

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ОКЕАНА НА РАЗЛИЧНЫХ ВРЕМЕННЫХ МАСШТАБАХ

К.Е. Кириченко

SEA SURFACE TEMPERATURE VARIABILITY ON DIFFERENT TIME SCALES

К.Е. Kirichenko

Рассматривается и анализируется изменчивость температуры поверхности океана (ТПО) на межгодовых и на десятилетних временных масштабах. Используются временные ряды средних месячных данных ICOADS (International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set) за временной интервал 1854–2014 гг. Обнаружено, что изменчивость ТПО характеризуется значительной пространственной неоднородностью и зависит от рассматриваемого периода времени. Выявлены области в Атлантическом и Тихом океанах, в которых наблюдается максимальное проявление квази-шестидесятилетнего колебания, амплитуда которого достигает 1.8 °С. К наблюдаемой значительной межгодовой изменчивости ТПО относится явление Эль-Ниньо – Южное Колебание, наиболее ярко выраженное в восточной тропической части Тихого океана. Обсуждается вклад изменений ветрового напряжения и вертикального перемешивания в океане, в наблюдаемые вариации ТПО.

The variability of sea surface temperature (SST) in the interannual and decadal time scales is reviewed and analyzed. Time series of monthly mean data ICOADS (International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set) for the period 1854–2014 are used. It is found that the variability of SST is characterized by considerable spatial heterogeneity and depends on the period in question. We have distinguished areas in the Atlantic and Pacific oceans, the manifestation of quasi-sixty oscillations is maximal in these areas and their amplitude reaches 1.8 °C. It is shown a significant interannual SST variability is the El Niño – Southern Oscillation (ENSO), ENSO has its largest expression in the eastern tropical Pacific. We also discuss the contribution of changes in wind stress and vertical mixing in the ocean to the observed variations of SST.

Введение

В изменениях климата важную роль играют процессы взаимодействия океана и атмосферы. Океан оказывает тепловое воздействие на атмосферу в основном благодаря значительной термической инерционности и преобладанию положительной разности температур вода–воздух. Обратное воздействие атмосферы на океан проявляется главным образом через влияние ветра на циркуляцию вод, путем ослабления или усиления поверхностных течений, и через изменения в облачности, модулирующие радиационный баланс на поверхности океана [Дроздов, 1989].

Внешним проявлением теплообмена между Мировым океаном и атмосферой является температура поверхности океана и ее изменение с глубиной. Формирование температуры поверхности океана представляет собой сложный процесс, поскольку оно тесно связано с суточными и сезонными изменениями суммарной солнечной радиации, зависящей от географической широты. Кроме этого на ТПО влияет теплообмен с нижележащими слоями океана, турбулентное перемешивание, затраты тепла на испарение и ветровое напряжение.

Ветровое напряжение оказывает влияние на поток тепла в океан на разных пространственно-временных масштабах. Ветровое напряжение усиливает вертикальное перемешивание в океане и влияет как на межгодовую, так и на десятилетнюю изменчивость [Gill, 1982].

Таким образом, исследование пространственной структуры изменчивости ТПО представляет собой научный интерес для выявления регионов Мирового океана, в которых доминируют определенные временные колебания температуры.

Целью данного исследования является определение областей Мирового океана, в которых отмечается максимальная изменчивость ТПО за рассматриваемый

период (1854–2014 гг.). Для выявления данных областей были построены и проанализированы карты среднеквадратичных отклонений значений ТПО (рис. 1, 3).

Результаты и обсуждение

Пространственная структура распределения среднеквадратических отклонения для среднегодовых значений ТПО представлена на рис. 1. Области максимальных значений отклонений (свыше 0.5) для Тихого океана наблюдаются в узкой полосе, которая простирается от центральной части Тихого океана к берегам Южной Америки с увеличением к востоку, и в полосе отклонений с центром около 40° N, охватывающей район океана от побережья Азии до западного побережья Северной Америки. Для Атлантического океана максимальные отклонения ТПО сосредоточены в областях субполярного круговорота и течения Гольфстрим, также в районе Гвинейского течения. Наибольшие отклонения ТПО в Южном полушарии отмечаются в районе 30–60° S; 60° W – 60° E

Область приэкваториальной восточной части Тихого океана характеризуется аномальными изменениями температуры, от периодов положительных значений к отрицательным. В литературе изменения в данном регионе Тихого океана связаны с явлением Эль-Ниньо – Южное Колебание [Wolter, 2011]. На рис. 2 представлен временной ход изменений температуры поверхности океана для района образования Эль-Ниньо/Ла-Нинья. Видно, что данная область имеет значительные межгодовые вариации температуры, которые согласуются со среднеквадратичными отклонениями, представленными на рис. 1.

В работе [Giese, 1999] исследовалась межгодовая и десятилетняя изменчивость ТПО в тропической и среднеширотной частях Тихого океана. Было показано, что межгодовая изменчивость температуры

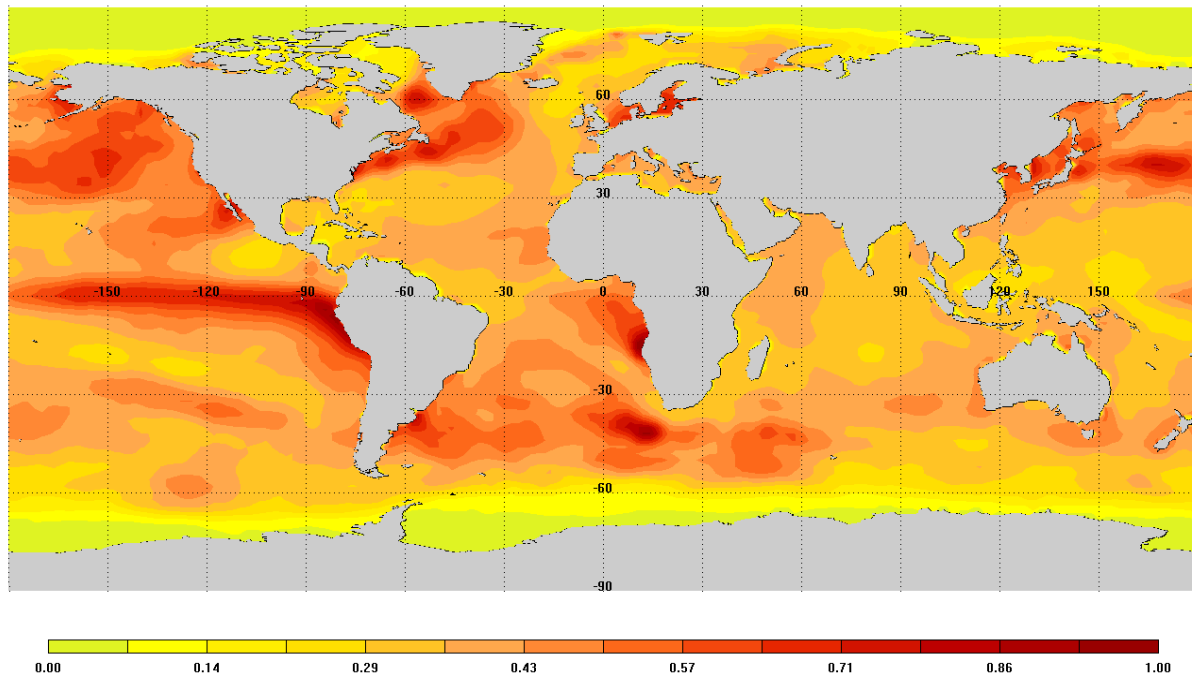


Рис. 1. Среднеквадратичное отклонение среднегодовых значений ТПО за период 1854–2014 гг.

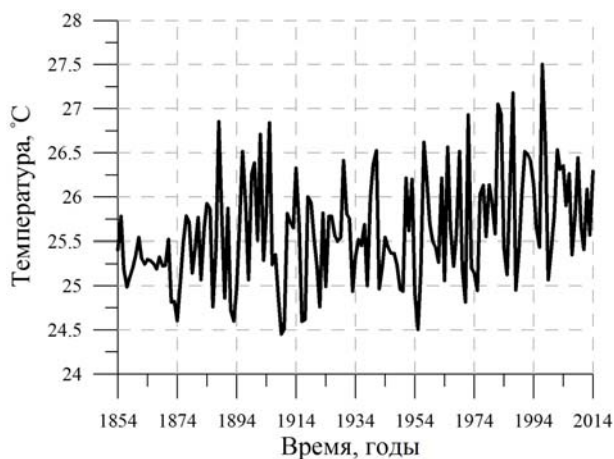


Рис. 2. Среднегодовые значения ТПО в области Тихого океана (5° N – 5° S; 90–150° W).

наиболее ярко выражена в тропической части Тихого океана, а десятилетия в среднеширотной. Так межгодовая изменчивость, в которой доминирует событие Эль-Ниньо/Ла-Нинья, является результатом взаимодействия в системе океан-атмосфера через изменение циркуляции, а именно через смену направления ветра. Во время Эль-Ниньо повышение ТПО с соответствующими изменениями конвективных процессов (зональной циркуляции Уокера и меридиональной циркуляции Хедли, смещением внутритропической конвергенции) приводит к значительным аномалиям температуры во многих регионах Тихого океана [Мохов, 2012].

При рассмотрении пространственной структуры вариации ТПО для низкочастотной составляющей (рис. 3) было установлено, что в областях, в которых наблюдаются сильные межгодовые изменения ТПО, также отмечаются колебания на десятилетних временных масштабах. При увеличении периода сгла-

живания от 5 до 11 лет не только значения среднеквадратичного отклонения уменьшаются, но и размеры данных областей сокращаются, при этом в приэкваториальной восточной части Тихого океана среднеквадратичные отклонения становятся минимальными.

Временной ход изменений ТПО для областей, в которых присутствуют вариации как на межгодовых, так и на десятилетних временных масштабах, представлен на рис. 4. В изменениях ТПО для районов Атлантического и Тихого океана прослеживается квазидесятилетние колебание наряду с вариациями меньших периодов. Наиболее ярко данное колебание выражено для области Тихого океана, где его амплитуда достигает 1.8 °С. В Атлантическом океане наблюдается фаза понижения, начавшаяся после 2006 г., которая не отмечается для Тихого океана. В работе [Schlesinger, 1994] было показано, что колебания порядка 65–70 лет в глобальной средней температуре происходят исключительно в Северном полушарии, а во внетропической части Северного Атлантического океана отмечается колебание порядка 76 лет. К возможному источнику данных колебаний авторы работы [Schlesinger, 1994] относят внутреннее колебание в системе океан-атмосфера.

Отличительной особенностью данного колебания является то, что в нем не наблюдается тренд на возрастание или понижение, т. е. фаза спада возвращается к тем же значениям температуры, с которых начинается фаза роста. Таким образом, можно сделать предположение, что начавшаяся фаза спада квазидесятилетнего колебания в районе Северной Атлантики после 2006 г. может являться индикатором понижения температуры для всего Северного полушария. Авторы работы [Семенов, 2014] также указывают на значимую роль данного колебания на климат Северного полушария.

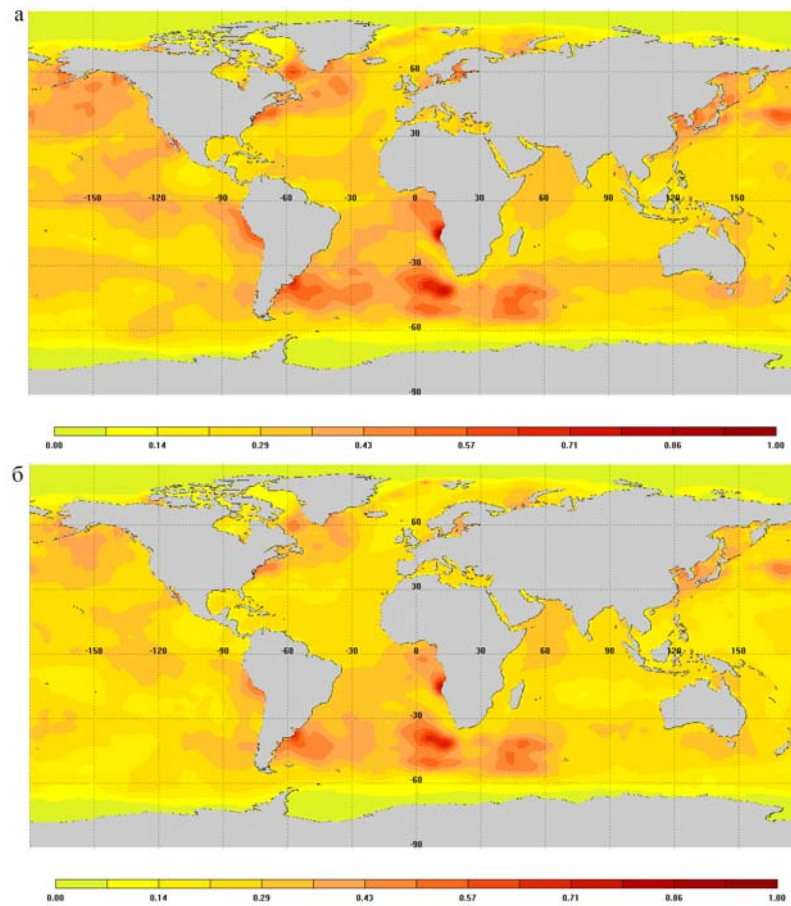


Рис. 3. Среднеквадратичное отклонение среднегодовых значений ТПО сглаженных по 5 годам (а) и по 11 годам (б).

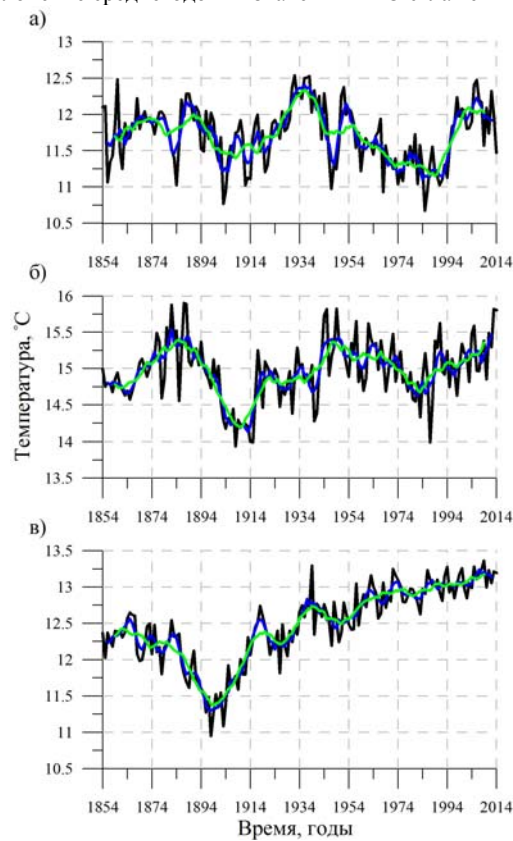


Рис. 4. Временной ход изменений ТПО для: а – Северной Атлантики (40–60° N; 30–50° W); б – Тихого океана (30–50° N; 140–170° W), в) Южной Атлантики (30–50° S; 0–15° E). Среднегодовые значения ТПО (черная линия), сглаженные по 5 годам (синяя линия) и сглаженные по 11 годам (зеленая линия).

Сравнивая между собой рис. 3 и 4 можно увидеть, что область в южной части Атлантического океана, наиболее изменчивая. Но при детальном анализе с помощью приведенных на рис. 4, в сглаженных значений ТПО видно, что в изменениях температуры поверхности океана до 1898 г. наблюдается понижение, а после отмечается долговременный тренд возрастания вместе с квазипериодическими флюктуациями. Таким образом, при расчете среднеквадратического отклонения за период с 1854 по 2014 гг., был превышен разброс значений температуры относительно среднего, приведший к тому, что на рис. 3 наблюдается максимальное отклонение на данных широтах. Все это предмет, который требует дальнейшего изучения.

Заключение

За рассмотренный период времени с 1854 по 2014 гг. выявлена пространственная неоднородность изменений ТПО. Показаны области максимальной изменчивости температуры как на межгодовых, так и на десятилетних масштабах. Выявлены регионы, в которых отмечается квази-шестидесятилетнее колебание, особое внимание уделяется данному колебанию во внетропической части Северной Атлантики. Есть основания полагать, что в настоящее время потепление для Северного полушария прекратилось и можно ожидать понижения температуры.

Работа выполнена в рамках гранта № НШ-2942.2014.5 Президента РФ государственной поддержки ведущих научных школ РФ.

Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В. и др. Климатология. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 568 с.

Мохов И.И., Смирнов Д. А., Наконечный П.И. и др. Взаимосвязь явлений Эль-Ниньо/Южное Колебание и Индийского муссона // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2012. Т. 48, № 1. С. 56–66.

Семенов В.А., Шелехова Е.А., Мохов И.И. и др. Роль Атлантического долгопериодного колебания в формировании сезонных аномалий температуры воздуха в Северном полушарии по модельным расчетам // Оптика атмосферы и океана. 2014. Т. 27, № 3. С. 215–223.

Gill A.E. Atmosphere-ocean dynamics. San Diego, Academic press, 1982. P. 662.

Wolter K., Timlin M.S El Niño/Southern Oscillation behaviour since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index (MEI.ext) // Int. J. Climatol. 2011. V. 31, iss. 7. P. 1074–1087.

Giese B.S., Carton J.A. Interannual and Decadal Variability in the Tropical and Midlatitude Pacific Ocean // J. Climate. 1999. V. 12, iss. 12. P. 3402–3418.

Schlesinger M.E., Ramankutty N. An oscillation in the global climate system of period 65–70 years // Nature (Gr. Brit.) 1994. V. 367, iss. 6465. P. 723–726.

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия