субантарктического фронта в центральной части региона и Антарктического полярного фронта на фоне годового сигнала проявляется полугодовая периодичность. Подтвержден вывод, полученный авторами ранее по гидрологическим данным, о том, что температурный режим фронтов заметно изменяется по пространству и в зависимости от сезона.

Отметим, что в полярных широтах сезонные и межгодовые вариации ТПО уменьшаются и становятся сопоставимы по интенсивности, при этом главные фронты, хотя и прослеживаются от года к году, могут существенно изменять свою структуру. Это подтверждено результатами, полученными в ходе двух УАЭ в 1997-1998 гг. По данным гидрологических съемок количество меандров АПФ и их положение в 1998 г. существенно изменилось по сравнению с 1997 г. В связи с этим, следующим важным этапом в изучении фронтов является исследование их межгодовой изменчивости. Перспективным направлением представляется также усвоение спутниковых данных в современных диагностических моделях термохалинной структуры и циркуляции вод, в моделях взаимодействия океана и атмосферы. Это позволит компенсировать недостаток гидрологической информации в подповерхностных слоях и расширить наши пред-

ставления о сложных механизмах формирования океанической изменчивости, в т.ч. о временных вариациях характеристик гидрологических фронтов.

### Литература.

- Артамонов Ю.В.** Сезонная изменчивость положения Субантарктического фронта в юго-западной части Атлантики // Доповіді НАНУ. - 2000. - № 10. - С. 115-120.
- Артамонов Ю.В.,** Булгаков Н.П., Ломакин П.Д. Фронты атлантического сектора Южного океана (обзор литературы) // Препринт, МГИ НАНУ, Севастополь, 1999. - 68 с.
- Артамонов Ю.В.,** Булгаков Н.П., Ломакин П.Д. Вертикальная термохалинная структура и климатические фронты Юго-Западной Атлантики // МГЖ, 2000, № 6, с. 56-66.
- Артамонов Ю.В.,** Булгаков Н.В., Ломакин П.Д. Геострофическая циркуляция вод южной части Атлантического океана и ее сезонная изменчивость // МГЖ. - 2002. - № 3. - С. 43-49.
- Артамонов Ю.В.,** Скрипалева Е.А. Крупномасштабные фронты Юго-Западной Атлантики в поле градиентов температуры и солёности и их сезонная изменчивость // Сб. "Системы контроля окружающей среды", МГИ НАНУ, Севастополь, 2002. - С. 364-370.
- Белкин И.М.** Фронтальная структура Южной Атлантики. В сб.: Пелагические Экосистемы Южного океана. - М. Наука, 1993. - С. 40-53.
- Богданов М.А.,** Орадовский С.Г., Солянкин Е.В., Хвацкий Н.В. О фронтальной зоне моря Скотия // Океанология. - 1969. - Т. 9, В. 6. - С. 966-974.
- Гинзбург А.И.,** Костяной А.Г., Франкиньоль М., Делиль Б. Исследование фронтов южной части Индийского океана с помощью спутниковых температурных данных // Исслед. Земли из космоса, 2002, № 5, с. 39-49.
- Грузинов В.М.** Гидрология фронтальных зон Мирового океана. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 272 с.
- Гурецкий В.В.** Поверхностные термические фронты в атлантическом секторе Южного океана // Метеорол. и гидролог. - 1987. - № 8. - С. 81-89.
- Костяной А.Г.,** Гинзбург А.И., Лебедев С.А., Франкиньоль М., Делиль Б. Фронты и мезомасштабная изменчивость в южной части Индийского океана по альтиметрическим данным TOPEX/POSEIDON и ERS-2 // Океанология. - 2003. - Т. 43, № 5. - С. 671-682.
- Саруханян Э.И.,** Смирнов Н.П. Водные массы и циркуляция Южного океана. Л.: Гидрометеиздат, 1986, 288 с.
- Boyer T.P.,** Conkright M.E., Levitus S. et al. Temporal Distribution of Ocean Station (OSD) Temperature Profiles // World Ocean Database. - National Oceanographic Data Center / NOAA, 1998. - V. 5. - 108 p.
- Provost C.,** Le Taon P.-Y. Spatial and temporal scale in altimetric variability in the Brazil-Malvinas Current Confluens region: Dominance of the semiannual period and large spatial scales // J. Geophys. Res. - 1993. - 98. - P. 18.037-18.052.
- Goni G. J.,** Garzoli S.L., Roubicek A.I., Olson D.B., Brown O.B. Agulhas ring dynamics TROPEX/POSEIDON satellite altimeter data // J. Mar. Res. - 1997. - 55. - P. 861-883.
- Hofmann E.E.,** Klinck J.M., Locaruni R.A., Fach B., Murphy E. Structure of the Antarctic Circumpolar current in the south Atlantic with implications for biological transport // WG-EMM - 97/67, Agenda Item., July, 1997. - N 5. - P. 6.
- Levitus S.,** Boyer P.T. World Ocean Atlas. U.S. CD-ROM Data Sets. // National Oceanographic Data Center, Ocean Climate Laboratory, Washington, D.C, June, 1994.
- Peterson R.G.,** Stramma L. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean // Prog. Oceanogr. - 1991. - N 26. - P. 1-73.
- Tsuchiya N.,** Talley D.L., McCartney M.S. Water-mass Distribution in the western South Atlantic: A section from South Georgia Island (54° S) northward across the Equator // J. Marine Res. - 1994. - V. 52, N 1. - P. 55-81.