

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

Сезонная и межгодовая изменчивость поля температуры поверхности океана в Юго-Западной Атлантике по данным спутниковых и контактных измерений

В работе исследована сезонная и межгодовая изменчивость поля температуры поверхности океана (ТПО) в Юго-Западной Атлантике на основе анализа трех массивов данных: гидрологического массива *Levitus – Boyer-1994*; фактической базы данных *WOD-98* и спутниковых измерений ТПО. Проведен сравнительный анализ амплитудно-фазовых характеристик внутригодового хода поля ТПО и уточнены особенности ее сезонной и межгодовой изменчивости. Показано, что существует хорошая сходимость результатов, полученных по разным массивам данных. Величины коэффициента линейной корреляции составляют 0,7 – 0,9. Выявлено, что максимум сезонных вариаций ТПО наблюдается в зоне схождения Фолклендского и Бразильского течений, в окрестностях Южного Субтропического и Антарктического Полярного фронтов. Минимум сезонной изменчивости отмечается в антарктической области и в море Уэдделла. По спутниковым данным установлено, что высокий уровень межгодовой изменчивости прослеживается в зонах климатических фронтов.

Введение. Исследованию структуры вод в Юго-Западной Атлантике посвящено большое количество работ, которые касаются главным образом анализа водных масс и течений по результатам конкретных экспедиций (см. обзоры в [1 – 5]). В последние 10 – 15 лет появились работы, описывающие внутригодовую изменчивость гидрологических полей на основе среднесезонных и среднемесячных данных, при этом результаты этих исследований не всегда хорошо согласовывались [6 – 10]. Трудности, возникающие при изучении сезонной изменчивости полей температуры и солености, в значительной степени обусловлены тем, что в зимний период Южного полушария гидрологических наблюдений было проведено очень мало, в особенности в открытых районах океана и в Антарктическом секторе Атлантики. Использование достаточно больших радиусов влияния при интерполяции в узлы регулярной сетки в районах, где отсутствуют фактические измерения, может приводить к малодостоверным результатам. Поэтому сезонная изменчивость гидрологических полей в Юго-Западной Атлантике до сих пор исследована слабо.

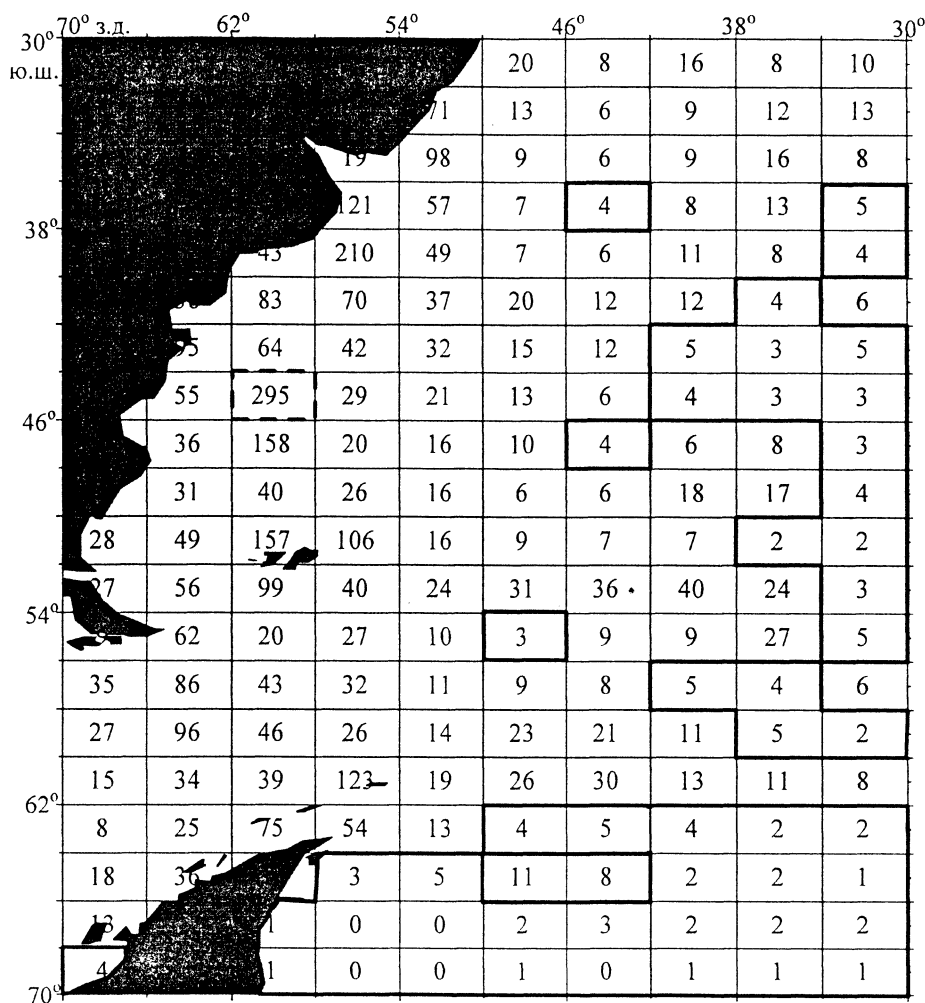
Существенным шагом вперед в исследовании изменчивости гидрологических полей явилось использование спутниковых данных, которые имеют хорошее пространственно-временное разрешение. Это направление в настоящее время интенсивно развивается, о чем свидетельствует цикл работ, посвященных уточнению изменчивости гидрологических характеристик на разных временных масштабах на базе спутниковых наблюдений [11 – 15].

Цель данной работы заключается в исследовании особенностей внутригодовой и межгодовой изменчивости температуры на поверхности океана в юго-западной части Атлантического океана на основе гидрологических и

спутниковых данных. В работе рассматривается область между 30 и 70° з. д. к югу от 30 до 70° ю. ш., которая включает ряд важных в промысловом отношении районов: Патагонский шельф, зону схождения Бразильского и Фолклендского течений (ЗСБФ), пролив Дрейка, зону слияния вод морей Скотия и Уэдделла.

Материалы и методика. Важной проблемой, возникающей при исследовании изменчивости гидрологических полей, является оценка достоверности выделения сезонного сигнала. До настоящего времени эти оценки проводились в основном по гидрологическим данным [16 – 18]. Было показано, что вклад внутригодовой изменчивости в общую дисперсию поля температуры преобладает на большей части акватории исследования. Отметим, что эти оценки в значительной степени зависят от пространственно-временного сглаживания исходных данных и распределения количества наблюдений по месяцам. В работах [9, 18] показано, что при расчете среднемесячных значений температуры на основе исходных 15 – 20 измерений можно получить оценку амплитуды годового сигнала с точностью 10 – 15%. При уменьшении числа наблюдений до 5 – 10 значений погрешность возрастает до 30 – 50%. Согласно распределению средней обеспеченности наблюдениями за месяц в трапециях $2 \times 4^\circ$ (рис. 1) сезонный сигнал ТПО определяется с погрешностью менее 10% в следующих районах: зона схождения Бразильского и Фолклендского течений, Патагонский шельф с прилегающим к нему материковым склоном, пролив Дрейка и зона слияния вод морей Уэдделла и Скотия. Сезонный сигнал плохо определяется в море Уэдделла и восточных районах исследуемой области. Эти участки обведены жирными линиями на рис. 1. В действительности же областей, где сезонный сигнал определяется недостоверно, значительно больше. Это связано прежде всего с тем, что оценки являются достоверными только в том случае, если каждый месяц года имеет достаточно высокую обеспеченность наблюдениями (не менее 15 измерений). На практике в некоторые месяцы года либо вообще нет наблюдений, либо их количество очень мало (менее 5 измерений) (рис. 2).

Спутниковые измерения, которые равномерно распределены по пространству и во времени, являются наиболее пригодными для исследования изменчивости поля температуры поверхности океана. По этим данным нами рассчитаны средние квадратичные отклонения (СКО), связанные с межгодовой за 17 лет и внутригодовой изменчивостью поля температуры (рис. 3, а, б). Эти расчеты показали, что на большей части акватории Южной Атлантики величины СКО, связанные с сезонной изменчивостью, в 3 – 4 раза превышают значения СКО, обусловленные межгодовыми вариациями (рис. 3, в). Только на крайнем юге Атлантики, в море Уэдделла, при общем понижении уровня изменчивости, межгодовые вариации близки к сезонным изменениям. Спутниковые данные подтверждают вывод, полученный ранее на основе гидрологической информации [9], о том, что на большей части акватории Юго-Западной Атлантики сезонный сигнал доминирует в общей изменчивости поля ТПО.

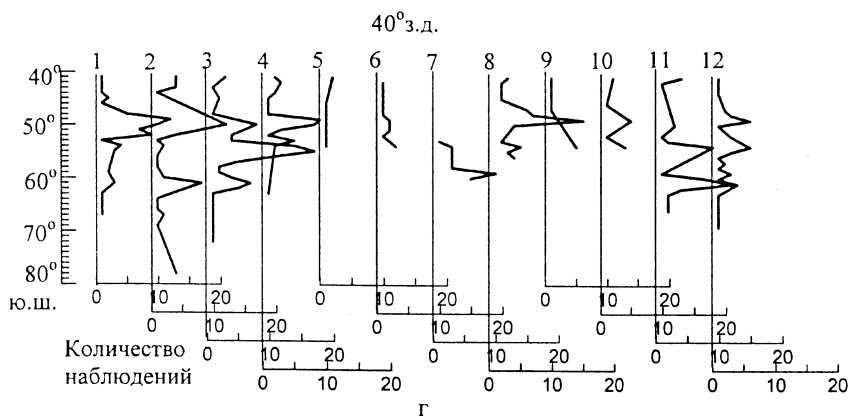
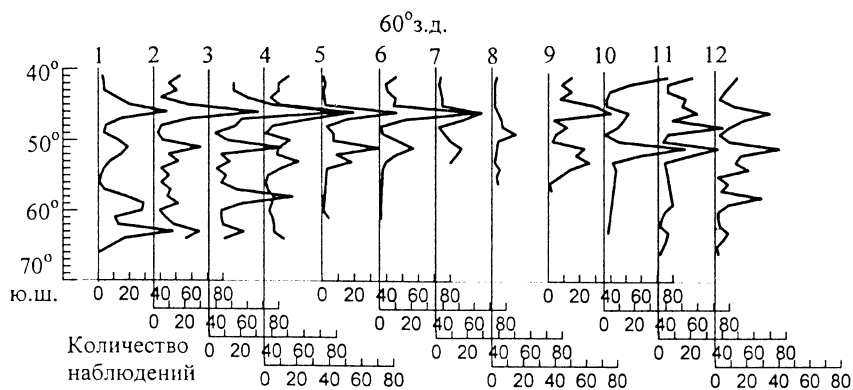
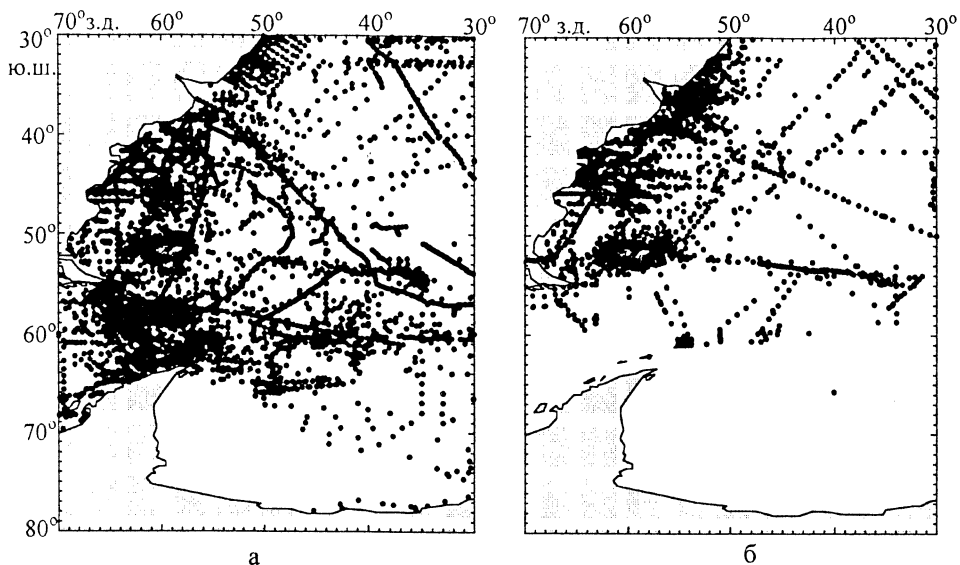


Р и с. 1. Среднемесячная обеспеченность наблюдениями в течение года в трапециях $2 \times 4^\circ$ [2] (цифры – количество наблюдений)

Исходя из того, что спутниковые среднемесячные значения ТПО получены по данным большого количества фактических наблюдений, они взяты за основу при оценке достоверности сезонного цикла, рассчитанного по гидрологическим данным. Для этого проведено сравнение структуры поля температуры и ее сезонных особенностей по разным типам данных, оценены линейные связи и рассчитаны коэффициенты корреляции при 95%-ном уровне значимости. В работе используются три массива данных:

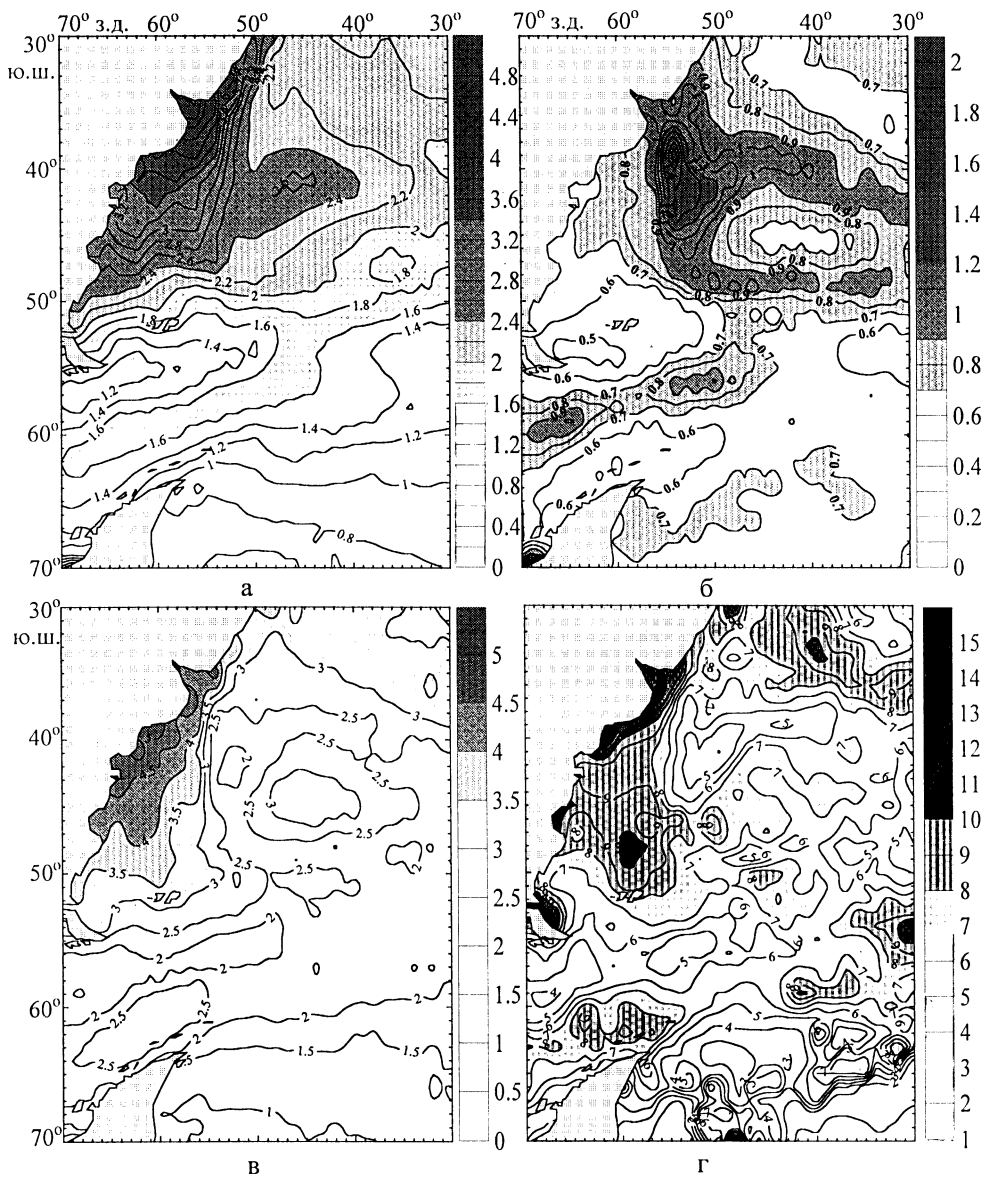
1) массив среднемесячных значений температуры в узлах регулярной одноградусной сетки [19];

2) массив фактических значений температуры базы данных WOD-98, включающий все данные с 1911 по 1996 гг. [20] (положение станций для марта и сентября представлено на рис. 2, а, б; распределение количества наблюдений по месяцам года в одноградусных широтных полосах вдоль меридианов 60° и 40° з.д. дано на рис. 2, в, г);



Р и с. 2. Распределение гидрологических станций на акватории Юго-Западной Атлантики в марте (а) и сентябре (б), а также количества наблюдений в одноградусных широтных полосах по месяцам года вдоль 60° з. д. (в) и 40° з. д. (г)

3) массив спутниковых измерений ТПО с 1985 по 2001 гг. со среднемесячным осреднением в узлах регулярной сетки 54×54 км (архив *AVHRR Ocean Pathfinder Data JPL NOAA/NASA*).



Р и с. 3. Внутригодовое (а) и межгодовое (б) СКО поля ТПО (°С), отношение внутригодового СКО к межгодовому (в) и отношение средней амплитуды годовой гармоники поля ТПО за все годы к ее межгодовому СКО (г) по спутниковым данным

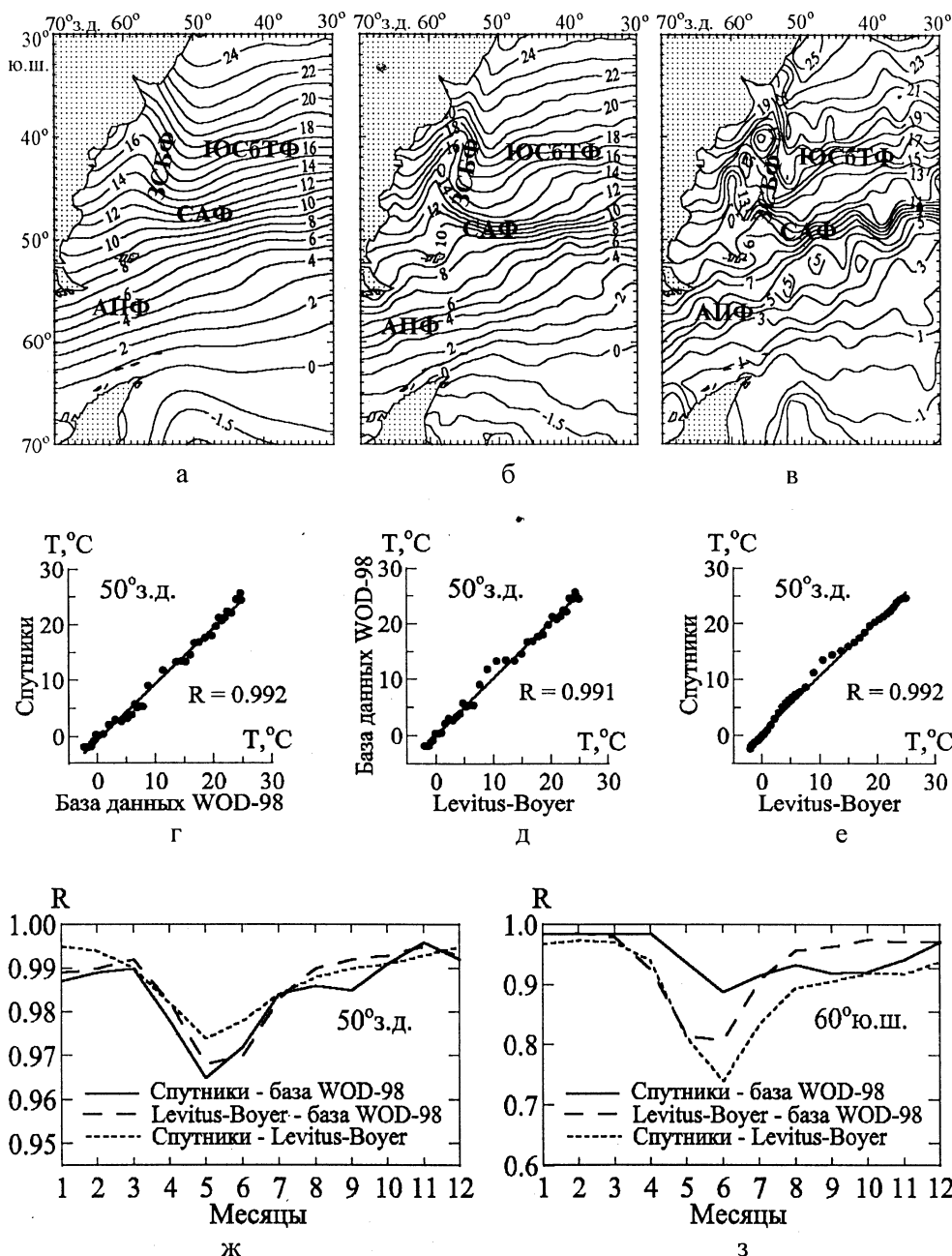
На основе данных второго и третьего массивов рассчитаны среднемесячные климатические значения температуры в узлах одноградусной сетки. Затем по данным всех трех массивов вычислены амплитуды и фазы годовой и

полугодовой гармоник ТПО. Кроме того, по спутниковым данным рассчитано отношение средней амплитуды годовой гармоник поля ТПО за все годы к ее межгодовому СКО (рис. 3, z).

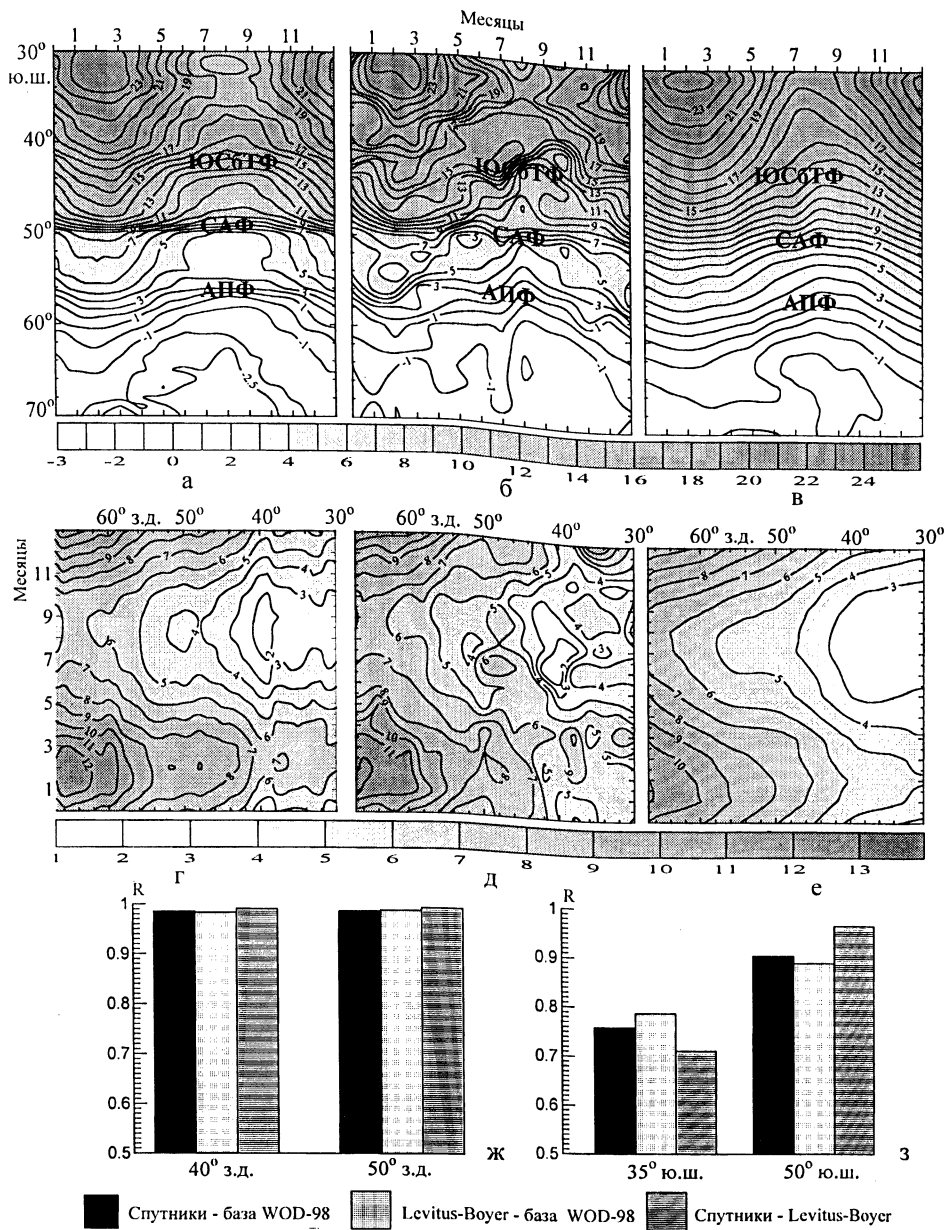
Для оценки значимости годовой и полугодовой гармоник ТПО поля соответствующих амплитуд были нормированы на стандартное отклонение остаточных рядов (ряд средних месячных значений параметра за вычетом обеих периодических составляющих). Акватории, где нормированные амплитуды были не больше 1,5, т. е. уровень полезного сигнала не превышал уровень шума, из интерпретации исключены. На картах распределения годовой и полугодовой амплитуд эти акватории заштрихованы. При построении карт характеристик сезонной изменчивости ТПО использовался стандартный метод интерполяции *Inverse Distance to a Power* (пакет *SURFER-7*). Исходная информация была проинтерполирована в узлы сетки $1 \times 1^\circ$, при этом применялся радиус влияния в 4 шага расчетной сетки, а в расчете участвовали 4 ближайших измерения.

Основные результаты. Сопоставление полей температуры поверхности океана, полученных по трем массивам данных (рис. 4, $a - в$), показало их хорошее соответствие как на качественном, так и на количественном уровне. Во всех случаях наблюдалась хорошая линейная связь и высокие значения коэффициентов корреляции ($> 0,9$) (рис. 4, $z - e$). Анализ внутригодового хода коэффициента корреляции R также выявил наличие тесной связи между полями ТПО по трем типам данных. Минимальные значения R отмечаются зимой Южного полушария (май – июль), когда гидрологические наблюдения либо отсутствуют вообще, либо их количество крайне мало (рис. 4, $ж - з$). Несмотря на это, в большинстве случаев значение коэффициента корреляции превышает 0,75 в течение всего года, а в теплые месяцы, наиболее обеспеченные гидрологическими данными, величины R близки к 1 ($\sim 0,95$). Наиболее тесная связь наблюдается между спутниковыми данными и фактической базой *WOD-98*. Несколько ниже связь между сезонными циклами ТПО по спутниковым данным и по массиву из [19]. Такое различие можно объяснить лучшей обеспеченностью наблюдениями базы *WOD-98*. Кроме того, при формировании гидрологического массива [19] использовалась процедура итеративно-разностного типа [21], при которой конечные термохалинные поля существенно сглажены.

Сравнение внутригодового хода ТПО по трем типам данных по меридиональным и широтным выборкам показало хорошее качественное соответствие (рис. 5, $a - e$). В течение года выделяются основные фронты: Южный Субтропический (ЮСБТФ), Субантарктический (САФ), Антарктический Полярный (АПФ). Особенно четко они прослеживаются по данным спутниковых измерений и базы *WOD-98*. Высокие значения коэффициентов корреляции свидетельствуют о тесной связи полей ТПО по разным типам данных на сезонном масштабе (рис. 5, $ж - з$). По меридиональным выборкам величины R близки к 1 ($\sim 0,97$), по широтным – несколько ниже (0,71 – 0,94). Как и в случае среднемесячных полей температуры, коэффициенты корреляции внутригодового распределения ТПО показывают наиболее высокую связь между спутниковыми данными и данными базы *WOD-98*.

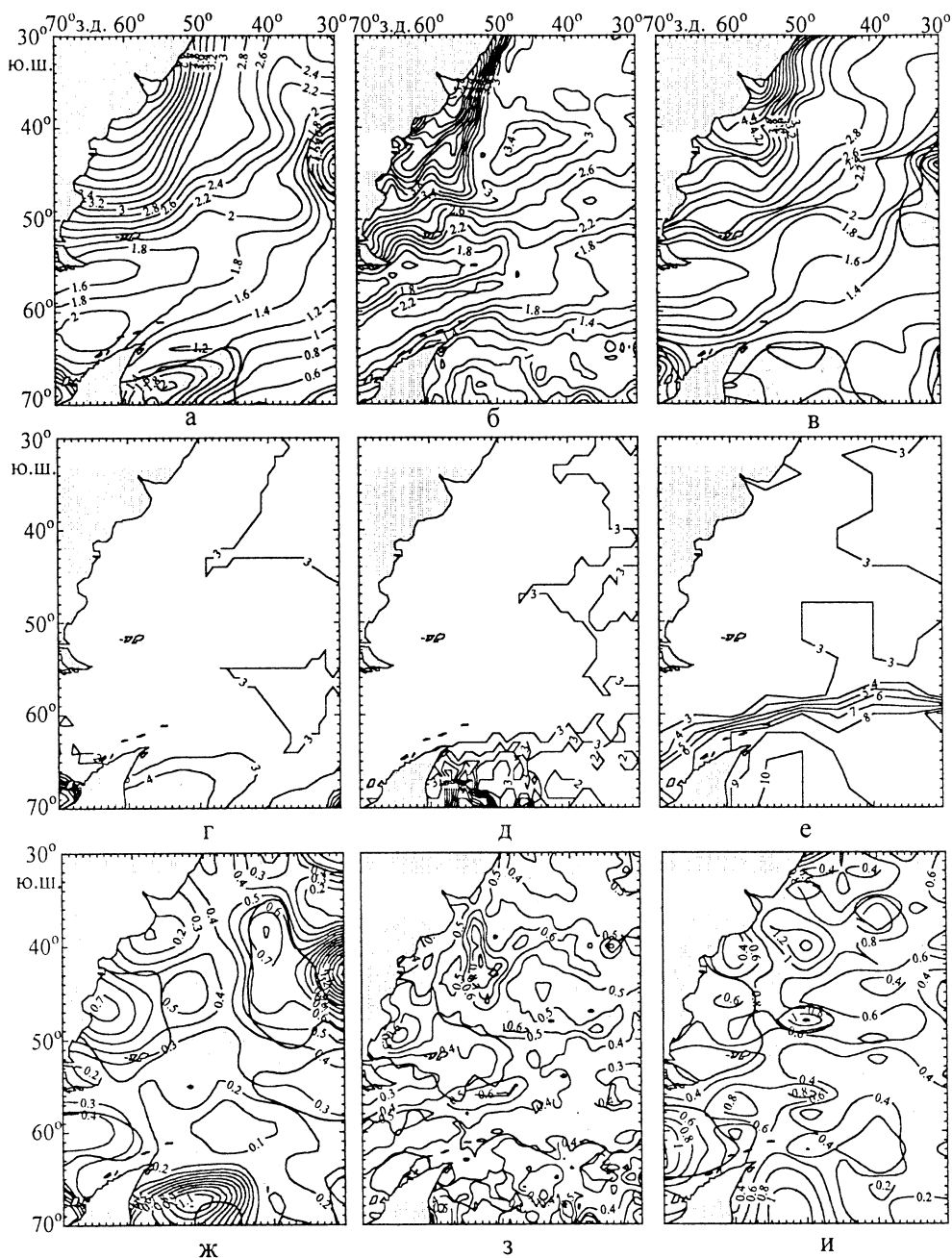


Р и с. 4. Температура воды ($^{\circ}\text{C}$) на поверхности океана по данным: массива *Levitus – Boyer* (а), спутниковым измерениям (б), базы *WOD-98* (в) и графики связи между ТПО по трем типам данных (г – е) для марта, а также графики внутригодового хода коэффициента корреляции между ТПО по трем типам данных вдоль 50° з.д. (ж) и 60° ю.ш. (з) (сплошная линия – корреляция между спутниковыми данными и базой *WOD-98*, штриховая – между массивом *Levitus – Boyer* и базой *WOD-98*, пунктирная – между спутниковыми данными и массивом *Levitus – Boyer*)

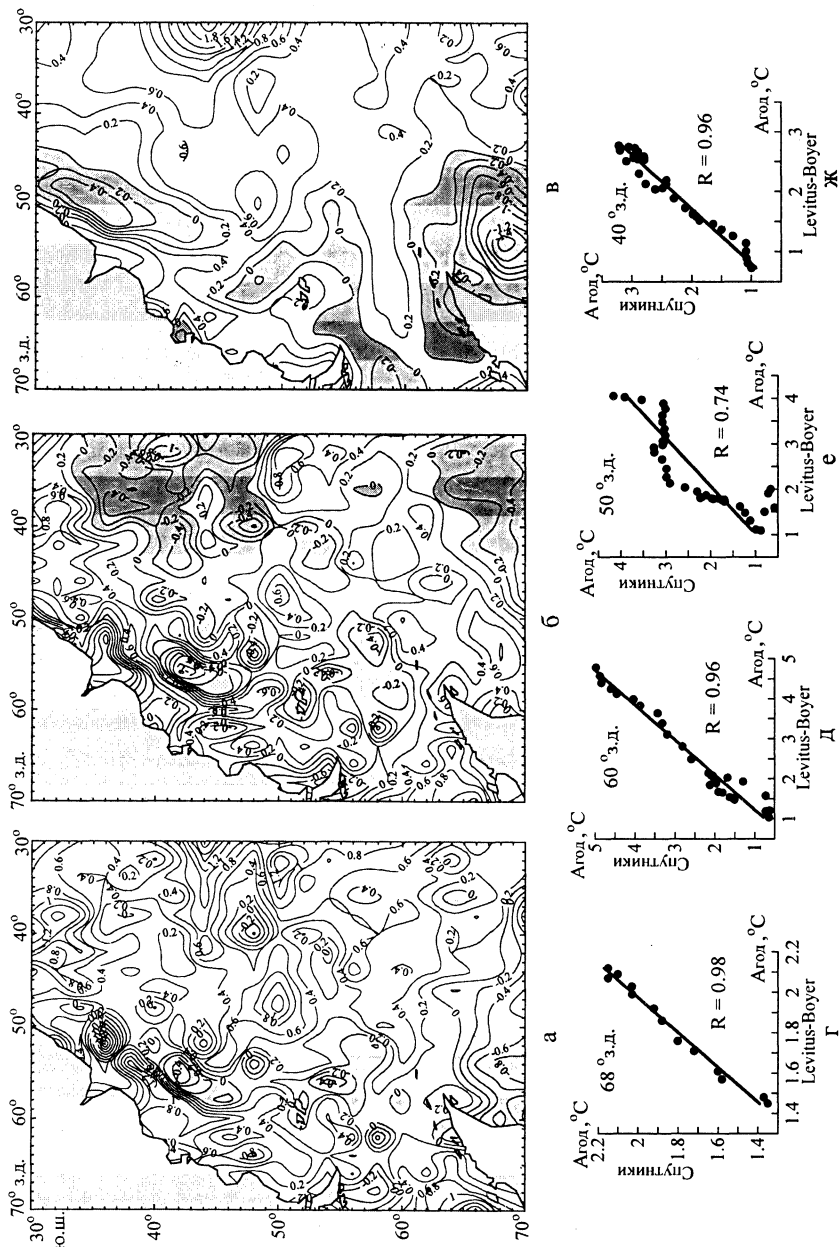


Р и с. 5. Внутригодовое распределение ТПО (°C) по данным: спутниковых измерений (а, з), базы WOD-98 (б, д) и массива Levitus – Boyer (в, е) вдоль 50° з.д. (а, б, в) и 50° ю.ш. (г, д, е), а также коэффициенты корреляции между сезонными циклами ТПО по трем типам данных вдоль 40 и 50° з.д. (ж), вдоль 35 и 50° ю.ш. (з)

Сравнение результатов расчета амплитуды годовой гармоник $A_{\text{год}}$ по гидрологическому массиву [19], спутниковым данным и данным базы WOD-98 (рис. 6, а – в) показало хорошую линейную связь и высокие коэффициенты корреляции между $A_{\text{год}}$ по гидрологическим и спутниковым данным по меридиональным выборкам (рис. 7, г – ж), величины которых составляют 0,74 – 0,98.



Р и с. 6. Амплитуда ($^{\circ}\text{C}$) (а, б, в) и фаза (мес) (г, д, е) годовой и амплитуда полугодовой (ж, з, и) гармоник поля ТПО по данным: массива *Levitus – Boyer* (а, г, ж), спутниковых измерений (б, д, з) и базы *WOD-98* (в, е, и)



Р и с. 7. Разность амплитуд годовой гармоники поля ТПО ($^{\circ}C$) по спутниковым данным и данным базы WOD-98 (а), по данным массива Levitus – Boyer и базы WOD-98 (б), по спутниковым данным и данным массива Levitus – Boyer (в) (области отрицательных значений заштрихованы), а также графики связи между амплитудами годовой гармоники поля ТПО, рассчитанными по двум типам данных (спутниковые измерения и массив Levitus – Boyer), по меридиональным выборкам вдоль 68, 60, 50 и 40° з.д. (з—ж)

Получено, что по трем массивам данных наблюдается максимум годовых колебаний температуры в зоне схождения Бразильского и Фолклендского течений, в области Патагонского шельфа, устья реки Ла-Плата, а также в проливе Дрейка в зоне Антарктического Полярного фронта (рис. 6, *а – в*). Минимальные значения $A_{\text{год}}$ отмечаются в северной части пролива Дрейка, причем область минимальных значений $A_{\text{год}}$ вытягивается приблизительно до 50° з.д. Низкие значения $A_{\text{год}}$ наблюдаются также в южной части моря Скоттия и в море Уэдделла. К наиболее существенным различиям можно отнести то, что по спутниковым данным в северной части моря Уэдделла и на крайнем востоке региона между 40 и 50° ю.ш. $A_{\text{год}}$ выделяется надежно, в то время как по гидрологическому массиву [19] и данным базы WOD-98 [20] амплитуда годовой гармоник в этих районах недостоверна. Разность между величинами $A_{\text{год}}$ по спутниковым данным и по массиву из [19] на большей части акватории положительна и составляет 0,2 – 0,6°C (рис. 7, *в*). Максимальные положительные значения разности величин $A_{\text{год}}$ по спутниковым данным и данным базы WOD-98 (~ 1,0 – 1,2°C) наблюдаются в прибрежной части Южной Америки на Патагонском шельфе и к северу от Субантарктического фронта (рис. 7, *а*). Отрицательные значения разности между $A_{\text{год}}$ по спутниковым данным и данным массива из [19], а также по спутниковым данным и данным базы WOD-98 [20] (~ -1,0°C) отмечаются в северной части моря Уэдделла, где $A_{\text{год}}$ по гидрологическим данным мало достоверна, а также в зоне схождения Бразильского и Фолклендского течений на границе резкого изменения значений $A_{\text{год}}$. Это объясняется тем, что при пространственно-временной интерполяции гидрологических данных максимумы фактической температуры искусственно занижались, а минимумы были завышены, в то время как спутниковые данные более точно отражают сезонный цикл ТПО. Кроме того, рассчитанное по спутниковым данным отношение амплитуды годовой гармоник к ее межгодовому СКО показало, что почти на всей акватории Юго-Западной Атлантики величина $A_{\text{год}}$ в 8 – 10 раз превышает ее межгодовые вариации (рис. 3, *з*). Это свидетельствует о том, что годовой сигнал ТПО устойчив на межгодовом масштабе и погрешность его среднего значения не превышает 20%.

Анализ фазового поля годовой гармоник ТПО по трем типам данных показал, что на преобладающей части исследуемой акватории океана температурный максимум наступает в марте (рис. 6, *з – е*). В этом месяце обычно наблюдаются максимальные положительные значения внешнего теплового баланса в Южной Атлантике [17]. В море Уэдделла на границе массового скопления ледовых полей наблюдается заметное изменение фазы годового сигнала ТПО. Особенно четко это прослеживается по спутниковым измерениям. Южнее границы льдов максимальные значения ТПО наблюдаются в холодный период Южного полушария. Такая смена фазы объясняется тем, что в период летнего прогрева, когда температура на свободных ото льда участках акватории достигает летнего максимума (2 – 3°C), происходит интенсивное таяние льдов. Это приводит к появлению в море Уэдделла больших масс распресненных и холодных ($T < -1^\circ\text{C}$) вод на акватории, занятой тающими льдами. Зимой же, наоборот, температура в районах ледовых полей близка к температуре льдообразования (-1,5°C), тогда как на свободных ото

льда участках акватории температура понижается до $-2,5^{\circ}\text{C}$ за счет зимнего выхолаживания.

Полугодовые колебания температуры, рассчитанные по трем типам данных, имеют амплитуды в 5 – 6 раз меньше, чем амплитуды годовой гармонической, и на большей части акватории незначимы (рис. 6, *ж – и*). Вместе с тем по всем типам данных выделяются два района с полугодовой периодичностью в сезонной изменчивости поля ТПО – это участок Патагонского шельфа между 45 и 55° ю. ш. и центральная часть пролива Дрейка.

Анализ пространственно-временной изменчивости поля ТПО проводился также по распределениям СКО, рассчитанным по данным спутниковых измерений для сезонного ($\text{СКО}_{\text{сез}}$) и межгодового ($\text{СКО}_{\text{меж}}$) масштабов изменчивости. Максимальная сезонная изменчивость ТПО ($3 - 4^{\circ}\text{C}$), как и в случае гармонического анализа, наблюдается на Патагонском шельфе, в зоне схождения Фолклендского и Бразильского течений, в окрестностях Южного Субтропического и Антарктического Полярного фронтов ($1,5 - 2,5^{\circ}\text{C}$) (рис. 3, *а*). Минимумы сезонной изменчивости ТПО ($0,5 - 1,0^{\circ}\text{C}$) наблюдаются к югу от о. Огненная Земля и в море Уэдделла.

Пространственная протяженность и конфигурация перечисленных областей с экстремальной сезонной изменчивостью согласуются с положением элементов крупномасштабной фронтальной структуры и циркуляции вод и их сезонной изменчивостью. Западнее 40° з.д., между 35 и 45° ю.ш., Южный Субтропический фронт формирует антициклонический меандр, который подвержен существенной сезонной изменчивости. Здесь наблюдается локальный максимум $\text{СКО}_{\text{сез}}$ ($2,4 - 2,6^{\circ}\text{C}$). Наибольшая сезонная изменчивость (до 5°C) отмечается вдоль берегов Южной Америки примерно от 30 до 45° ю.ш., где происходят значительные сезонные смещения теплых вод Бразильского течения на юг и холодных вод Фолклендского течения на север. Мористая граница области максимальных значений $\text{СКО}_{\text{сез}}$ проходит вдоль зоны схождения Бразильского и Фолклендского течений, которая отходит от берега. С юга эта зона ограничена квазистационарным циклоническим меандром, образуемым Субантарктическим фронтом. Область максимальных значений $\text{СКО}_{\text{сез}}$ в зоне Антарктического Полярного фронта вытянута в северо-восточном направлении и так же, как и фронт, между 40 и 50° з.д. поворачивает на север.

Минимальные сезонные вариации температуры ($\text{СКО}_{\text{сез}} < 1,2^{\circ}\text{C}$) отмечаются в северной части пролива Дрейка, что совпадает с областью минимальных амплитуд годового сигнала, полученного с помощью гармонического анализа. Минимальная сезонная изменчивость в этом районе обусловлена постоянной адвекцией субантарктических вод из Тихого океана, которая сглаживает сезонные контрасты ТПО в Атлантическом секторе. Минимальные значения $\text{СКО}_{\text{сез}}$ ($< 1^{\circ}\text{C}$) наблюдаются также в море Уэдделла на 65° ю.ш. в районах плотного скопления ледяных полей. Здесь, даже в периоды интенсивного таяния льдов, в летний сезон Южного полушария температура воды не поднимается выше -1°C [10].

Области с экстремальной межгодовой и сезонной изменчивостью не всегда совпадают (рис. 3, *б*). Увеличение значений $\text{СКО}_{\text{меж}}$ отмечается в зоне Южного Субтропического фронта между 35 и 50° ю.ш., где наблюдается уве-

личение сезонной изменчивости. Вместе с тем максимум $СКО_{\text{меж}}$ в зоне схождения Бразильского и Фолклендского течений располагается несколько мористее, над свалом глубин, тогда как максимальные значения $СКО_{\text{сез}}$ отмечаются около побережья, на мелководье. Высокие значения $СКО_{\text{меж}}$ наблюдаются в зоне Субантарктического фронта и в районе его слияния с Антарктическим Полярным фронтом между 45 и 50° ю.ш. В проливе Дрейка и западной части моря Скотия также наблюдается область высоких значений $СКО_{\text{меж}}$, ориентированная вдоль Антарктического Полярного фронта.

Отмечается хорошо выраженный минимум значения $СКО_{\text{меж}}$ в районе Фолклендских о-вов. Этот минимум смещен на север почти на 500 км относительно области минимальных значений $СКО_{\text{сез}}$ в проливе Дрейка. Минимум $СКО_{\text{меж}}$ наблюдается также между Южным Субтропическим и Субантарктическим фронтами ($40 - 45^\circ$ ю.ш.) и к северу от Антарктического п-ова. Таким образом, высокий уровень межгодовой изменчивости наблюдается главным образом в зонах климатических фронтов, связанных с интенсивными струйными течениями. В этих районах отмечается меандрирование течений и образование вихрей, количество которых может существенно меняться от года к году. Кроме того, продолжительность жизни вихрей может колебаться в широких пределах от одного до нескольких месяцев [1, 2, 11]. Эти факторы существенно влияют на среднемесячную температуру каждого года и ее межгодовую изменчивость.

Выводы. Исследование сезонной изменчивости поля температуры поверхности океана в Юго-Западной Атлантике по двум гидрологическим массивам и массиву спутниковых измерений ТПО показало хорошее соответствие результатов, полученных по трем типам данных. Положения областей экстремальной сезонной и межгодовой изменчивости по разным типам данных качественно согласуются. Связь сезонных циклов поля температуры поверхности океана по разным типам данных оценивается коэффициентами корреляции не менее $0,7 - 0,9$. При этом связь между результатами, полученными по спутниковым наблюдениям и данным гидрологической базы WOD-98 [20] выше, чем по спутниковым измерениям и массиву из [19].

Анализ внутригодовой изменчивости ТПО показал, что, как правило, максимальная сезонная и межгодовая изменчивость ТПО наблюдается в зонах крупномасштабных фронтов: Южного Субтропического, Субантарктического и Антарктического Полярного. Высокий уровень изменчивости отмечается в зоне схождения Бразильского и Фолклендского течений. Минимальная сезонная и межгодовая изменчивость ТПО наблюдается в районе Фолклендских о-вов, в северной части пролива Дрейка и в море Уэдделла. Полугодовые колебания ТПО, кроме участков на Патагонском шельфе между 45 и 55° ю. ш. и в центральной части пролива Дрейка, на большей части акватории Юго-Западной Атлантики незначимы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саруханян Э.И., Смирнов Н.П. Водные массы и циркуляция Южного океана. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — 288 с.

2. *Peterson R.G., Stramma L.* Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean // *Progr. Oceanogr.* — 1991. — № 26. — P. 1 – 73.
3. *Peterson R.G., Whitworth T.* The Subantarctic and Polar Fronts in relation to deep water masses through the Southwestern Atlantic // *J. Geophys. Res.* — 1989. — 94, № C8. — P. 10.817 – 10.839.
4. *Артамонов Ю.В., Булгаков Н.П., Ломакин П.Д.* Циркуляция вод деятельного слоя Южной Атлантики. — Севастополь, 2001. — 86 с. — (Препринт НАН Украины. МГИ).
5. *Артамонов Ю.В., Булгаков Н.П., Ломакин П.Д.* Фронты Атлантического сектора Южного океана (обзор литературы). — Севастополь, 1999. — 68 с. — (Препринт НАН Украины. МГИ).
6. *Гурецкий В.В.* Поверхностные термические фронты в атлантическом секторе Южного океана // *Метеорология и гидрология.* — 1987. — № 8. — С. 81 – 89.
7. *Булгаков Н.П., Воскресенская Л.А., Скрипалева Е.А. и др.* Пространственная структура южной полярной фронтальной зоны Атлантики // *Морской гидрофизический журнал.* — 1999. — № 1. — С. 58 – 70.
8. *Артамонов Ю.В., Скрипалева Е.А.* Крупномасштабные фронты Юго-Западной Атлантики в поле горизонтальных градиентов температуры и солёности // *Системы контроля окружающей среды.* — Севастополь: МГИ НАН Украины, 2002. — С. 364 – 370.
9. *Артамонов Ю.В., Скрипалева Е.А.* Сезонная изменчивость полей температуры и солёности в юго-западной части Атлантического океана // Там же. - Севастополь: МГИ НАН Украины, 2003. — С. 102 – 107.
10. *Булгаков Н.П., Артамонов Ю.В., Ломакин П.Д. и др.* Циркуляция, температура, солёность, ледовые условия юго-западной части Атлантического океана и прилегающих акваторий Антарктики // *Атлас.* — Севастополь: МГИ НАН Украины, 2003. — 91 с.
11. *Fu L.L., Chelton D.V.* Temporal variability of the Antarctic Circumpolar Current observed from satellite altimetry // *Science.* — 1984. — 226. — P. 343 – 346.
12. *Гинзбург А.И., Костяной А.Г., Франкиньюль М. и др.* Исследование фронтов южной части Индийского океана с помощью спутниковых температурных данных // *Исследование Земли из космоса.* — 2002. — № 5. — С. 39 – 49.
13. *Костяной А.Г., Гинзбург А.И., Лебедев С.А. и др.* Фронты и мезомасштабная изменчивость в южной части Индийского океана по альтиметрическим данным *TOPEX/POSEIDON* и *ERS-2* // *Океанология.* — 2003. — 43, № 5. — С. 671 – 682.
14. *Артамонов Ю.В., Булгаков Н.П., Ломакин П.Д. и др.* Сезонная изменчивость термических фронтов в юго-западной части Атлантики по данным спутниковых наблюдений // *Доп. НАН України.* — 2004. — № 7. — С. 97 – 102.
15. *Артамонов Ю.В., Скрипалева Е.А.* Сезонная и межгодовая изменчивость температуры поверхности океана по спутниковым данным // *Системы контроля окружающей среды.* — Севастополь: МГИ НАН Украины, 2004. — С. 202 – 204.
16. *Артамонов Ю.В., Полонский А.Б.* Сезонная изменчивость гидрофизических характеристик Тропической Атлантики. Ч. 1. Материалы, методы обработки, уровень шумов, метеосостояния // *Исследования Тропической Атлантики.* — Севастополь: МГИ АН УССР, 1989. — С. 7 – 33.
17. *Артамонов Ю.В., Воскресенская Е.Н., Джиганшин Г.Ф. и др.* Низкочастотная изменчивость гидрометеорологических и гидрофизических характеристик Тропической и Субтропической Атлантики в связи с глобальными вариациями типа Эль-Ниньо – Южная Осцилляция / Под ред. А.Б. Полонского, А.А. Сизова // *Депон. рукопись № 4560, В-91.* — М.: ВИНТИ, 1991. — 247 с.
18. *Джиганшин Г.Ф., Полонский А.Б.* Межгодовая изменчивость термохалинных полей Тропической Атлантики // *Океанология.* — 1993. — 33, № 1. — С. 32 – 37.
19. *Levitus S., Boyer T.P.* World Ocean Atlas // *U.S. CD-ROM Data Sets. National Oceanographic Data Center, Ocean Climate Laboratory.* — Washington, DC, 1994.

20. Boyer T.P., Conkright M.E., Levitus S. et al. World Ocean Database-1998. V. 5: Temporal Distribution of Ocean Station (OSD) Temperature Profiles. — National Oceanographic Data Center/NOAA, 1998. — 108 p.
21. Cressman G.P. An operational objective analysis scheme // Mon. Wea. Rev. — 1959. — 87. — P. 367 – 374.

Морской гидрофизический институт НАН Украины,
Севастополь

Материал поступил
в редакцию 29.03.05
После доработки 18.04.05

ABSTRACT Seasonal and inter-annual variability of the sea surface temperature (SST) is investigated for the southwest Atlantic using three data sets: climatic hydrological array Levitus — Boyer-1994, World Ocean data set WOD-98 and SST satellite observations. Comparative analysis of the amplitude-phase characteristics of SST seasonal cycle is carried out and the peculiarities of its seasonal and inter-annual variability are defined. Good agreement between the results obtained using various data sets is shown. The values of the linear correlation coefficient are equal to 0.7 — 0.9. It is revealed that maximum of SST seasonal variations is observed in the confluence zone of the Brazil and the Falkland currents and in the zone of the South Subtropical and the Antarctic Polar fronts. Minimum of SST seasonal variability is typical of the Antarctic area and the Weddell Sea. The satellite data set permits to reveal that high level of the inter-annual variability is observed in the zones of climatic fronts.