

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПЕРУАНСКОГО АПВЕЛЛИНГА В СВЯЗИ С СОБЫТИЯМИ ENSO ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

*Е.А. Скрипалева*

Морской гидрофизический институт  
НАН Украины  
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2  
E-mail: ocean@mhi2.sebastopol.ua

*В работе исследована сезонная и межгодовая изменчивость Перуанского апвеллинга на основе спутниковых данных о температуре поверхности океана (ТПО) за 1985 – 2002 гг. Установлено, что в климатическом сезоне цикла максимальное развитие площади холодных апвеллинговых вод наблюдается в сентябре-октябре, а фронты, ограничивающие апвеллинг, наиболее развиты в январе. Выявлена значимая корреляция между аномалиями площадей холодных вод в районе апвеллинга и аномалиями площадей теплых вод в тропиках Тихого океана, обусловленных событиями Эль-Ниньо ( $R \sim 0.7$ ), и индексом атмосферной циркуляции SOI ( $R \sim -0.6$ ). Межгодовые вариации интенсивности апвеллинговых фронтов в периоды Эль-Ниньо достигают  $1^\circ\text{C}/54$  км, долготного смещения – 100 км, температуры –  $6^\circ\text{C}$ .*

**Введение.** Исследование структуры вод в районе Перуанского апвеллинга Тихого океана, наряду с прикладной значимостью, обусловленной наличием районов интенсивного промысла, имеет важное фундаментальное значение [1]. В силу близости экваториальной области Тихого океана, где наиболее выражены процессы взаимодействия океана и атмосферы на межгодовом масштабе в несколько лет (события Эль-Ниньо), здесь можно ожидать наиболее выраженную реакцию характеристик апвеллинга на эти колебания. Известно, что в открытой части океана в периоды различных фаз Эль-Ниньо возникают положительные или отрицательные аномалии ТПО, которые являются результатом распространения климатических волн Россби [2]. Проявление межгодовых вариаций в характеристиках апвеллинга и его фронтальной системы в силу ограниченности гидрологических наблюдений изучено слабо. Использование спутниковых данных с хорошим пространственно-временным разрешением позволяет существенно заполнить этот пробел.

Цель данной работы – исследовать се-

зонную и межгодовую изменчивость структуры вод в районе Перуанского апвеллинга и выявить особенности этой изменчивости в периоды событий Эль-Ниньо на основе спутниковых данных.

**Материалы и методика.** В работе использован массив спутниковых измерений ТПО за период с 1985 по 2002 гг. со среднемесячным осреднением в узлах сетки  $54 \times 54$  км из архива *AVHRR Ocean Pathfinder Data JPL NOAA/NASA*.

Для анализа климатического сезонного цикла характеристик апвеллинга и его фронтальной системы поля ТПО и ее зональных градиентов (ЗГТ) осреднялись по месяцам за 18 лет. Размерность ЗГТ в  $^\circ\text{C}/54$  км далее по тексту опускается. При этом мезомасштабные шумы и синоптическая изменчивость отфильтровывались и практически не проявлялись в анализируемых полях.

Для оценки межгодовой изменчивости характеристик апвеллинговых фронтов зональные градиенты ТПО были рассчитаны для каждого месяца каждого года (всего 216 месяцев) вдоль параллели  $10^\circ 25'$  ю.ш. Эта параллель наиболее показательна, так как пересекает центральную часть области апвеллинга. Для каждого месяца определялись характеристики фронтов – величина экстремума ЗГТ, средняя температура и значение долготы, на которой наблюдался данный фронт. Далее рассчитывались среднегодовые и среднемесячные аномалии этих характеристик относительно среднего за 216 месяцев.

В работе выполнена оценка связей между вариациями характеристик апвеллингового фронта, индексом атмосферной циркуляции SOI (*Southern Oscillation Index*), аномалиями площадей холодных апвеллинговых вод и теплых тропических вод с температурой  $28 - 33^\circ\text{C}$ , выбранных в качестве показателя события Эль-Ниньо. В качестве условной единицы площади вод принята площадь квадрата  $54 \times 54$  км. Для аномалий площадей этих вод, индексов SOI и аномалий характеристик фронта (величина ЗГТ, долготное положение и температура на оси фронта) рассчитывались кросскорреляционные функции с 95%-ным уровнем значимости.

**Анализ результатов.** Исследование климатического сезонного цикла площадей вод при различных диапазонах температу-

ры на рассматриваемой акватории (70 – 90° з.д., 5° с.ш. – 20° ю.ш.) выявило ряд особенностей. Для относительно холодных вод с температурой 16 – 18°C характерен четкий годовой сигнал. Максимальную площадь они занимают с августа по октябрь. В то же время в изменениях площадей более теплых вод с температурой 19 – 23°C отмечается полугодовая гармоника с основным максимумом в декабре-январе. Второй максимум прослеживается в середине года с апреля по июнь. Вероятно, это обусловлено ярко выраженным полугодовым сигналом в сезонных смещениях Южной ветви Южного субэкваториального фронта.

Анализ распределения ЗГТ вдоль параллели 10°25' ю.ш. показал наличие двух крупномасштабных фронтов, ограничивающих зону апвеллинга с запада. Первый фронт прослеживается ближе к берегу, между 78.5° и 79° з.д., над кромкой шельфа. 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° з.д., связан непосредственно с Перуанским течением и служит границей восточного пограничного слоя [3, 5].

В климатическом сезонном цикле интенсивность обоих фронтов изменяется в течение года с хорошо выраженным полугодовым сигналом (рис. 1).

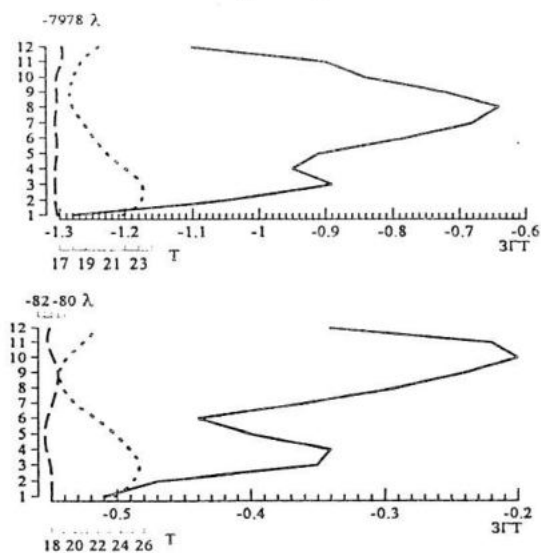


Рисунок 1 – Внутригодовой ход характеристик апвеллинговых фронтов в сечении параллели 10°25' ю.ш. Нижние оси – зональный градиент (сплошная линия) и температура (точки), левая ось – месяцы, верхняя ось – долготное положение (пунктир).

Основной максимум градиента наблюдается в январе и составляет для берегового фронта -1.3, для мористого фронта -0.50. Второй максимум обостренности наступает в апреле (-0.95) для берегового фронта и в июне (-0.45) для мористого. Сезонные вариации интенсивности составляют 0.7°C/54 км для прибрежного фронта и 0.3°C/54 км для мористого. Внутригодовое смещение фронтов по долготе невелики и не превышают 54 км для берегового фронта и 108 км для мористого. Температурные диапазоны составляют 17 – 23°C и 18 – 26°C соответственно.

В качестве показателя межгодовой изменчивости аномалий площадей холодных вод в районе исследования выбраны воды с температурой 18 – 19°C, для которых характерна максимальная межгодовая дисперсия. Выявлена значимая связь между этими аномалиями, индексом атмосферной циркуляции SOI и аномалиями площадей теплых тропических вод с температурой 28 – 33°C (рис. 2). Этот результат подтверждает выводы, сделанные в работе [6], для временного периода 1958 – 1973 гг.

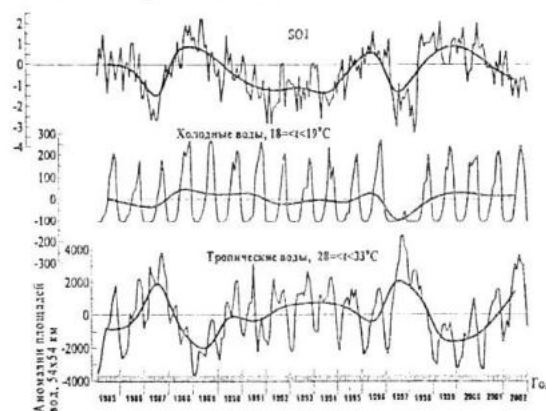


Рисунок 2 – Межгодовой ход индекса SOI, аномалий площадей холодных вод в зоне апвеллинга и теплых тропических вод Тихого океана. Жирные линии – среднегодовые значения.

Значение коэффициента корреляции между индексом SOI и аномалиями площадей теплых тропических вод составляет -0.81, между индексом SOI и аномалиями площадей холодных вод в области апвеллинга – 0.65, между аномалиями площадей холодных и теплых тропических вод – -0.75.

Анализ межгодовой изменчивости аномалий характеристик апвеллинговых фронтов, индекса SOI и аномалий площадей теплых тропических вод (рис. 3) показал, что

наиболее тесная значимая связь отмечается между двумя последними параметрами и величиной градиента и температурой на оси мористого фронта. В этом случае значения коэффициентов корреляции достигают  $\sim 0.6 - 0.8$ . 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  $1^\circ\text{C}/54 \text{ км}$ , долготного смещения –  $100 \text{ км}$ , температуры –  $6^\circ\text{C}$ .

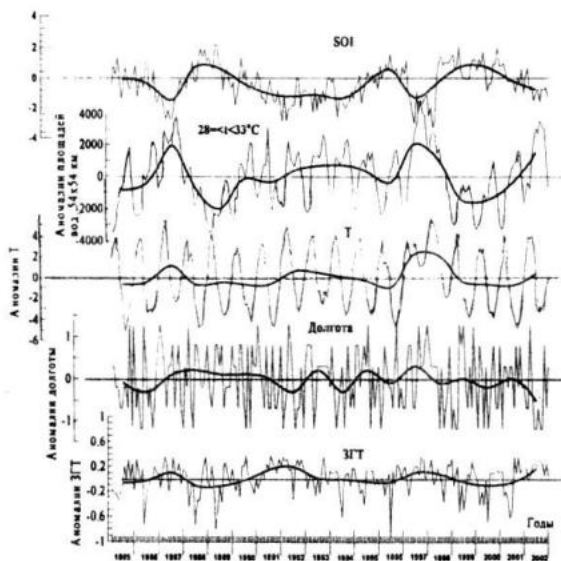


Рисунок 3 – Межгодовой ход индекса SOI, аномалий площадей теплых тропических вод и аномалий характеристик мористого апвеллингового фронта на  $10^\circ 25'$  ю.ш. Жирные линии – среднегодовые аномалии вышеуказанных характеристик.

Для характеристик прибрежного фронта значимая связь с индексом SOI и аномалиями теплых вод выявлена только для температуры на его оси с коэффициентами корреляции  $\sim 0.7 - 0.8$ .

**Выводы.** Установлено, что в климатическом сезонном цикле максимум площадей холодных вод в районе исследования наблюдается с августа по октябрь. Более теплые воды занимают наибольшую площадь два раза в год – в декабре-январе и в середине года.

Выделены два апвеллинговых фронта – прибрежный у кромки шельфа и мористый, расположенный на  $200 \text{ км}$  западнее.

Максимальная обостренность апвеллинговых фронтов наблюдается в период наступления максимума площадей теплых вод к западу от зоны апвеллинга – в январе и апреле-июне.

Сезонные вариации интенсивности составляют  $0.7^\circ\text{C}/54 \text{ км}$  для прибрежного фронта и  $0.3^\circ\text{C}/54 \text{ км}$  для мористого. Внутригодовые смещение фронтов по долготе невелики и составляют  $\sim 50 - 100 \text{ км}$ .

Выявлена значимая корреляция между межгодовыми вариациями аномалий холодных апвеллинговых вод, индексом атмосферной циркуляции SOI, аномалиями площадей теплых тропических вод и аномалиями характеристик мористого апвеллингового фронта. Установлено, что межгодовые вариации интенсивности фронтов в периоды Эль-Ниньо достигают  $1^\circ\text{C}/54 \text{ км}$ , долготного смещения –  $100 \text{ км}$ , температуры –  $6^\circ\text{C}$ , что сопоставимо с сезонными вариациями фронтальных параметров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фронтальные зоны юго-восточной части Тихого океана (биология, физика, химия) / под ред. М.Е. Виноградова, К.Н. Федорова). М.: Наука, 1984. – 333 с.
2. J. Turner. Review the El Niño – Southern Oscillation and Antarctica // *Int. J. Climatology*, 2004. – № 24. – С. 1 – 31.
3. С.Г. Поярков. Гидрофизические условия в районе северного Перу. В кн. "Фронтальные зоны юго-восточной части Тихого океана (биология, физика, химия)" / под ред. М.Е. Виноградова, К.Н. Федорова). М.: Наука, 1984. – С. 35 – 51.
4. S. Zuta, W. Urquiza. Temperatura promedio de la superficie del mar frente a la costa Peruana, periodo 1928 – 1969 // *Bol. Inst. Mar. Peru*, 1972. – V. 2 – № 8. – P. 462 – 519.
5. K. Yoshida. Circulation in the eastern tropical oceans with special reference to upwelling and undercurrents // *Jap. J. Geophys.*, 1967. – V. 4. – № 2. – P. 24 – 37.
6. Y.H. Pan, A.H. Oort. Global climate variations connected with sea surface temperature anomalies in the eastern equatorial Pacific Ocean for the 1958 – 1973 period // *Monthly Weather Review*, 1983. – 111. – P. 1244 – 1258.