

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА

E.A. Скрипальева

Морской гидрофизический институт
НАН Украины

г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: ocean@mhi2.sebastopol.ua

На основе двух массивов данных: спутниковых измерений температуры поверхности океана (ТПО) из архива AVHRR Ocean Pathfinder Data JPL NOAA/NASA и массива British Atmospheric Data Center HadISST анализируется сезонная изменчивость поля ТПО Индийского океана. Показано, что существует хорошее количественное соответствие между амплитудно-фазовыми характеристиками поля ТПО, рассчитанными по разным массивам данных. Уточнено положение областей максимальной сезонной изменчивости ТПО.

Введение. Несмотря на то, что исследованию структуры вод Индийского океана посвящено большое количество работ, существующие обзоры основываются, главным образом, на относительно устаревших климатических массивах гидрологических данных или материалах конкретных экспедиций [1–9]. Кроме того, большинство исследований носит региональный характер [2–9], в связи с чем составление общей картины о структуре и изменчивости вод Индийского океана усложнено. В современных атласах гидрологических характеристик, построенных по данным контактных измерений, физический анализ распределений практически отсутствует [10–15].

Недостатком контактных измерений является также их малое количество или практически полное отсутствие в зимний период в полярных широтах, поэтому климатические распределения гидрологических характеристик в этих районах малодостоверны.

Существенным шагом вперед в исследовании изменчивости гидрологических полей стало использование спутниковых данных, которые имеют хорошее пространственно-временное разрешение. Это направление в настоящее время интенсивно развивается. В частности, для Индийского океана появились работы, в которых на базе спутниковых данных уточняется мезомас-

штабная изменчивость характеристик фронтов [16, 17].

Цель данной работы – уточнить климатическую сезонную изменчивость поля температуры поверхности Индийского океана по данным двух современных климатических массивов, основу которых составляют спутниковые измерения.

Материалы и методика. В работе использованы массив спутниковых измерений ТПО со среднемесячным осреднением в узлах сетки 54×54 км за период с 1985 по 2002 гг. (архив AVHRR Ocean Pathfinder Data JPL NOAA/NASA) и массив British Atmospheric Data Center HadISST (BADC), содержащий среднемесячные данные ТПО в узлах одноградусной сетки за период с 1975 по 2003 гг. [18].

Для исследования сезонной изменчивости поля ТПО в каждом узле регулярной сетки по двум массивам рассчитывались среднемесячные климатические значения температуры, затем вычислялись амплитудно-фазовые характеристики поля ТПО.

Для оценки значимости годовой и полугодовой гармоник поля соответствующих амплитуд были нормированы на стандартное отклонение остаточного ряда (ряд среднемесячных значений параметра за вычетом обоих периодических составляющих). Районы, где уровень полезного сигнала не превышал в два раза уровень шума, из интерпретации исключены. На картах распределения годовой и полугодовой амплитуд эти участки акватории заштрихованы (рисунок 1).

Анализ результатов. Сравнение распределений амплитуд годовой $A_{\text{год}}$ и полугодовой $A_{\text{полгод}}$ гармоник ТПО по спутниковым данным и данным BADC показало тесную линейную связь (рисунок 2) и высокие коэффициенты корреляции R . Значение R с 95%-ным уровнем статистической значимости между полями $A_{\text{год}}$ по двум разным массивам составляет 0.95, для $A_{\text{полгод}}$ – 0.94.

Установлено, что амплитуда годовой гармоники ТПО по обоим массивам на порядок превышает стандартное отклонение остаточного ряда, что свидетельствует о ее значимости на всей акватории Индийского океана (рисунок 1 а, б).

Полугодовая гармоника ТПО достоверна не везде. Конфигурация областей, где она значима, по двум массивам практически совпадает (рисунок 1 в, г).

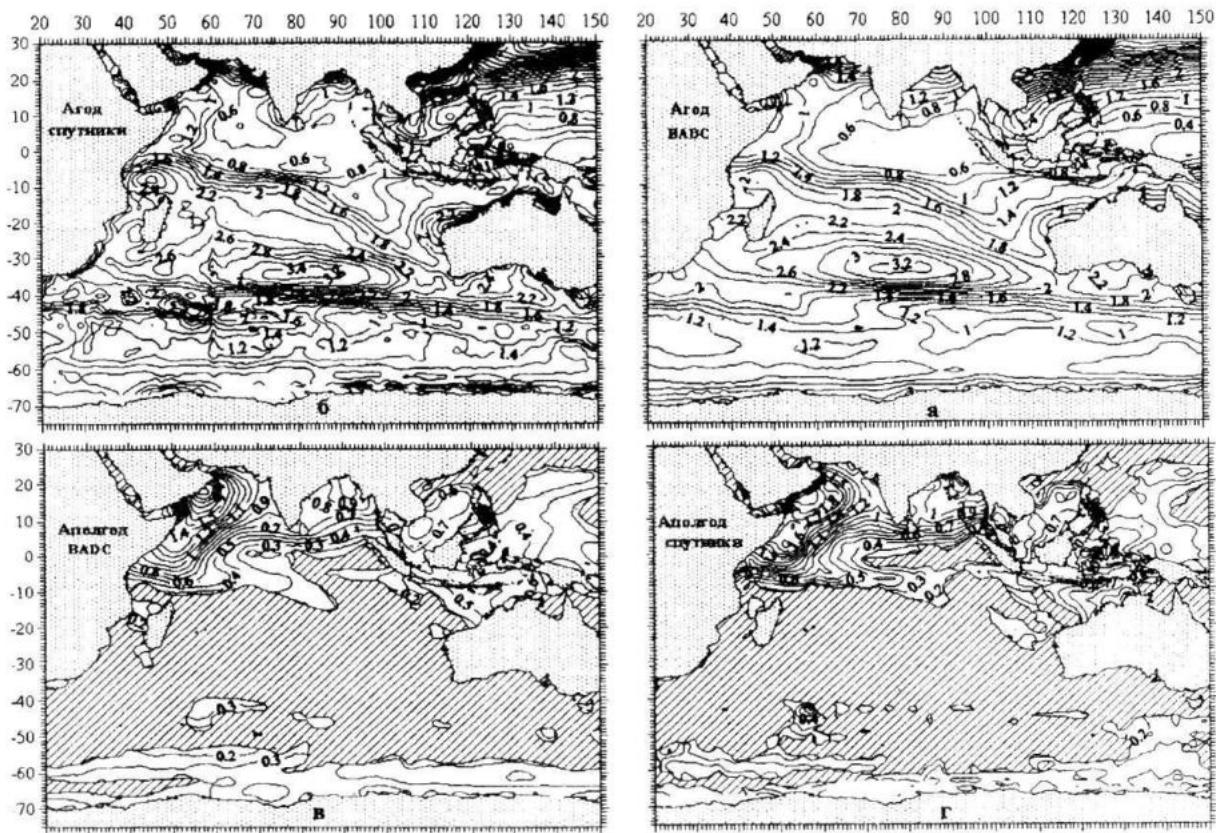


Рисунок 1 – Пространственное распределение амплитуд годовой (а, б) и полугодовой (в, г) гармоник поля ТПО ($^{\circ}\text{C}$) по данным массива BADC (а, в) и спутниковым измерениям (б, г)

Это Бенгальский и Аденский заливы, Аравийское, Андаманское и Тиморское моря, северная часть Сомалийской котловины, а также приантарктическая область океана.

Разность между величинами $A_{\text{год}}$ по спутниковым данным ($A_{\text{год спут}}$) и по массиву *BADC* ($A_{\text{год BADC}}$) на большей части акватории не превышает по абсолютной величине 0.2°C (рисунок 3). Наибольшие различия между $A_{\text{год спут}}$ и $A_{\text{год BADC}}$ ($\sim 0.4\text{--}0.6^{\circ}\text{C}$) отмечаются в зонах их резких горизонтальных градиентов: на севере Аравийского моря и Бенгальского залива, в западной части Южной субэкваториальной дивергенции, к югу от острова Ява, у северо-западного берега Австралии, в зоне Антарктического циркумполярного течения и вдоль побережья Антарктиды. Такие различия в величинах амплитуд связаны, вероятнее всего, с существенной пространственной изменчивостью ТПО на относительно небольших площадях в зонах интенсивных течений и фронтов. Поэтому особенности процедуры интерполяции первичных данных в узлы регулярной сетки в разных массивах могут

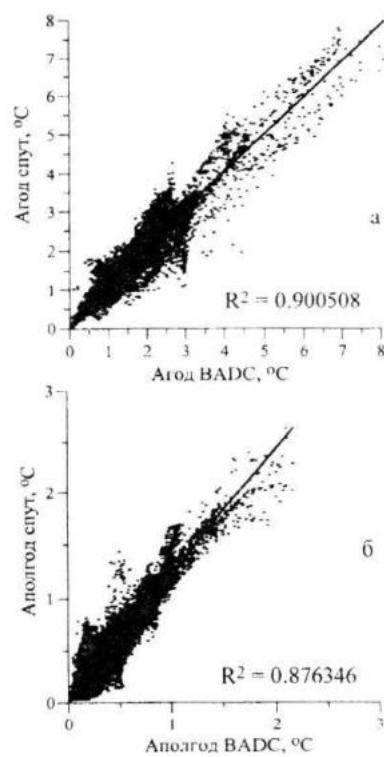


Рисунок 2 – Графики линейной связи между амплитудами годовой (а) и полугодовой (б) гармоник поля ТПО по двум типам данных

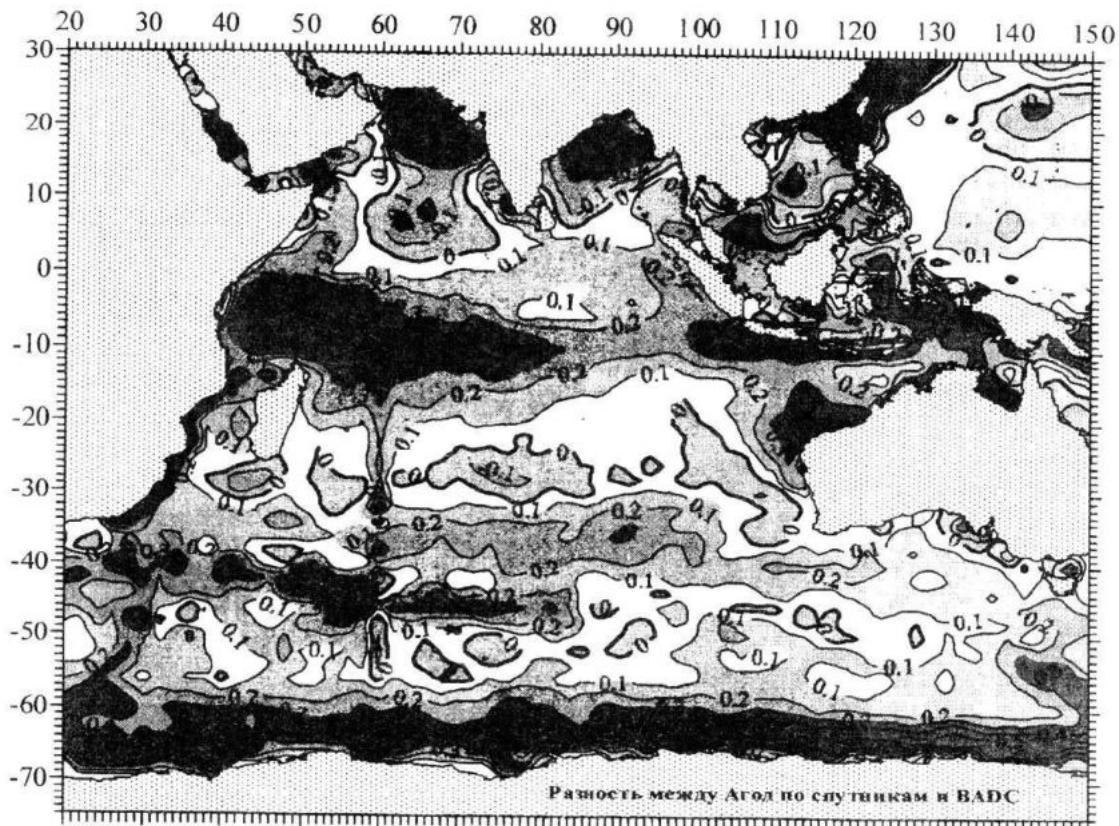


Рисунок 3 – Разность величин амплитуд годовой гармоники поля ТПО ($^{\circ}$ С) по спутниковым данным и данным массива BADC

сказываться на величине климатической нормы, и, как следствие, на величинах амплитудно-фазовых характеристиках ТПО.

Анализ пространственного распределения отношения величины амплитуды годовой гармоники ТПО к разности амплитуд по двум массивам показал, что почти на всей акватории величина $A_{\text{год}}$ по каждому из массивов на один-два порядка выше. Исключением является прибрежная область Антарктики южнее 60° ю.ш., где это отношение составляет 2–3, а в морях Дюрвиля, Содружества, Космонавтов оно близко к единице.

Анализ сезонной изменчивости ТПО выполненный по двум массивам показал, что максимум годовых колебаний ТПО наблюдается к северу от экватора в районах муссонной циркуляции (рисунок 1 а, б). Это Персидский залив (до 7.0° С), Красное море (до 3.5° С), Аденский залив и северная часть Бенгальского залива (до 2.5° С). В Южном полушарии высокие значения $A_{\text{год}}$ прослеживаются на южной периферии Южного субтропического антициклонического круговорота (3.0 – 3.5° С) и в Большом Австралийском заливе (2.5 – 3.0° С).

Распределение фазы $A_{\text{год}}$ показало, что в полярных и умеренных широтах максимум ТПО наступает в феврале-марте. В тропической зоне он смещается на апрель-май. В Аденском заливе и на севере Аравийского моря максимум ТПО наступает в июне. В Персидском заливе и в Красном море максимальные значения ТПО отмечаются в августе-сентябре.

Амплитуда полугодовой гармоники в 5–6 раз меньше годовой, при этом на большей части акватории Южного полушария она не значима (рисунок 1 в, г). На большей части акватории Северного полушария она определяется достоверно. Максимальные величины $A_{\text{полгод}}$ отмечаются в Аденском заливе и Аравийском море (до 2.5° С), в Бенгальском заливе, Андаманском море и в северной части Сомалийской котловины (до 1.5° С). В Тиморском море и в приантарктической области океана $A_{\text{полгод}}$ не превышает 0.5 – 0.7° С.

Выводы. Сопоставление распределений амплитуд годовой и полугодовой гармоник поля ТПО, полученных по двум массивам данных, показало их хорошее соответствие, как на качественном, так и на количествен-

ном уровне. Максимальные значения амплитуды годовой гармоники наблюдаются в Красном море, Персидском, Аденском и Большом Австралийском заливах, в северной части Бенгальского залива, на южной периферии Южного субтропического антициклонического круговорота. Максимальные величины амплитуды полугодовой гармоники отмечаются в Аденском и Бенгальском заливах, Аравийском и Андаманском морях, а также в северной части Сомалийской котловины.

В полярных и умеренных широтах температурный максимум наступает в феврале-марте. В тропической зоне время наступления максимума ТПО смешается на апрель-май и далее к северу – на июнь-сентябрь.

Л и т е р а т у р а

1. В.Ф. Канаев, В.Г. Нейман, Н.В. Парин. Индийский океан. Природа и ресурсы Мирового океана. М.: Мысль, 1975. – 284 с.
2. Атлас термодинамических характеристик тропической зоны Индийского океана (под ред. В.В. Покудова). – Л.: Гидрометеоиздат. – 1985. – 107 с.
3. S.S. Jacobs, D.T. Georgy. Observations on the southwest Indian/Antarctic Ocean // In: A Voyage of Discovery, Pergamon Press. – 1977. – Р. 43–84.
4. Ю.В. Артамонов, В.А. Плотников. Вертикальная циркуляция вод в субэкваториальных районах Индийского океана // Экологические системы в активных динамических зонах Индийского океана / Под ред. Петрина Т.С. – Киев: Наукова думка, 1986. – 200 с.
5. Yu.V. Artamonov. The circulation and structure of water masses of the Arabian Sea based on synoptic surveys // The mesoscale structure of the epipelagic ecosystem of the open northern Arabian Sea /ed. Banse K., Piontkovski S.A. Hyderabad. Universities Press (India) Ltd., 2006. – Р. 12–46.
6. M. Fieux, C. Levvy. Seasonal observations in the Western Indian Ocean // Hydrodyn. Equatorial Ocean., Proc. 14, Int. Liege Colloq. Ocean Hydrodyn., 1983. – Amsterdam e.a. – 1983. – Р. 17–29.
7. G. Reverdin. The upper equatorial Indian Ocean: the climatological seasonal cycle // Phys. Oceanogr. – 1987. – № 7. – Р. 903–927. – Bibl.: 56.
8. S.R. Shetye. A model study of the seasonal cycle of the Arabian Sea surface temperature // J. Mar. Res. – 1986. – № 44. – № 3 – Р. 521–542.
9. Y.H. Park, L. Camberoni, E. Charriaud. Frontal structure, water masses and circulation in the Crozet Basin // J. Geophys. Res. – 1993. – № 98. – Р. 12.361–12.385.
10. Ю.А. Иванов, К.В. Лебедев. Интегральные среднемесячные характеристики климата океана // Известия РАН, ФАО. – 2000. – № 36. – С. 266–274.
11. T.P. Boyer, M.E. Conkright, S. Levitus, D. Johnson, J. Antonov, T. O'Brien, C. Stephens, R. Gelfeld. World Ocean Database 1998, Volume 5: Temporal Distribution of Ocean Station (OSD) Temperature Profiles // National Oceanographic Data Center/NOAA. – 1998. – 108 p.
12. D. Olbers, V. Gouretski, G. Seib, J. Schroter. Hydrographic Atlas of the Southern Ocean, 82 plat., – 1992. – Institute Bremerhaven.
13. S. Levitus, P.T. Boyer. World Ocean Atlas 1994, Volume 4: Temperature, National Oceanographic Data Center, Ocean Climate Laboratory, Washington. – 1994. – 120 pp.
14. WOCE-Observations 1990–1998; a summary of the WOCE global data resource. CD-ROM Data Sets. – WOCE Report. – № 179/02. – Southampton. – UK.
15. R.A. Locarnini, A.V. Mishonov, J.I. Antonov, T.P. Boyer, H. E. Garcia. World Ocean Atlas 2005, Volume 1: Temperature / ed. S. Levitus, NOAA Atlas NESDIS 61, U.S. Government Printing Office, Washington. – 2006. – 182 pp.
16. А.И. Гинзбург, А.Г. Костяной, М. Франкиньоль, Б. Делиль. Исследование фронтов южной части Индийского океана с помощью спутниковых температурных данных // Исследование Земли из космоса. – 2002. – № 5. – С. 39–49.
17. А.Г. Костяной, А.И. Гинзбург, С.А. Лебедев, М. Франкиньоль, Б. Делиль. Фронты и мезомасштабная изменчивость в южной части Индийского океана по альтиметрическим данным TOPEX/POSEIDON и ERS-2 // Океанология. – 2003. – № 43. – С. 671–682.
18. CD-ROM Dataset. – British Atmospheric Data Center (BADC) HadISST. – 2003.