

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И СОЛЕННОСТИ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА

Ю.В.Артамонов, Е.А.Скрипалева

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: oaoi@alpha.mhi.iuf.net

По данным современного океанографического массива (World Ocean Atlas, 1994) рассчитаны характеристики внутригодовой изменчивости полей температуры и солёности в юго-западной части Атлантического океана. Показано, что годовой сигнал наиболее качественно выделяется в районах, прилегающих к берегам Южной Америки, и в проливе Дрейка. Наибольшие амплитуды годовых вариаций отмечены в поверхностном слое в зоне схождения вод Бразильского и Фолклендского течений. Амплитуда сезонных вариаций уменьшается на порядок на глубинах 700-800 м в зоне слияния вод Бразильского и Фолклендского течений и 150-200 м в Полярной и Антарктической зонах.

Введение. В рамках национальных проектов "Океан-Атмосфера" и "Исследования Украины в Антарктике" проводятся исследования крупномасштабных океанических фронтов в полях термохалинных характеристик. Актуальность данных исследований неоднократно обсуждалась и не вызывает сомнений в связи с повышенным интересом к исследованию Юго-Западной Атлантики, обусловленным ее промышленной значимостью [1]. Фронты и течения различного масштаба являются важнейшими абиотическими факторами среды, обуславливающими формирование и рассеяние скоплений криля и других объектов промысла.

В работе [2] по данным массива [3], была выделена Южная полярная фронтальная зона, определены особенности ее структуры и физико-гидрологические характеристики в полях температуры, солёности и плотности в верхнем 200-метровом слое. Однако, осреднение данных по 4-м сезонам не позволяет надежно оценить сезонную изменчивость термохалинных полей и фронтальных зон. Затем, с появлением массива данных со среднемесячным осреднением [4], были выделены Антарктический полярный, Субантарктический фронты и Фронт моря Ско-

тия. В полях горизонтальных градиентов температуры и солёности изучены структура и сезонная изменчивость этих фронтов в верхнем 200-метровом слое [5]. Вместе с тем, многие вопросы океанографии этого региона по-прежнему слабо изучены. В данной работе рассматривается сезонная изменчивость полей температуры и солёности в верхнем 1000-метровом слое Юго-Западной Атлантики.

Материалы и методика. Работа выполнена по данным массива средних месячных значений температуры и солёности, приведенных с помощью процедур объективного анализа в узлы регулярной одноградусной сетки и на стандартные горизонты в слое 0-1000 м [4].

Спутниковые измерения температуры на поверхности, наблюдения за придонным давлением в проливе Дрейка, косвенно характеризующим интенсивность Антарктического циркумполярного течения, а также изменчивость динамических высот в зоне схождения вод Бразильского и Фолклендского течений, показывают, что помимо годового сигнала в ряде областей Юго-Западной Атлантики наблюдается полугодовая гармоника. По средним месячным значениям температуры и солёности были рассчитаны значения амплитуд и фаз годовой и полугодовой составляющих внутригодового хода температуры и солёности на стандартных горизонтах и на меридиональном разрезе вдоль 50° з.д. Расчет проводился на основе гармонического анализа путем минимизации выражения:

$$\sum_{i=1}^{12} \left\{ T_i - \left[\bar{T} + A_1 \sin \left(\frac{2\pi i}{12} + \varphi_1 \right) + A_2 \sin \left(\frac{2\pi i}{6} + \varphi_2 \right) \right] \right\}^2,$$

где T_i – среднее месячное значение температуры (солёности) воды; $A_1, A_2, \varphi_1, \varphi_2$ – амплитуды и фазы соответственно годовой и полугодовой гармоник; \bar{T} – средняя многолетняя температура (солёность) воды в узле регулярной одноградусной сетки; i – порядковый номер текущего месяца года.

Для оценки достоверности разложения на годовую и полугодовую гармоники исходных средних месячных рядов характеристик поля амплитуд были нормированы на стандартное отклонение остаточных рядов (ряд средних месячных значений параметра за вычетом обеих периодических составляющих). Акватории, где нормированные амплитуды были не больше 1, т.е. уровень по-

лезного сигнала не превышал уровень шума, из интерпретации исключены. На рисунках эти акватории заштрихованы. Отметим, что за исключением некоторых участков зоны слияния вод Бразильского и Фолклендского течений и пролива Дрейка, для большей части акватории амплитуда полугодовой гармоники определяется плохо.

Процедура получения средних месячных значений температуры и солености используемого в данной работе массива [4] построена таким образом, что за счет значительной пространственно-временной интерполяции исходных данных в квадратах и месяцах, в которых отсутствуют фактические данные, появляются расчетные значения. Такая процедура может существенно исказить реальные пространственные термохалинные структуры и их сезонную изменчивость в районах с малым количеством наблюдений, такими, как море Уэдделла или центральная часть Южной Атлантики.

Для выявления областей, где сезонный сигнал статистически достоверен, был выполнен анализ, который применялся для Тропической Атлантики [6]. Мы использовали базу фактических данных, которая содержит информацию с 1911 по 1994 гг.

Для наиболее обеспеченной наблюдениями 2×4 -градусной трапеции рассчитаны амплитуды годовой и полугодовой гармоник температуры на поверхности при различной обеспеченности средних месячных значений. Выявлено, что среднегодовые значения температуры (T_0), а также амплитуды годовых и полугодовых гармоник (A_T), вычисленные в интервале обеспеченности от $n=1$ до $n=10-15$, сильно изменяются и по мере увеличения числа n приближаются к величинам, полученным с максимальной обеспеченностью. При $n=10-15$ значения T_0 и A_T стабилизируются и практически не отличаются от соответствующих величин, вычисленных при максимальной обеспеченности. При $n \geq 10-15$ устойчиво выполняется соотношение $(A_n - A_T) \leq (0.1 - 0.15)A_n$, где A_n и A_T - амплитуды, вычисленные при полной обеспеченности и при текущей обеспеченности. Таким образом, при обеспеченности исходных среднемесячных значений параметра, близких к 10-15 измерениям, с помощью гармонического анализа можно получить оценку амплитудно-фазовых характеристик сезонного

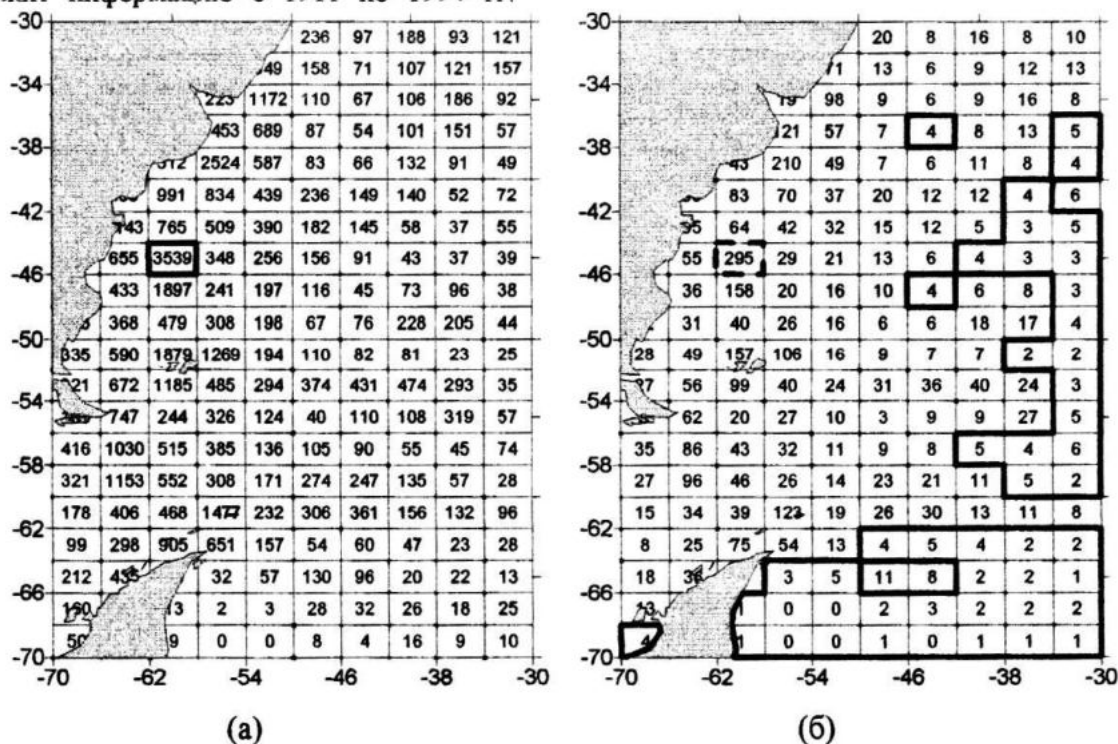


Рис. 1. - Общее количество наблюдений (а) и средняя за год обеспеченность наблюдениями за месяц (б) в 2×4 -градусных трапециях.

сигнала с точностью 10-15%, при уменьшении числа наблюдений до 5-10 значений погрешность возрастает до 30-50%, при среднем количестве наблюдений менее 5 наблюдений сезонный сигнал определяется плохо. На рис. 1 представлена средняя за год обеспеченность наблюдениями за месяц в 2×4 -градусных трапециях. Сезонный сигнал определяется с погрешностью менее 10 % в следующих районах: зона схождения Бразильского и Фолклендского течений, Патагонский шельф с прилегающими к нему материковым склоном, пролив Дрейка и зона слияния вод морей Уэдделла и Скотия. Сезонный сигнал плохо определяется в море Уэдделла и в восточных районах исследуемой области. Эти участки обведены жирной линией.

Результаты. На поверхности океана максимум годовых колебаний температуры с амплитудой $3-4,5^{\circ}\text{C}$ типичен для зоны слияния Бразильского и Фолклендского течений. Амплитуда годовой гармоника понижается к югу и на широте северной оконечности Антарктического полуострова уменьшается примерно до 1°C . Локальный максимум амплитуды годовой волны на поверхности океана до $2,1^{\circ}\text{C}$ наблюдается в южной части пролива Дрейка (рис. 2,а).

На горизонте 100 м наиболее интенсивные сезонные колебания температуры с амплитудой $0,7-1^{\circ}\text{C}$ характерны для участков южной периферии Южного Субтропического Антициклонического Круговорота (ЮСАК), Субтропического фронта и южной оконечности Патагонского шельфа. В проливе Дрейка и в зоне слияния вод морей Уэдделла и Скотия амплитуда годовой волны в поле температуры на данном горизонте составляет около $0,6-0,8^{\circ}\text{C}$.

На горизонте 200 м преобладают сезонные колебания с амплитудой около $0,2-0,3^{\circ}\text{C}$ (рис. 3,а). Они наиболее интенсивны в районах Патагонского шельфа и северной части пролива Дрейка, где имеют амплитуду до $0,6-0,8^{\circ}\text{C}$.

Анализ фазового поля годовой гармоника показал, что на преобладающей части исследуемой акватории на поверхности океана температурный максимум наступает в марте, и обусловлен, вероятно, сезонным ходом радиационного баланса (рис. 2,в). Фазы представлены в виде месяцев наступления максимумов соответствующих харак-

теристик. В подповерхностных водах, на горизонтах 100 и 200 м максимум температуры наступает в марте–апреле в море Скотия и далее в северо-восточном направлении время наступления этого экстремума постепенно сдвигается к маю – июлю. Учитывая тот факт, что в подповерхностных водах градиент фазового поля годовой гармоника хорошо совпадает с генеральным направлением струй Антарктического циркумполярного течения, можно предположить следующее. В отличие от поверхности океана, годовые колебания температуры в подповерхностном слое связаны с адвекцией вод Тихого океана – распространением годовой гармоника из пролива Дрейка.

Полугодовые колебания температуры в исследуемом регионе менее интенсивны по сравнению с годовыми и имеют амплитуды в 5–6 раз меньше. Наибольшие амплитуды полугодовых колебаний температуры $0,5-0,7^{\circ}\text{C}$ на поверхности; $0,2-0,3^{\circ}\text{C}$ – на 100 м; $0,1-0,2^{\circ}\text{C}$ – на 200 м типичны для участков Патагонского шельфа и пролива Дрейка.

Одной из причин, вызывающих полугодовые колебания термохалинных элементов среды в Юго-Западной Атлантике, могут быть вариации поля ветра. Известно также, что характеристики крупномасштабных течений и связанных с ними фронтов в данном регионе в своем внутригодовом ходе содержат волну полугодового периода [7].

Сезонные колебания солёности для исследуемой акватории в целом оказались небольшими.

На поверхности океана максимум годовых колебаний солёности с амплитудой $0,2-0,3\text{‰}$ типичен для периферии ЮСАК, участков Субтропического фронта, зоны слияния Бразильского и Фолклендского течений. Годовая гармоника с амплитудой $0,1-0,2\text{‰}$ типична для внутригодового хода солёности у эстуариев рек, выносимых свои воды на Патагонский шельф и для зоны слияния морей Уэдделла и Скотия (рис. 2,б).

На горизонтах 100 и 200 м наиболее интенсивные сезонные колебания солёности имеют амплитуду, не превышающую $0,1\text{‰}$. На 100 м они характерны для периферии ЮСАК, Патагонского шельфа, зоны слияния морей Уэдделла и Скотия. На 200 м годовая гармоника с такой амплитудой типична только для периферии ЮСАК (рис. 3,б).

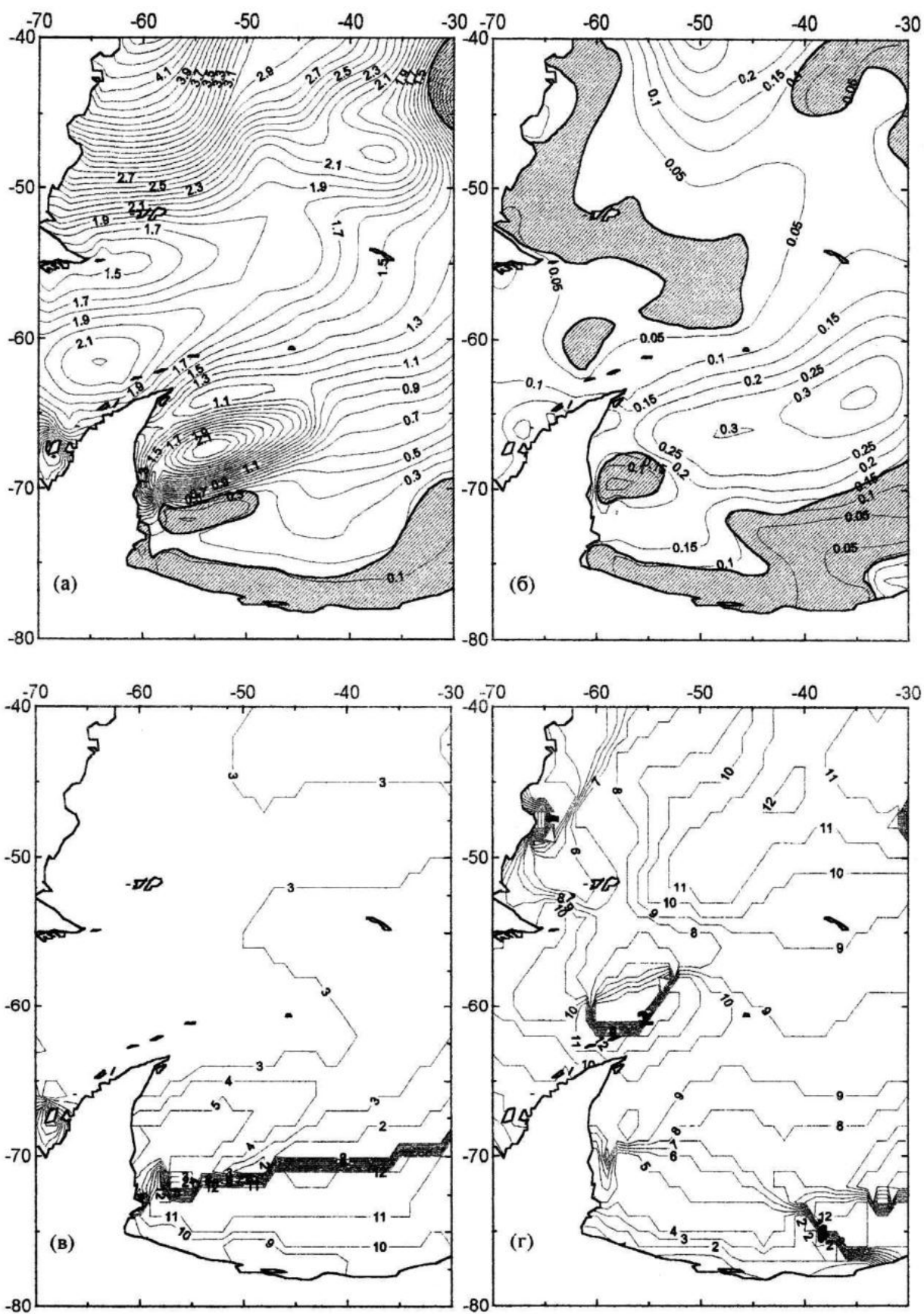
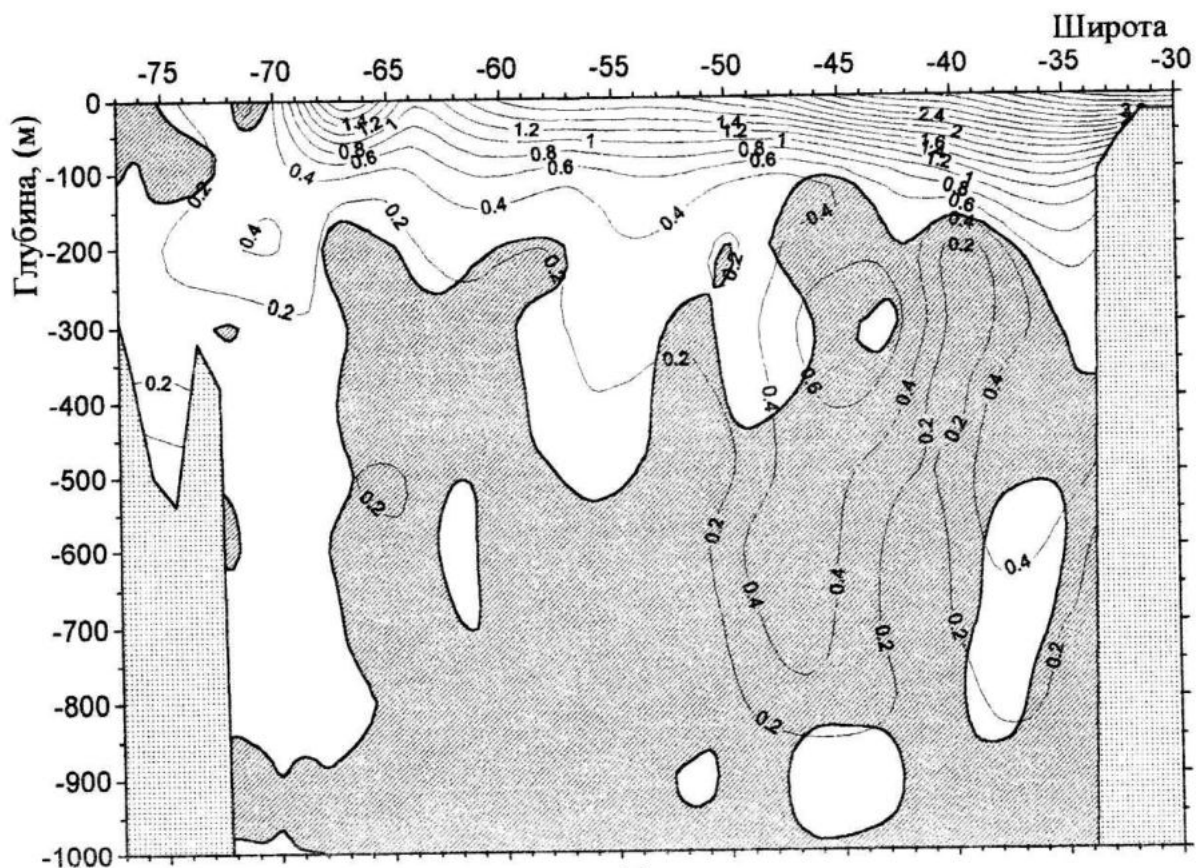
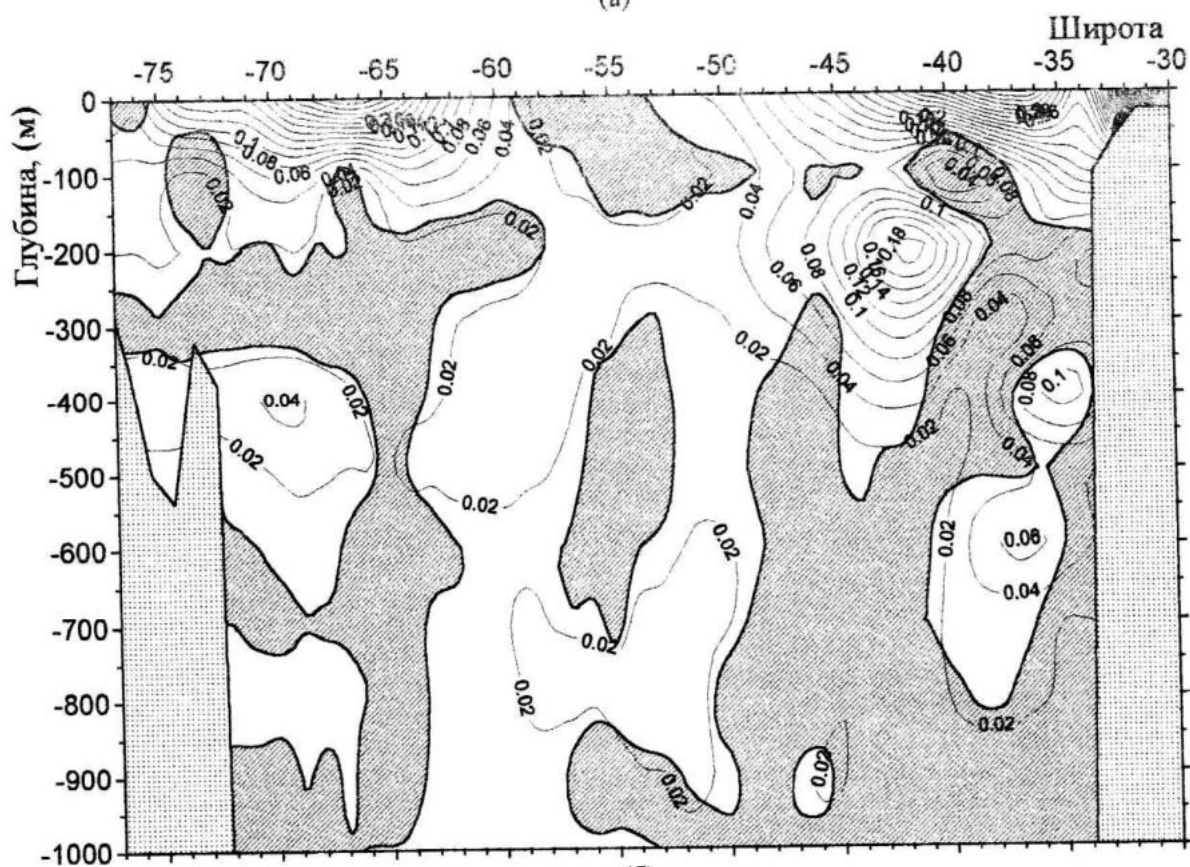


Рис. 2 - Амплитуда годовой гармоника и месяцы наступления ее максимума на горизонте 0 м: (а, в) - температура, (б, г) - соленость.



(a)



(б)

Рис.3 - Годовая амплитуда на разрезе по 50°з.д: (а) - температура, (б) - солёность.

Полугодовая составляющая внутригодового хода солености еще менее значима. Ее максимальная амплитуда (около 0,1‰) в слое 0-100 м наблюдается на южной периферии ЮСАК, в проливе Дрейка, в зоне слияния морей Уэдделла и Скотия.

Фазовые поля годовой и полугодовой периодических составляющих внутригодового хода солености сложны. Их интерпретация затруднена. Можно отметить, что максимальные значения солености на поверхности наблюдаются летом Южного полушария в северной части района исследования и зимой – в северной части моря Уэдделла. Это согласуется, соответственно, с периодами максимума солнечной радиации и испарения в зоне ЮСАК и интенсивного ледообразования в южной части региона (рис. 2,г).

Выводы. Из проведенного анализа следует, что на всей акватории доминирующим является годовой сигнал. В поле температуры он выделяется гораздо отчетливее, чем в поле солености. Полугодовой сигнал выделяется плохо, за исключением пролива Дрейка, зон схождения вод Бразильского и Фолклендского течений, а также зоны слияния вод морей Скотия и Уэдделла.

С глубиной величины амплитуд сезонных колебаний резко уменьшаются, ниже 200 м – практически на порядок. Существуют две области, в которых сезонные вариации температуры и солености прослеживаются до глубин 300-400 м – зона схождения вод Бразильского и Фолклендского течений и область Субантарктического фронта. Отмечено, что несмотря на то, что Антарктический Полярный фронт проникает практически до дна, сезонные колебания в данном районе наблюдаются только до глубины 200 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артамонов Ю.В., Булгаков Н.П., Ломакин П.Д. Фронты Атлантического сектора Южного океана (обзор литературы). Препринт.– МГИ НАНУ, Севастополь, 1999, 68 с.
2. Булгаков Н.П., Ярошеня Р.А., Скрипалева Е.А., Воскресенская Л.А. Физико-гидрологические характеристики Южной полярной фронтальной зоны Атлантики. Доповіди НАНУ, 1999, № 4, с.123-126.
3. Levitus S., Oort A.H. Global Analysis of Oceanographic Data. Bulletin American Meteorological Society, 1977, v. 58, N 12, P. 1270-1284.
4. 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.
5. Артамонов Ю.В., Скрипалева Е.А. Крупномасштабные фронты Юго-Западной Атлантики в поле горизонтальных градиентов температуры и солености. Сборник "Системы контроля окружающей среды", 2002, с. 364-370.
6. Артамонов Ю.В., Воскресенская Е.Н., Джиганшин Г.Ф., Полонский А.Б., Посошков В.П., Сизов А.А., Тимофеев Н.А. Низкочастотная изменчивость гидрометеорологических и гидрофизических характеристик Тропической и Субтропической Атлантики в связи с глобальными вариациями типа Эль-Ниньо – Южная Осцилляция (монография под ред. Полонского А.Б., Сизова А.А.). Деп. в ВИНТИ 10.12.91, 1991, № 4560, В 91, 247 с.
7. Peterson R.G., Stramma L. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. Prog. Oceanogr., 1991, 26, P. 1-73.