

11. Константинов М. М. Стратиформное золотое оруденение – достижения и проблемы построения моделей рудообразующих систем // Руды и металлы. – 1993. – № 1./2. – С. 14–20.
12. Tomish S. A. An outline of the economic geology of Kalgoorlie, Western Australia // Trans. Geol. Soc. S. Afr. – 1986. – 89. – P. 35–55.

Институт геохимии окружающей среды  
НАН Украины и МЧС Украины, Киев  
Южный федеральный университет,  
Ростов-на-Дону, Россия

Поступило в редакцию 04.05.2007

УДК 551.465(265.1)

© 2007

Е. А. Скрипалева

## Межгодовая изменчивость структуры вод юго-восточной части тропиков Тихого океана в связи с событиями Эль-Ниньо

(Представлено членом-корреспондентом НАН Украины Л. В. Черкесовым)

*The interannual variability of the water structure and large-scale fronts due to El-Niño events in the southeast Pacific Tropical zone is investigated with the use of the sea surface temperature (SST) satellite observations during 1985–2002. The significant correlation between indices of atmospheric circulation SOI, anomalies of the areas of cold and warm waters in the Peruvian upwelling region and the equatorial zone and front's characteristics, is found. It is shown that interannual variations during El-Niño events are equal to 1 °C/54 km for front's intensity, 300–400 km for the spatial displacement, and 6 °C for front's temperature.*

Важнейшими показателями изменчивости структуры вод являются характеристики водных масс и фронтальных разделов. Для юго-восточной части тропической зоны Тихого океана исследование изменчивости этих характеристик имеет особенно важное научно-прикладное значение, так как здесь располагается зона интенсивного промысла (Перуанский апвеллинг). В этом регионе наиболее ярко выражены процессы взаимодействия океана и атмосферы на межгодовом масштабе (события Эль-Ниньо), которые вызывают интенсивную реакцию океанических фронтов и характеристик апвеллинга. Исследование особенностей этой реакции крайне необходимо для совершенствования методов промыслового прогнозирования.

Согласно [1], в юго-восточной части тропической зоны Тихого океана выделены следующие основные крупномасштабные фронты. Севернее экватора (1–3° с. ш.) проходит Фронт Северной ветви Южного пассатного течения (ЮПТ). Южнее экватора (3–5° ю. ш.) располагается Южный тропический фронт (ЮТФ), который связан с Центральной ветвью ЮПТ. Между 20 и 25° ю. ш. в зоне Южной ветви ЮПТ образуется относительно слабый зональный фронт — Южная ветвь ЮТФ. В области Перуанского апвеллинга выделяются два

крупномасштабных квазимеридиональных фронта [2]. Первый фронт прослеживается ближе к берегу, между  $78,5$  и  $79^\circ$  з. д., над кромкой шельфа — Шельфовый фронт. Возникновение этого фронта обычно связывают с выходом слоя скачка на поверхность [3, 4]. Второй фронт, более слабый по интенсивности, расположен между  $80,5$  и  $81,5^\circ$  з. д. Он проходит вдоль Перуанского течения и служит границей восточного пограничного слоя [3, 5]. Учитывая, что продолжением Перуанского течения является ЮПТ, которое связывают с ЮТФ, этот мористый фронт также назван Южным тропическим фронтом.

Исследование межгодовой изменчивости структуры вод и фронтов по гидрологическим данным весьма затруднено из-за неравномерной обеспеченности исследуемой акватории контактными наблюдениями как по пространству, так и по времени. Использование спутниковых данных с хорошим пространственно-временным разрешением позволяет существенно заполнить этот пробел. Цель данной работы — исследовать межгодовую изменчивость структуры вод и крупномасштабных фронтов на поверхности в юго-восточной части тропиков Тихого океана и выявить особенности этой изменчивости в периоды событий Эль-Ниньо на основе спутниковых данных о температуре поверхности океана.

В работе использован массив спутниковых измерений температуры поверхности океана (ТПО) за период с 1985 по 2002 гг. со среднемесячным осреднением в узлах сетки  $54 \times 54$  км<sup>2</sup> из архива AVHRR Ocean Pathfinder Data JPL NOAA/NASA.

Межгодовая изменчивость площадей холодных апвеллинговых и теплых тропических вод анализировалась для вод с диапазонами температуры  $18\text{--}19^\circ\text{C}$  и  $28\text{--}33^\circ\text{C}$ , так как эти воды характеризуются максимальной межгодовой дисперсией среднемесячных и среднегодовых аномалий их площадей относительно средних значений за 216 месяцев. В качестве условной единицы площади вод принята площадь квадрата  $54 \times 54$  км<sup>2</sup>.

Для оценки межгодовой изменчивости характеристик фронтов для каждого месяца каждого года рассчитывались поля меридиональных (МГТ) и зональных (ЗГТ) градиентов ТПО. Мезомасштабные шумы и синоптическая изменчивость градиентов сглаживались трехточечным фильтром. Положение фронтов определялось по экстремумам МГТ и ЗГТ на их меридиональных и зональных профилях. Идентификация фронтов проводилась по диапазону температуры, соответствующему данному экстремуму, широтному или долготному положению экстремума и знаку градиента. Отрицательное значение МГТ (ЗГТ) во фронте показывает уменьшение значений температуры в направлении с севера на юг (с запада на восток). Затем рассчитывались среднегодовые и среднемесячные аномалии величин экстремумов градиентов, средней температуры и значений широты или долготы, на которой наблюдался данный фронт, относительно их средних значений за 216 месяцев.

В работе выполнены количественные оценки связей между индексом атмосферной циркуляции ЮК (Южное колебание), используемым в качестве критерия событий Эль-Ниньо, аномалиями площадей апвеллинговых и тропических вод и вариациями характеристик фронтов (величина МГТ или ЗГТ, долготное или широтное положение и температура на оси фронта). С этой целью для вышеуказанных параметров были рассчитаны кросскорреляционные функции с 95%-м уровнем статистической достоверности.

Временные реализации аномалий площадей теплых тропических вод за рассматриваемый период отражают, по крайней мере, три известных события Эль-Ниньо (1986–1988, 1994–1995 и 1997–1998 гг.) [6]. Между аномалиями площадей апвеллинговых и тропических вод и индексом атмосферной циркуляции ЮК выявлена значимая связь (рис. 1), что согласуется с результатами работы [7], полученными на другом временном интервале (период

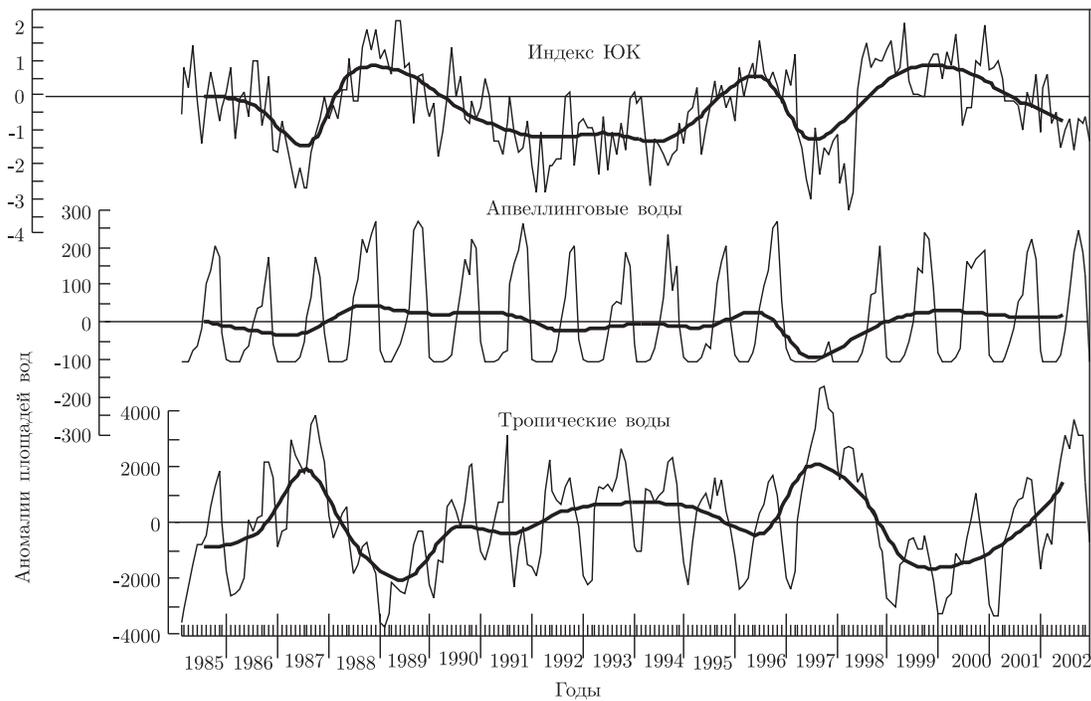


Рис. 1. Межгодовой ход индекса ЮК (безразмерная вертикальная ось), аномалий площадей холодных вод с температурой 18–19 °С в зоне Перуанского апвеллинга и теплых тропических вод с температурой 28–33 °С (единица по вертикальной оси составляет 54 × 54 км<sup>2</sup>). *Жирные линии* — среднегодовые значения

1958–1973 гг.). Значение коэффициента корреляции между индексом ЮК и аномалиями площадей теплых тропических вод составляет  $-0,80$ , между индексом ЮК и аномалиями площадей холодных вод в области апвеллинга  $0,65$ , между аномалиями площадей холодных и теплых вод  $-0,75$ .

В настоящей работе показано, что события Эль-Ниньо оказывают заметное влияние на межгодовые вариации характеристик фронтов. Реакция фронтальной структуры на эти события проявляется в том, что в отдельные годы формируются несколько ветвей одного и того же фронта, пространственное положение некоторых фронтов может изменяться от года к году на 300–400 км, температурный диапазон на 3–6 °С, а интенсивность на 0,6–1,0 °С/54 км.

Наиболее тесные связи с индексом ЮК и аномалиями площадей теплых тропических вод обнаружены для характеристик Южного тропического фронта. Положительные аномалии площадей теплых тропических вод, обусловленные событиями Эль-Ниньо, сопровождаются положительными аномалиями температуры (до 5 °С) в ЮТФ, смещением фронта к северу на 300–400 км относительно среднего положения и отрицательными аномалиями величин МГТ (до  $-0,4$  °С/54 км), которые свидетельствуют об ослаблении фронта. Расчет кросскорреляционных функций выявил значимые коэффициенты корреляции (0,6–0,7) между аномалиями теплых вод в экваториальной зоне Тихого океана (рис. 2, а), индексом ЮК (рис. 2, б) и среднегодовыми характеристиками фронта. Для среднемесячных величин анализируемых характеристик также отмечается наличие значимой связи, но абсолютные значения коэффициентов корреляции значительно ниже (0,3–0,4), чем в случае среднегодового осреднения.

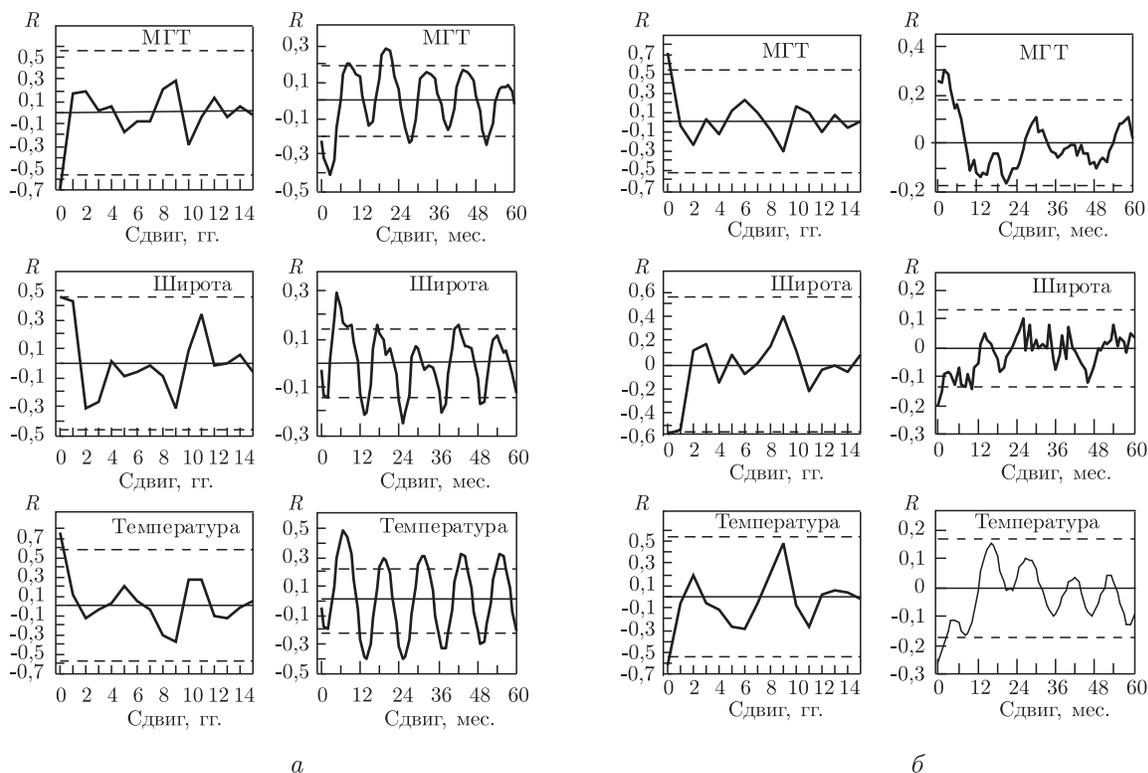


Рис. 2. Кросскорреляционные функции между среднегодовыми (слева) и среднемесячными (справа) аномалиями площадей теплых тропических вод в Тихом океане (а), индексом ЮК (б) и аномалиями характеристик Южного тропического фронта. Штриховые линии — границы 95%-ного доверительного интервала

Анализ межгодовой изменчивости аномалий характеристик фронтов, ограничивающих зону апвеллинга, индекса ЮК и аномалий площадей теплых тропических вод показал, что наиболее тесная значимая связь отмечается между двумя последними параметрами и величиной градиента и температурой на оси Перуанского участка ЮТФ. В этом случае значения коэффициентов корреляции достигают 0,6–0,8. Установлено, что в периоды Эль-Ниньо наблюдается ослабление интенсивности фронта, смещение его долготного положения к западу и существенное повышение температуры на оси фронта. Вариации интенсивности фронта в периоды активной фазы Эль-Ниньо достигают 1,0 °C/54 км, долготного смещения 100 км, температуры 6 °C. Для характеристик Шельфового фронта значимая связь с индексом ЮК и аномалиями теплых вод выявлена только для температуры на его оси с коэффициентами корреляции 0,7–0,8.

Реакция характеристик других фронтов на события Эль-Ниньо не столь ярко выражена, как для Южного тропического фронта, и прослеживается не для всех параметров. Наиболее высокие значимые коэффициенты корреляции (0,7–0,8) характерны для интенсивности и температуры Фронта Северной ветви ЮПТ. По мере продвижения на юг эти связи постепенно ослабевают. Так, для Южной ветви ЮТФ значения аналогичных коэффициентов корреляции уменьшаются до 0,5–0,6. Таким образом, по мере удаления фронтов от основного очага формирования межгодовых аномалий теплых вод, вызванных событиями Эль-Ниньо, реакция характеристик фронтов на эти события ослабевает.

1. *Belkin I. M., Gordon A. L.* Southern Ocean fronts from the Greenwich Meridian to Tasmania // *J. Geophys. Res.* – 1996. – **101**, No C2. – P. 3675–3696.
2. *Скрипалева Е. А.* Изменчивость Перуанского апвеллинга в связи с событиями ENSO по данным спутниковых измерений // *Системы контроля окружающей среды.* – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. – С. 255–257.
3. *Поляков С. Г.* Гидрофизические условия в районе северного Перу // *Фронтальные зоны юго-восточной части Тихого океана (биология, физика, химия)* / Под ред. М. Е. Виноградова, К. Н. Федорова. – Москва: Наука, 1984. – С. 35–51.
4. *Zuta S., Urquizo W.* Temperatura promedio de la superficie del mar frente a la costa Peruana, periodo 1928. – 1969. – // *Bol. Inst. Mar. Peru.* – 1972. – **2**, No 8. – P. 462–519.
5. *Yoshida K.* Circulation in the eastern tropical oceans with special reference to upwelling and undercurrents // *Jap. J. Geophys.* – 1967. – **4**, No 2. – P. 24–37.
6. *Turner J.* Review the El Ni no-southern oscillation and Antarctica // *Int. J. Climatology.* – 2004. – No 24. – P. 1–31.
7. *Pan Y. H., Oort A. H.* Global climate variations connected with sea surface temperature anomalies in the eastern equatorial Pacific Ocean for the 1958. – 1973. – period // *Monthly Weather Rev.* – 1983. – **111**. – P. 1244–1258.

*Морской гидрофизический институт  
НАН Украины, Севастополь*

*Поступило в редакцию 03.05.2007*

УДК 556.131.116:528.8.041.5

© 2007

**О. І. Сахацький, С. А. Станкевич**

## **До можливостей оцінювання зволоженості земного покриття за багатоспектральними космічними зображеннями оптичного діапазону на прикладі території України**

*(Представлено членом-кореспондентом НАН України В. І. Ляльком)*

*The paper presents a background and an algorithm for the determination of parameters of land cover moisture using multispectral optical satellite images data. The experimental evaluation of land cover moisture within the territory of Ukraine using MODIS data (resolution of 500 m) for dry and wet season periods has been done. The results of evaluations are well correlated (coefficient of determination  $r^2 \leq 0.72$ ) with remote sensing evaluation of soil moisture and the vegetation water content by a satellite microwave radiometer AMSR-E. The proposed approach will be useful for the solution of problems concerning the agricultural and natural resources and the environment protection.*

**Постановка задачі.** Покращення якості розв'язку багатьох тематичних задач за матеріалами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) вимагає оцінку вологості ґрунту та вмісту вологи в рослинному покриві території дослідження дистанційними методами. Такі дослідження також важливі для визначення параметрів гідрологічних та гідрогеологічних моделей при оцінках водного циклу.