

УДК 551.58, 551.590.21

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ОКЕАНА В ПЕРИОД ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

К.Е. Кириченко, С.И. Молодых, В.А. Коваленко

FEATURES OF SPATIAL AND TEMPORAL CHANGES OF SURFACE TEMPERATURE OCEAN DURING THE PERIOD OF GLOBAL WARMING

K.E. Kirichenko, S.I. Molodykh, V.A. Kovalenko

Представлены результаты анализа пространственно-временных изменений среднегодовых значений температуры поверхности мирового океана (ТПО) в XX в. по данным ICOADS (International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set) и NCEP/NCAR. Рассмотрены особенности пространственно-временных изменений ТПО в области 60° N–60° S.

Получено, что в исследуемом интервале в изменениях ТПО выделяются два периода потепления – 1910–1940 и 1976–1998 гг., также показана существенная пространственная неоднородность изменений ТПО.

The paper is devoted to analysis of ICOADS (International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set) and NCEP/NCAR data of the surface ocean temperature (SST) in the XX century. The features of spatial and temporal changes in SST region of 60°N–60°S are examined.

It is found that two periods of warming (1910–1940 and 1976–1998) can be pick out from the analyzed period in the variations in SST, also the spatial inhomogeneity of the of SST variations is shown.

Введение

Две трети поверхности Земли покрыто Мировым океаном. Благодаря своей высокой теплоемкости океан является гигантским резервуаром энергии. Ежегодно он поглощает почти в два раза больше солнечной энергии (в среднем 90 ккал/см² в год), чем суша (50 ккал/см² в год), что определяет огромную роль океана в планетарном теплообмене [Переведенцев, 2004]. Одним из главных процессов, управляющих формированием климата на Земле, является меридиональный обмен теплом в океане и атмосфере, осуществляемый посредством циркуляции [Лаппо и др., 1990].

Изучение пространственно-временных изменений температуры поверхности океана (ТПО) представляет значительный интерес в связи с тем, что Мировой океан играет важную роль в климатической системе Земли и процессы, происходящие в нем, в конечном счете отражаются на всей климатической системе.

Долговременные изменения температуры поверхности океана

В данной работе анализ ТПО был ограничен областью широт 60° N–60° S, так как в Южном полушарии выше 60° широты располагается материк Антарктида, а в Северном полушарии большую часть года Северный Ледовитый океан покрыт льдом. Поэтому высокоширотные регионы обоих полушарий в данной работе не рассматривались.

На рис. 1 приведены вариации глобальной ТПО с 1854 по 2009 г. Очевидно, что ТПО изменялась немонотонно. Можно выделить два периода потепления: первый – 1910–1940 гг., второй – 1976–1998 гг., эти периоды соответствуют, скорее всего, фазе роста квазишестидесятилетней вариации [Кляшторин, Любушин, 2005]. В период с 1940 по 1970 г. ТПО несколько понижалась, что соответствует фазе спада квазишестидесятилетней вариации.

На рис. 1 представлены также изменения ТПО отдельно для Северного и Южного полушария. Можно видеть, что в период первого потепления ТПО в Северном полушарии возросла значительно

больше, чем в Южном. Во время второго потепления изменения температуры океана Северного и Южного полушарий были примерно одинаковыми. Особый интерес представляют изменения ТПО с 1967 по 1974 г. В этот период изменения температуры океана в Северном и Южном полушарии были противоположны: ТПО в Северном полушарии уменьшалась, в то время как в Южном возрастала, глобальная ТПО при этом не изменялась. Подробный анализ изменений ТПО в этот период был проведен в работе [David et al., 2010], в которой показано, что наблюдаемые закономерности изменения ТПО не связаны ни с увеличением выбросов парниковых газов, ни с охлаждением из-за увеличения содержания сульфатных аэрозолей в тропосфере.

Сравнение ТПО полушарий показывает, что ТПО Северного полушария превышает ТПО Южного примерно на 3 °С. Эта особенность согласно работе [Лаппо и др., 1990] может быть обусловлена различием площадей подстилающей поверхности, занятых сушей и океаном. Амплитуда сезонных колебаний температуры значительно больше в Северном полушарии, чем в Южном. Это приводит к повышенному колебательному теплообмену в Северном полушарии, оказывает отепляющее влияние на его атмосферу и является одной из основных причин того, что океан и атмосфера Северного полушария значительно теплее, чем Южного.

Был проведен анализ пространственного распределения изменений температуры в отмеченные выше периоды. На рис. 2 представлены карты изменений

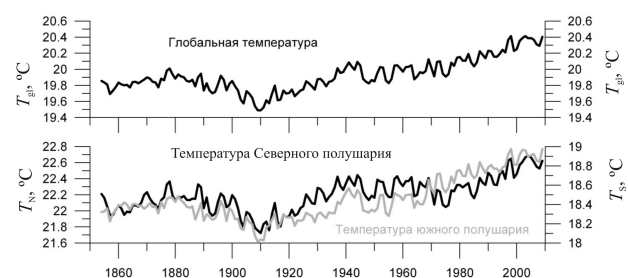


Рис. 1. Вариации среднегодовых значений глобальной ТПО и ТПО Северного и Южного полушария.

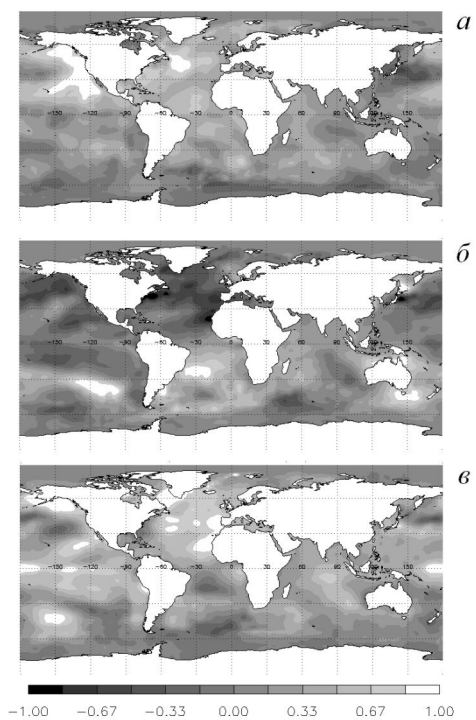


Рис. 2. Карты разностей среднегодовых температур поверхности океана за периоды: с 1910–1918 по 1933–1941 гг. (а); с 1948–1952 по 1971–1975 гг. (б); с 1970–1975 по 2000–2005 гг. (в).

ТПО. Очевидно, что областями наиболее сильных проявлений квазистесятилетней вариации являются Северная Атлантика, северо-восточная часть Тихого океана и низкоширотные области восточной части Тихого океана. Наибольшее повышение ТПО (рис. 2, в) Северного полушария в период второго потепления наблюдалось в Северной Атлантике и составляло в среднем $+0.8$ °С. Повышение ТПО в Южном полушарии составляло в среднем $+0.6$ °С в центральной части Индийского океана и $+0.8$ °С в низкоширотной области восточной части Тихого океана.

Рисунок 2, б иллюстрирует, что понижение в середине века глобальной ТПО обусловлено в основном региональными изменениями, а именно понижением ТПО в Северном полушарии, особенно в Атлантике. В период спада квазистесятилетней вариации наиболее заметные понижения температуры отмечались на умеренных широтах Северного полушария в Атлантическом и Тихом океанах.

Для более детального анализа изменений ТПО были выбраны области Мирового океана на средних широтах Северного и Южного полушария, в которых изменения ТПО были наибольшими. На рис. 3 представлены изменения ТПО в выбранных областях. Наибольшая разница в температуре поверхности океана между полушариями наблюдается в Атлантике и составляет около $+4.0$ °С, в восточной части Тихого океана данная разница около $+0.3$ °С, а в западной части Тихого океана разница между ТПО Северного и Южного полушария становится отрицательной, достигая значений около -1.0 °С. В Северном полушарии квазипериодические колебания с периодом около 60 лет отчетливо выражены, несмотря на присутствие квазидвухлетних флуктуаций. В Южном полушарии 60-летняя вариация вы-

ражена слабо.

Долговременные изменения ТПО в Индийском океане (рис. 3) существенно отличаются от изменений ТПО в Атлантическом и Тихом океанах. Естественно предположить, что эта особенность связана с тем, что в Индийском океане выше 10° N расположен материк Евразия. Изменения ТПО в Индийском океане носят скачкообразный характер, не проявляющийся ни в одном другом океане.

Аномальные изменения температуры поверхности океана

Наиболее известными аномальными явлениями в изменениях ТПО приэкваториальных областей являются Эль-Ниньо и Ла-Нинья. На рис. 4 представлены карты изменений ТПО, происшедших в периоды начала эпохи преобладания Ла-Нинья (рис. 4, а) и Эль-Ниньо (рис. 4, б). Выбранные периоды соответствуют максимальным изменениям индекса Niño 3–4, который характеризует вариации ТПО в экваториальной области Тихого океана.

Как видно из рис. 4, значительные изменения ТПО в рассмотренные периоды происходили не только в узкой экваториальной зоне восточной части Тихого океана, но и охватывали области средних широт. В период преобладания Ла-Нинья (рис. 4, а) отмечается понижение ТПО более чем на 1.0 °С от нормы в низкоширотных областях и повышение на 0.6 °С от нормы на умеренных широтах. В период же преобладания Эль-Ниньо (рис. 4, б) наблюдается противоположная картина. Отмеченные выше закономерности свидетельствуют о том, что в периоды начала эпох преобладания Ла-Нинья или Эль-Ниньо, вероятнее всего, происходят изменения циркуляции в океане, охватывающие не только низкие, но и средние широты. Все объяснения возникновения Эль-Ниньо/Ла-Нинья можно разделить на два основных типа: согласно первому типу причиной упомянутых аномалий являются экваториальные крупномасштабные течения и противотечения; согласно

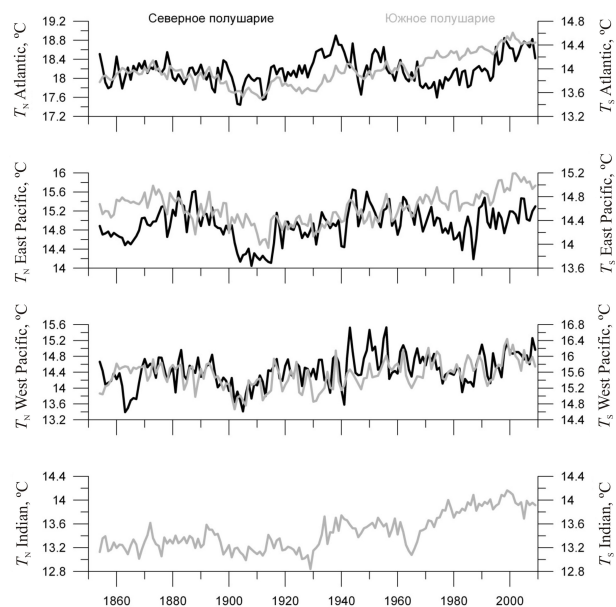


Рис. 3. Вариации среднегодовых значений ТПО для Атлантического, Тихого и Индийского океанов на широтах 30 – 50° Северного и Южного полушарий.

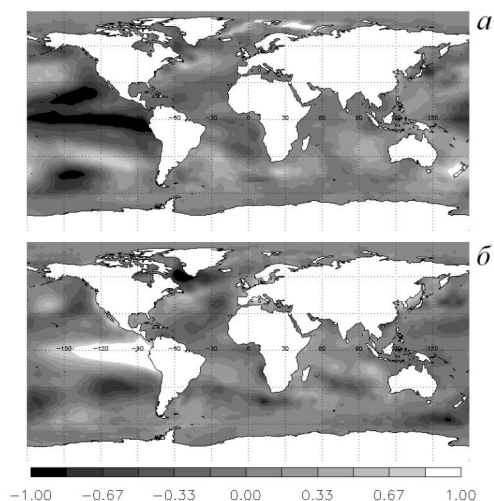


Рис. 4. Карты разностей среднегодовых температур поверхности океана за периоды: с 1968–1969 по 1970–1971 гг. (а); с 1981–1980 по 1982–1983 гг. (б).

второму – планетарные волны Кельвина и Россби [Бондаренко, 2006].

Заключение

За рассмотренный период с 1854 по 2009 г. глобальная температура поверхности океана изменялась немонотонно. Отмечались два периода потепления. Первое потепление происходило в период 1910–1940 гг., при этом возрастание ТПО в Северном полушарии было больше, чем в Южном. Второе потепление наблюдалось в 1976–1998 гг., в этот период изменение температур океана Северного и Южного полушарий было примерно одинаковым.

В анализируемый период изменения ТПО характеризуются значительной пространственной неод-

нородностью, температура Северного полушария выше, чем Южного. Наибольшие положительные различия в значениях ТПО Северного и Южного полушарий отмечаются в Атлантике (около плюс 4.0 °С), а отрицательные – в Западной части Тихого океана (около минус 1.0 °С).

В изменениях ТПО в Северном полушарии выявлены квазипериодические колебания с периодом около 60 лет, которые наиболее отчетливо выражены в Атлантическом океане на широтах 30–60°. Таким образом, Северная Атлантика играет важнейшую роль при формировании колебаний циркуляции Мирового океана и климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бондаренко А.Л. Эль-Ниньо – Ла-Нинья: механизмы формирования // Природа: Электронный журн. 2006. URL: http://vivovoco.rsl.ru/VV/JOURNAL/NATURE/05_06/FLOW.HTM (дата обращения 19.08.2011).

Кляшторин Л.Б., Любушин А.А. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности. М.: Изд-во ВНИРО, 2005. 235 с.

Лаппо С.С., Гулев С.К., Рождественский А.Е. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан–атмосфера и энергоактивные области Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 334 с.

Переведенцев Ю.П. Теория климата: Учебное пособие. Казань: Изд-во Казанского университета, 2004. 320 с.

Thompson D.W.J., Wallace J.M., Kennedy J.J., Jones P.D. An abrupt drop in Northern Hemisphere sea surface temperature around 1970 // Nature. 2010. V. 467. P. 444–447.

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск