

*И.А. Маликов, Н.Л. Вильегас Болањос*

## **ПРИСУТСТВИЕ ЭЛЬ НИНЬО ЮЖНОГО КОЛЕБАНИЯ В АНОМАЛИЯХ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ОКЕАНА НА КОЛУМБИЙСКО- ЭКВАДОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ**

*I.A. Malikov, N.L. Villegas Bolaños*

## **PRESENCE OF EL NINO SOUTHERN OSCILLATION IN THE SEA SURFACE TEMPERATURE ANOMALIES OF THE COLOMBO-ECUADORIAN COAST**

*Представлены пространственно-временные корреляции между аномалиями температуры поверхности океана (ТПО) в портах Колумбийско-Эквадорского побережья (Буэнавентура, Тумако, Эсмеральдас и Боливар), аномалиями ТПО в районах Ниньо1+2, Ниньо3.4, Индексом Южного Колебания (ИЮК) и выделенными квазипериодичностями каждого ряда. Найденные связи между процессами, представленными различными частотами и их заблаговременностью появления, могут быть использованы для построения моделей прогнозирования аномалий ТПО в Колумбийско-Эквадорском побережье Тихого океана.*

*Ключевые слова: Эль Ниньо, аномалии ТПО, спектральный анализ, Колумбийско-Эквадорское побережье Тихого океана.*

*The spatio-temporal correlation between the anomalies of sea surface temperature (SST) in ports of the Colombo-Ecuadorian coast (Buenaventura, Tumaco, Esmeraldas and Bolivar), SST anomalies of Nino1+2, Nino3.4 areas, the Southern Oscillation Index (SOI) and their quasiperiodicity is presented. Found relationships between processes, represented by different frequencies and lead time of appearance, can be used to build models to predict SST anomalies in the Colombo-Ecuadorian Pacific coast.*

*Keywords: El Nino, SST anomalies, spectral analysis, Colombo-Ecuadorian Pacific coast.*

### ***Цель задачи***

В Южной Америке изучение Эль Ниньо Южного Колебания (ЭНЮК) является предметом большого научного интереса, поскольку ЭНЮК является причиной аномальной температуры поверхности океана (ТПО).

Целью данной работы является исследование рядов аномалий ТПО в четырех портах Колумбийско-Эквадорского побережья, чтобы определить отношения между ними и между рядами их компонент, периодичность которых характеризуют ЭНЮК.

Анализ позволил обнаружить присутствие периодичности Эль Ниньо в исследуемых рядах и его проявление с опозданием или опережением в разных портах Колумбийско-Эквадорского побережья.

### Метод работы

Район исследования (рис. 1). Область исследования состоит из четырех гидрометеорологических станций наблюдения на Колумбийско-Эквадорском побережье Тихого океана. Буэнавентура и Тумако находятся в Колумбии, с географическими координатами  $03^{\circ}53'$  с.ш.- $77^{\circ}04'$  з.д. и  $01^{\circ}48'$  с.ш.- $78^{\circ}45'$  з.д. соответственно. Эсмеральдас и Боливар расположены в Эквадоре, с географическими координатами  $0^{\circ}58'$  с.ш.- $79^{\circ}39'$  з.д. и  $3^{\circ}16'$  ю.ш.- $79^{\circ}59'$  з.д. соответственно.

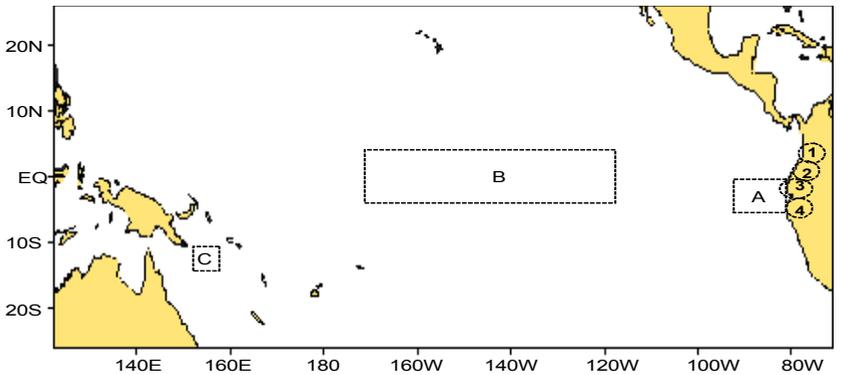


Рис. 1. 1 – Буэнавентура; 2 – Тумако; 3 – Эсмеральдас; 4 – Боливар;  
А – Ниньо1+2; В – Ниньо3.4; С – ИЮК.

Исходные данные. Были использованы ежемесячные временные ряды за период с 1975 по 2003 год. Ряды аномалий ТПО из четырех портов были представлены Военно-морским флотом Колумбии. Ряды аномалий ТПО регионов Ниньо1+2 и Ниньо3.4 были извлечены из [<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>], а ИЮК из [<http://www.bom.gov.au/climate/glossary/soi.shtml>]. Был проведен спектральный анализ для определения характерных периодичностей и реализован кросскорреляционный анализ как между исходными рядами, так и между их отфильтрованными компонентами с помощью фильтра Баттерворта (Butterworth) [Emery and Thomson, 2001].

### Результаты

На рисунке 2 показан результат фильтрации компонентов аномалий ТПО региона Ниньо1+2. Рисунок подтверждает, что в квазипериодичности, характеризующие Эль Ниньо от 2 до 7 лет, как было определено более раннем исследовании [Trenberth, 1991]. Учитывая это, мы можем искать признаки этих периодичностей в рядах Колумбийско-Эквадорского побережья.

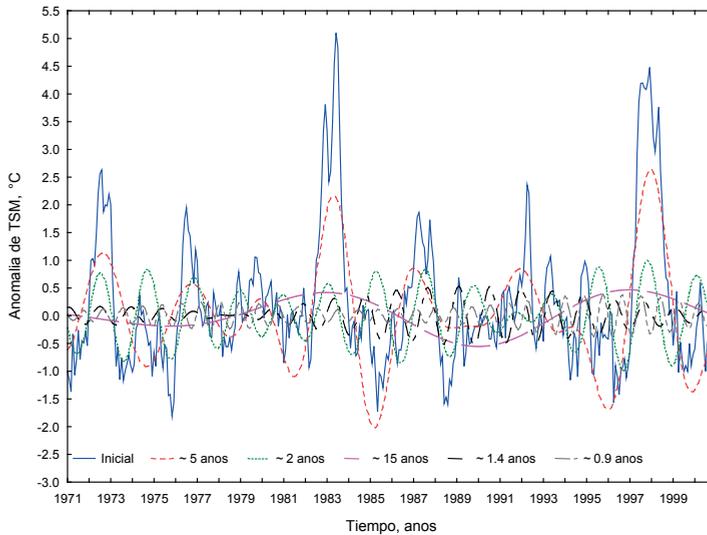


Рис. 2. Компоненты аномалии ТПО региона Ниньо1+2 за период 1975-2003 гг.

Как видно из таблицы 1, анализ внутренней структуры рядов ИЮК, Ниньо3.4, Ниньо1+2, Тумако и Боливар показали, что квази-период  $\sim 4,8$  года является компонентом, который обеспечивает максимальный вклад в их колебания, а на втором месте находится квази-период  $\sim 2-3$  лет. В ряде Буэнавентура наибольший вклад обеспечивается компонентом  $\sim 18$  лет, и на втором месте  $\sim 4$  года. В ряде Эсмеральдас максимальный вклад в колебания дает компонента  $\sim 29$  лет, и затем  $\sim 3,6$  лет.

Таблица 1

**Найденные квази периодичности в рядах 1975-2003 гг.**

Ряды	Квази периодичности (лет)
ИЮК	4.8; 15; 2.6; 1.5
Ниньо3.4	4.8; 15; 2.6;
Ниньо1+2	4.8; 3.6; 2.1; 1.5
Тумако	4.8; 15; 2.6; 2.1; 1.5
Буэнавентура	18; 5.8; 3.6; 2.6
Эсмеральдас	29; 3.6; 1.0
Боливар	4.8; 2.6; 1.7; 1.1

Таблица 1 показывает, что в исследуемых рядах повторяются характерные периоды Эль Ниньо: 4,8 лет и 3,6 лет. Для целей исследования эти периоды были сгруппированы как квази периоды 5 лет и 2-3 года. Наиболее значимые пространственно-временные связи между исследованными рядами представлены в таблице 2.

**Коэффициенты корреляций между исследуемыми рядами и их компонентами 1975-2003 гг.**

Коррелируемые ряды	Исходные ряды	Квази периоды (лет)	
		~5	~2-3
ИЮК vs. Ниньо3.4	-0.75 (-1)	-0.92 (0)	-0.71 (-1)
ИЮК vs. Ниньо1+2	-0.52 (-3)	-0.69 (0)	-0.51 (-2)
ИЮК vs. Тумако	-0.56 (-2)	-0.74 (-2)	-0.65 (-2)
ИЮК vs. Буэнавентура	-0.34 (-3)	-0.46 (-2)	-0.56 (-2)
ИЮК vs. Эсмеральдас	0.32 (-25)		
ИЮК vs. Боливар	-0.51 (-4)	-0.61 (-2)	0.14 (4)
Ниньо3.4 vs. Ниньо1+2	0.65 (-1)	0.76 (-2)	0.53 (0)
Ниньо3.4vs. Тумако	0.66 (-2)	0.77 (-3)	0.64 (0)
Ниньо3.4vs. Буэнавентура	0.46 (-1)	0.55 (-3)	0.51 (-1)
Ниньо3.4vs. Эсмеральдас	-0.28 (-24)		
Ниньо3.4vs. Боливар	0.57 (-4)	0.71 (-4)	
Ниньо1+2 vs. Тумако	0.75 (-1)	0.90 (-1)	0.64 (0)
Ниньо1+2 vs. Буэнавентура	0.51 (-1)	0.58 (-1)	0.58 (0)
Ниньо1+2 vs. Эсмеральдас	0.27 (-3)		
Ниньо1+2 vs. Боливар	0.78 (0)	0.83 (-2)	0.18 (-1)
Тумако vs. Буэнавентура	0.49 (0)	0.53 (-1)	0.67 (0)
Тумако vs. Эсмеральдас	0.25 (-2)		
Тумако vs. Боливар	0.67 (0)	0.80 (-1)	0.11 (0)
Буэнавентура vs. Боливар	0.47 (0)	0.54 (-1)	0.08 (0)
Эсмеральдас vs. Боливар	0.28 (0)		

Отмечается, что коэффициенты корреляции между нефигурованным рядом Эсмеральдас и остальными рядами очень низкие, также не обнаружены связи между его компонентами.

Процессы с периодичностью ~5 и ~2-3 лет происходящие в ИЮК появляются в Буэнавентура и Тумако после 2 месяцев, что также было найдено в работе [Málikov y Villegas, 2005 и Villegas et al, 2009]. В Боливар цикличность ~5 лет также появляется через 2 месяца.

Сигнал ~5 лет, который происходит в регионе Ниньо3.4, достигает Буэнавентура, Тумако и Боливар после 3 или 4 месяцев.

Процесс с периодичностью ~2-3 лет происходит одновременно в Тумако и с задержкой в один месяц в Буэнавентура. Периодичность ~2-3 лет не представлена в ряду Боливар.

Сигнал, который наблюдается в Ниньо1+2 с периодом ~5 лет, появляется через месяц в Буэнавентура и Тумако, а после 2-х месяцев в Боливар. Цикличность ~2-3 лет,

наблюдаются одновременно в Буэнавентура и Тумако. Этот процесс проявляется в Боливар через месяц после того как был представлен в Ниньо1+2.

Процесс с периодичностью ~5 лет сначала встречается в Тумако, после месяца в Буэнавентура и Боливар. Этот же процесс представляется сначала в Боливар и с опозданием на один месяц в Буэнавентура. Между Буэнавентура и Тумако процесс с периодом ~2-3 лет происходит одновременно.

Результаты данного исследования подтверждают выводы, сделанные в ранних работах [Málikov y Villegas, 2005; Hernández et al, 2008 и Villegas et al., 2009], где также получены связи между процессами, проявленными в регионах Ниньо1+2, Ниньо3.4, Ниньо4, ИЮК, но только между однородными зонами КЧТО. Эти работы также показали, что корреляция между определенными компонентами лучше, чем между нефитрированными рядами.

О зависимости между периодичностями, которые были найдены в Тумако и Буэнавентура также упоминается в [Cadena et al, 2006 и Villegas et al 2012], где с помощью спектрального анализа и кросс-корреляции между сериями ЭНЮК и аномалиями ТПО была определена зависимость между периодичностями, характеризующими ЭНЮК.

Это первый раз, когда анализ был сделан с учетом наблюдаемых данных гидрометеорологических станций Колумбии и Эквадора, и является базовым шагом для нахождения предикторов, которые могут быть использованы для построения прогностических моделей аномалий ТПО для всего Колумбийско-Эквадорского побережья Тихого океана.

### ***Выводы и рекомендации***

Максимальный вклад в колебания рядов ИЮК, Ниньо3.4, Ниньо1+2, Тумако и Боливар дает компонент ~4,8 года.

Поведение компонентов рядов Буэнавентура и Эсмральдас отличается от других рядов, и наибольший вклад в их колебания дает процесс с периодами более 10 лет.

Отношения между компонентами ~5 лет, рядов Ниньо1+2, Тумако и Боливар показывают, что сигналы, инициируемые в регионе Ниньо1+2, воспринимаются в Тумако через 1 месяц и через 2 месяца в Боливар.

Что касается компоненты квази 2-3 лет, коэффициенты корреляции показывают, что сигналы, инициируемые в регионах Ниньо, наблюдаются в Тумако и Буэнавентура одновременно.

### ***Литература***

1. Cadena M., Devis A., Pabón D., Málikov I., Reyna J., Ortiz J. (2006). Relationship between the 1997/98 El Niño and 1999/2001 La Niña events and oil palm tree production in Tumaco, Southwestern Colombia. *Advances in Geosciences*, 6, 195-199.
2. Emery W.J., Thomson R.E. (2001). *Data analysis methods in physical oceanography*. Second and Revised Edition. Amsterdam, Netherlands. 638 p.
3. Hernández D., Málikov I., Villegas N. (2008). Respuestas de la temperatura superficial del mar y del aire de la Cuenca del Pacífico Colombiano producidas por El Niño Oscilación del Sur. *Ingeniería de Recursos Naturales y Ambiente*. 7:57-65.

4. [<http://www.bom.gov.au/climate/glossary/soi.shtml>].
5. [<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>].
6. *Málikov I., Villegas N.* (2005). Construcción de series de tiempo de temperatura superficial del mar de las zonas homogéneas del Océano Pacífico Colombiano. Boletín Científico CCCP 12:79-93.
7. *Trenberth K.* (1991). General characteristics of El Niño-Southern Oscillations. Teleconnection Linking Worldwide Climate Anomalies. M. Glantz, R. Katz and N. Nicholls (Eds.), Cambridge University Press, New York: 13-42.
8. *Villegas N., Barrientos J., Málikov I.* (2012). Relación entre parámetros océano-atmosféricos y la producción del café verde en Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, vol. 6, 1:88-95.
9. *Villegas N., Málikov I., Hernández D.* (2009). Presencia del fenómeno El Niño en algunas variables hidrometeorológicas del Pacífico colombiano. Meteorología Colombiana. 13:59-69.