

УДК 551.465

А.Е.Филонов, д.г.н., И.Э.Терещенко, к.г.н.

Гвадалахарский университет, Департамент физики, Мексика

## МОНИТОРИНГ ЭЛЬ-НИНЬО 1997-98 ГОДОВ В ДЕЯТЕЛЬНОМ СЛОЕ ТИХОГО ОКЕАНА У ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ МЕКСИКИ

*Обсуждаются результаты анализа средних вертикальных профилей температуры и солёности, вычисленных по данным ежемесячных океанографических съёмок, сделанных в 1996-98 годах на Полигоне вблизи западного побережья центральной Мексики. Профили полученные в летне-осенний период 1997 и осенне-зимний период 1998 годов, сильно отличались от профилей для тех же месяцев 1996 года. Изменчивость была вызвана поступлением в район полигона больших объёмов более теплых и менее солёных вод с T,S-характеристиками Тихоокеанской тропической поверхностной и Тихоокеанской экваториальной поверхностной водных масс, которые к январю 1998 года заполнили весь верхний 80-метровый слой. По сравнению с январем 1996 г. теплосодержание слоя воды толщиной 150м увеличилось с 10.1 до 15.3 Гдж/м<sup>2</sup>. Показано, что процессы вызвавшие рост аномалий температуры (SST) в экваториальной области Тихого океана В (4°N-4°S; 90°W-150°W), опережали по фазе процессы роста температуры и уменьшения солёности в районе полигона почти на один месяц.*

**Ключевые слова:** Эль-Ниньо, Мексика, полигон, теплосодержание, солёность, фаза процесса

### Введение

Автоколебательные процессы в системе Тихий океан-атмосфера: Эль Ниньо-Южное колебание (в английской литературе: *El Niño-Southern Oscillation*, или ENSO) известны давно. Оно охватывает западную и восточную тропические области океана. Во время теплой фазы ENSO (Эль Ниньо) в восточной части Тихого океана накапливаются положительные аномалии поверхностной температуры SST (sea surface temperature) и отрицательные аномалии уровня [31]. У американского континента это явление проявляется в замещении холодных вод выносимых Перуанским течением в сторону экватора, теплыми экваториальными водами и в значительном подавлении апвеллинга. Отклонение температуры воды на поверхности океана от нормы в эти годы достигает 3°C, а в отдельных случаях даже 5-6°C. За счет ослабления пассатных ветров, в годы Эль-Ниньо теплые экваториальные воды на 1500-2000 км проникают на юг и север вдоль побережья Центральной и Южной Америки, что приводит к гибели или миграции холодолюбивых рыб [5,23].

Сведения об Эль Ниньо накопленные до 90-х годов прошлого столетия были обобщены в нескольких монографиях (смотри, например, [5,23]). Однако, Эль-Ниньо 1997-98 годов, которое, по-видимому, было самым сильным за все время инструментальных наблюдений, спровоцировало новый виток интереса к этому явлению и, как следствие, бурный рост количества научных публикаций. Самый последний обзор [32] включает глубокий анализ 146 статей и книг. В этой работе обсуждаются результаты инструментальных измерений в океане и функционирование предложенных в последние годы различных механизмов Эль-Ниньо, учитывающих его временную квазипериодичность. Ими также детально обсуждается роль годичной и междугодовой изменчивости теплого бассейна в восточной тропической части Тихого океана и его значимость в динамике ENSO.

### **Эль-Ниньо у побережья Мексики**

Во время одного из очень интенсивных эпизодов Эль-Ниньо 1982-83 годов температура воды вдоль тихоокеанского побережья Северной Америки, вплоть до штатов Орегон и Аляска, повысилась на несколько градусов, что привело к значительным экономическим потерям рыбодобывающего флота. Потери были вызваны миграцией рыбных стад, составлявших основу рыболовства в этих районах и появлением новых, ранее не наблюдавшихся здесь видов рыб [22].

У побережья Мексики явление 1982-83 годов также хорошо проявилось в повышении температуры воды и уровня океана. На мексиканском побережье от Пуэрто Мадера до Энсенада уровень повышался на 15-20 см, а в Мансанильо даже до 25-30 см [17,25,26]. Это Эль-Ниньо сильно нарушило обычный тип циркуляции воздушных масс и вызвало засуху в центральной части Мексики, тогда как в северных районах республики выпадали интенсивные осадки [5,23].

По свидетельству [5,14,15,23,28,29,30] El Niño 1997-98 годов было, по-видимому, самым мощным в прошлом столетии. Оно спровоцировало необычайно высокие температуры воздуха в западных районах Центральной Мексики и, как следствие, сильную засуху и многочисленные лесные пожары. Дым от пожаров вызвал образование мглы покрывшей плотным слоем всю территорию страны, которая достигла даже южных штатов Северной Америки.

В Гвадалахаре (штат Халиско) среднемесячные температуры воздуха в марте-мае 1998 г. были выше на 2-3°C по сравнению с нормой, а относительная влажность воздуха в послеполуденные часы снижалась до 6-8% [27]. Самое крупное озеро Мексики – Чапала, из которого снабжается водой Гвадалахара и десятки других городов, из-за сильного испарения с мая 1997 по май 1998 года потеряло более 1 м своего уровня. Поскольку озеро очень мелководно (средняя глубина менее 6 м), то это создало большие проблемы в снабжении водой промышленных предприятий и населения [13].

### **Район работ. Способ измерений. Исходные данные**

В 1996-98 годах сотрудниками лаборатории физической океанографии Гвадалахарского университета был проведен эксперимент по инструментальному измерению изменчивости температуры и солености в деятельном слое (150-м) океана у западного побережья Мексики, в районе Барра де Навидад. Эти измерения позволили проследить их изменчивость, начиная за год до возникновения Эль Ниньо, на протяжении его максимального развития и вплоть до полного его исчезновения.

Работы выполнены на полигоне, в прибрежном районе Тихого океана у мексиканских штатов Халиско и Колима (рис.1), с борта маленького исследовательского судна "Вир-V" (30 т). Шельфовая область в этом районе очень узкая. Если ограничиться изобатой в 200 м, то ее ширина составляет всего 7-10 км. Мористее шельфа дно круто обрывается в сторону расположенного поблизости и вытянутого вдоль материка Центрально-Американского желоба, где уклоны дна могут достигать 8-10 градусов.

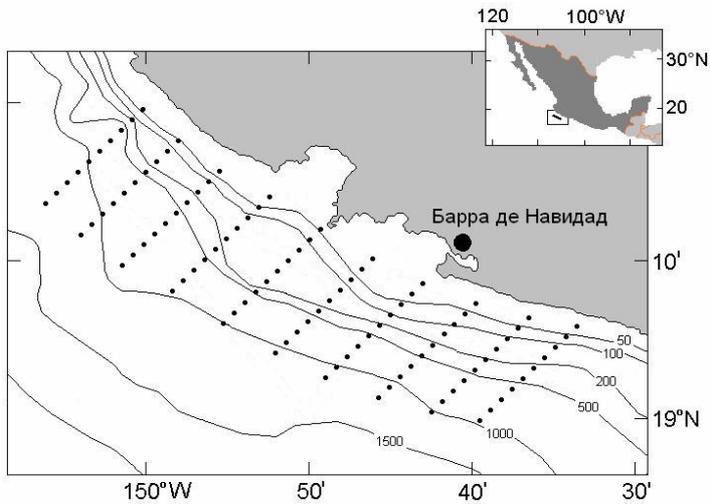


Рис.1 - Схема расположения полигона у побережья Мексики, на котором выполнен мониторинг Эль-Ниньо 1997-98 годов. Точками на галсах показано местоположение вертикальных зондирований температуры и солёности ныряющим CTD-зондом SBE-19.

Анализ исторических океанографических данных для исследуемого района показал, что сезонная изменчивость на полигоне не проникает по глубине более 120-150 м [10], поэтому все съемки были выполнены до глубины 150 м. Каждая съемка представляла собой 10 перпендикулярных берегу разрезов, на которых выполнялось по 10 вертикальных зондирований, с расстоянием между ними около 1.5 км. Съемка охватывала площадь 50x15 км и выполнялась за 16-18 час (рис.1).

Использовался способ быстрой океанографической съемки, выполняемой на полном ходу судна с помощью ныряющего CTD-зонда (SBE-19, Sea-Bird Electronics, Inc.). Суть способа заключается в следующем [11]. CTD-зонд помещается в специальный металлический корпус обтекаемой формы с подъемным крылом и на полном ходу буксируется за исследовательским судном на тросе, длина которого соответствует требуемой глубине зондирования. При буксировке аппарат за счет подъемной силы находится у поверхности воды. Придя в точку зондирования, судно не снижая оборотов винта, делает 1-2 плавные циркуляции вокруг этой точки. С момента начала циркуляции, аппарат быстро теряет горизонтальную составляющую скорости и под действием собственного веса погружается на глубину и зонд записывает параметры среды с частотой 2 гц. Затем судно двигается в следующую точку зондирования и т.д.

Температура, электропроводность и давление измерялись CTD-зондом соответственно с точностью 0.005°C, 0.0005 C/м и 0.35 m (0.1% от измеряемого диапазона в 350 м слое). Скорость погружения аппарата регулировалась его массой и весом дополнительного груза. В наших измерениях она составляла около 1 м/с, что позволяло получать профили с вертикальной дискретностью в 0.5 м.

Выполненные ранее измерения на буйковых станциях показали наличие на шельфе интенсивных внутренних приливов с амплитудами в 15-20 м. Они сильно искажают профили температуры и солёности [12], поэтому для подавления влияния внутренних волн, полученные по данным каждой съемки профили усреднялись.

Всего с января 1996 по июнь 1998 года было проведено 29 съемок полигона, и получено 2374 вертикальных зондирования температуры и солёности. Съемки, как правило, выполнялись 15 числа каждого месяца. В летние и осенние месяцы, в период интенсификации тропических циклонов, работать на открытых участках шельфа с

малотонажного судна иногда не представлялось возможным. В этих случаях, во избежания искажения средней картины пространственного распределения термохалинного поля за счет сгонно-нагонных явлений, съемки выполнялись лишь через 3-4 суток после прохождения тропического циклона.

### Изменчивость вертикального распределения температуры и солёности

Водная масса в районе Полигона относится к Восточной Тихоокеанской тропической водной массе (*Eastern Pacific Tropical Water*). Верхний поверхностный слой в ней, до глубины 50-75 м, занят водой с высокой температурой и солёностью. Ниже, между горизонтами 75-200 м, располагается слой подповерхностной воды с повышенной солёностью 34.7-34.8 *psu* (*Practical salinity units*; [8]. Исследуемый район находится под влиянием сложной системы течений. В зимние месяцы сюда проникают отдельные струи Калифорнийского течения, а также поверхностного течения, выходящего из залива Калифорния. Летом здесь преобладают вдольбереговые потоки, вызванные проникновением ветви северо-экваториального противотечения [2,3,9,18,19,33].

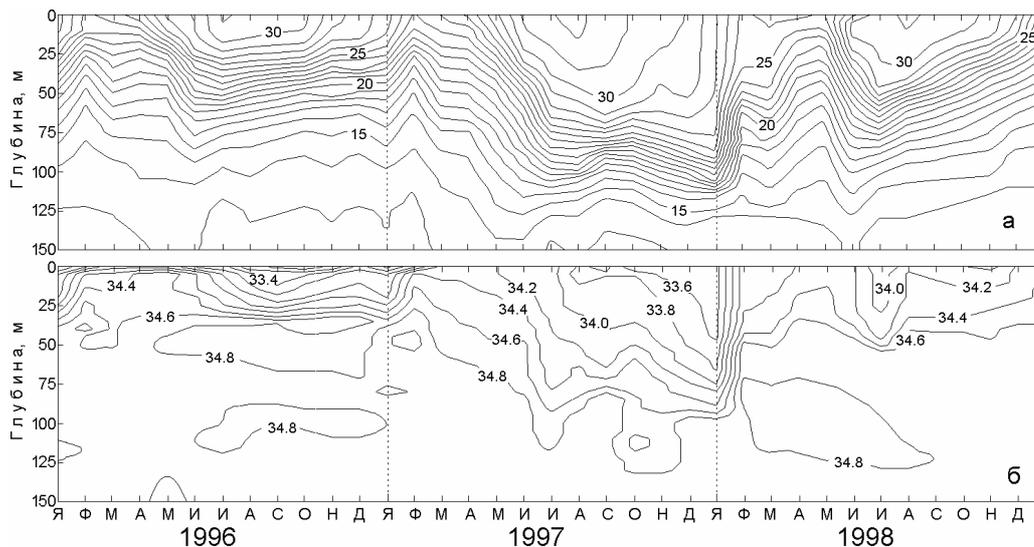


Рис.2 - Колебания температуры (°C) – (а), и солёности (psu) – (б), на полигоне в слое 0-150м по данным ежемесячных океанографических съемок выполненных в 1996-1998 годы.

Изменение средней гидрологии вызванное Эль Ниньо стало хорошо заметно уже в июне 1997 года. Ослабление пассатных ветров вероятно вызвало смещение к мексиканскому побережью более теплых и менее соленых вод *T,S*-индексы которой соответствовали Тихоокеанской тропической поверхностной водной массе (*ТППВМ*) (в английской литературе: *Pacific Tropical Surface Water*). Эта вода постепенно вытеснила местную воду из верхних слоев. Рис.2 показывает, что различия в вертикальном распределении температуры и солёности, в слое от поверхности до горизонта 120-130 м, в 1997 году, по сравнению с 1996 годом, нарастали с июня по декабрь. В июле-августе 1997

года заглублиение термоклина было сравнительно плавным, а соленость почти линейно увеличилась от 34 *psu* на поверхности, до 34.8 *psu* на горизонте 150 м. С сентября 1997 г. в вертикальном профиле температуры начал образовываться квазиоднородной слой *ТППВМ*, толщина которого в осенние месяцы увеличилась. В декабре 1997 г. он располагался между поверхностью воды и горизонтом 70 м и имел температуру 28.5°C. В эти же месяцы на поверхности соленость постепенно уменьшилась до 33.5 *psu*, а в однородном по температуре слое она увеличилась с глубиной до 34 *psu*.

Наибольшего развития вызванные Эль-Ниньо эффекты достигли в январе 1998 года. В этом месяце *ТППВМ* с температурой около 27.5°C и соленостью менее 34 *psu* заполнила весь верхний 80-м слой. Для сравнения, в январе 1996 года температура на поверхности была 25.5°C, термоклин начинался на горизонте 25 м, а на глубине 80 м температура была 15.3°C и соленость 35.78 *psu*.

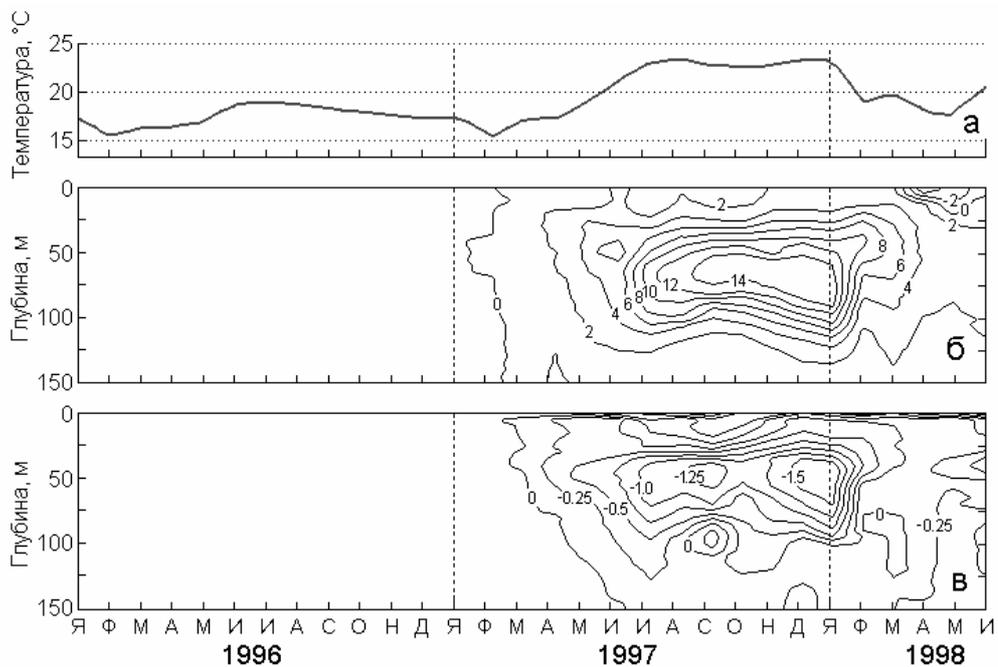


Рис. 3. - Средняя в слое 0-150м температура воды на полигоне (°C) в 1996-98 годах (а). Отклонения температуры (б) и солености (в) на полигоне в 1997 и 1998 годах от соответствующих распределений в 1996 году.

Если условно принять 1996 год за «нормальный» (год без существенных отклонений в температуре и солености от средних многолетних величин), то вычислив разности температуры и солености между этим годом и последующими полуторами годами наблюдений можно оценить размах колебаний этих характеристик на полигоне вызванный Эль-Ниньо 1997-98 годов. Результаты таких расчетов приведены на рис.3.

Видно, что отклонения от «нормы» были максимальными в слое 50-80 м, где они по температуре достигли 14°C, а по солености более 1.5 *psu*. Видно также, что глубина проникновения сигнала Эль-Ниньо на полигоне достигала 130 м.

Изменения в вертикальной структуре водной массы в исследуемом районе хорошо видны также на рис.4, на котором приведены средние для полигона  $T,S$ -кривые для января 1996 и 1998 годов. В год Эль-Ниньо  $ТППВМ$  занимала слой от поверхности до глубины 80м; далее до глубины примерно 98 м располагалась Тихоокеанская экваториальная поверхностная водная масса ( $ТЭПВМ$ ). (В английской литературе: *Pacific Equatorial Superficial Water*) и глубже – Тихоокеанская субтропическая подповерхностная водная масса ( $ТСПнВМ$ ), в английской литературе: *Pacific Equatorial Subsuperficial Water*).

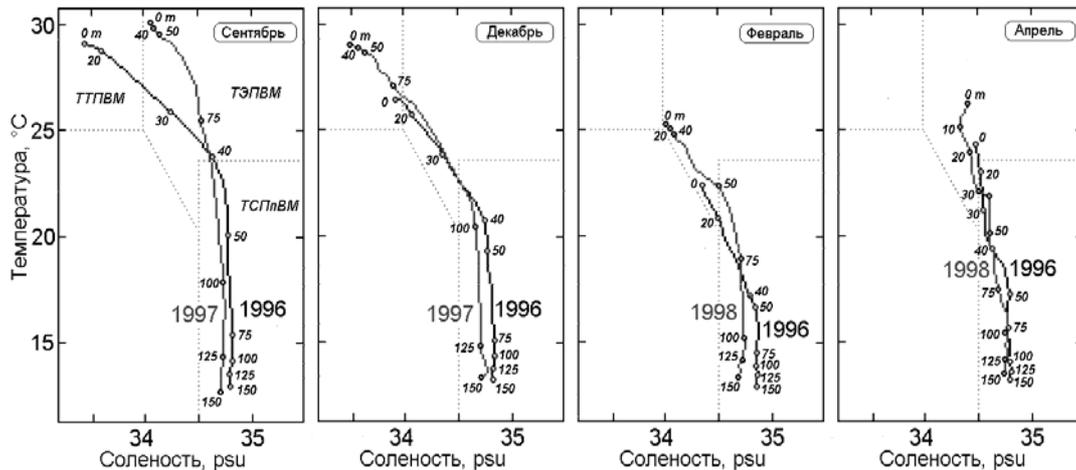


Рис. 4. - Средние для полигона  $T,S$ -кривые для сентября и декабря 1996-97 годов и для февраля и апреля 1996-98 годов. Пунктирными линиями на рисунках разделены области соответствующие Тихоокеанской тропической поверхностной водной массе ( $ТППВМ$ ), Тихоокеанской экваториальной поверхностной водной массе ( $ТЭПВМ$ ) и Тихоокеанской субтропической подповерхностной водной массе ( $ТСПнВМ$ ).

В феврале 1998 г. слой однородной воды с температурой  $25^{\circ}\text{C}$  имел толщину менее 40м и соленость в нем была выше  $34\text{ psu}$ . В марте 1998 г. на полигоне еще сохранялись значительные отличия в вертикальном распределении температуры, достигавшие на разных глубинах  $4\text{-}5^{\circ}\text{C}$ . В апреле, в среднем, ее профиль имел форму близкую к профилю для апреля 1996 г., а вертикальное распределение солености в этом месяце почти приблизилось к норме. К маю 1998 г. эффекты Эль-Ниньо еще более резко ослабили и  $T,S$  – кривые мало отличались от кривых для этого месяца в 1996 году. Лишь в верхнем 60-метровом слое соленость была на  $0.2\text{-}0.3\text{ psu}$  ниже нормы. Таким образом, полученные результаты показывают, что к маю 1998 года в районе полигона в основном завершился цикл термодинамических процессов, вызванных Эль-Ниньо 1997-98 годов.

Измеренная изменчивость температуры и солености во время последнего явления Эль-Ниньо сравнивалась с колебаниями  $SST$  - среднемесячными аномалиями поверхностной температуры в экваториальной области Тихого океана, в районе  $B$  ( $4^{\circ}\text{N}\text{-}4^{\circ}\text{S}$ ;  $90^{\circ}\text{W}\text{-}150^{\circ}\text{W}$ ) [21]. Для этого по средним для каждого месяца профилям температуры и солености, с января 1996 по июнь 1998 года, были вычислены их интегральные в слое 0-150 метров величины. Кроме этого, были также вычислены оценки величин теплосодержания деятельного слоя. Они рассчитывались для каждого месяца, для столба воды сечением  $1\text{ м}^2$ ,

от поверхности до глубины 150 м, как: 
$$S = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \rho_{ij} C_{p_{ij}} T_{ij} \Delta z$$
 [8,34,35]. Здесь  $M$  – количество вертикальных зондирований во время океанографической съемки,  $N = 150$ , количество слоев воды по вертикали толщиной  $\Delta z = 1$  м, для которых вычислялись:  $\rho_{ij}$  – плотность,  $C_{p_{ij}}$  – теплоемкость и  $T_{ij}$  – температура воды. Вычисленные оценки приведены на рис.5.

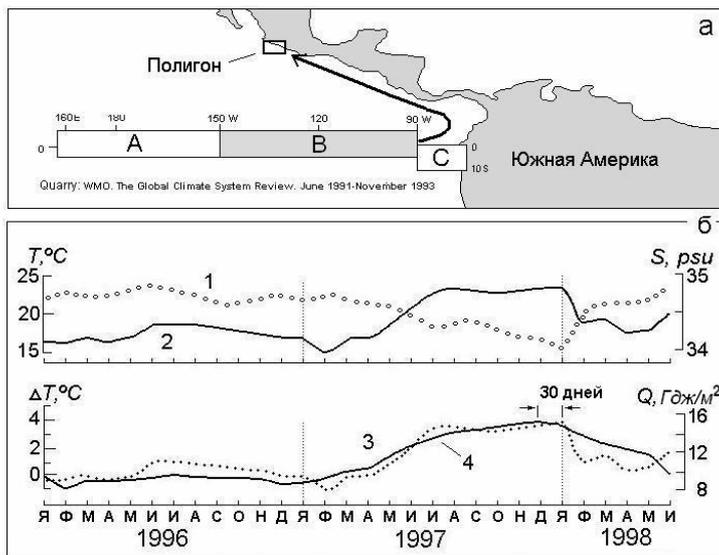


Рис. 5. - Схема расположения квадратов ежемесячного мониторинга поверхностной температуры воды в районе экватора, выполняемого с 1950 года Японским Метеорологическим Агентством (а). Жирной стрелкой показан вероятный путь перемещения экваториальной поверхностной водной массы в район полигона во время Эль-Ниньо 1997-98 года. На рис. (б) показаны: изменчивость температуры (1), солёности (2) и теплозапаса (3) в деятельном слое (0-150 м) полигона и среднемесячные аномалии поверхностной температуры (SST) в экваториальном районе Тихого океана В (4°N-4°S; 90°W-150°W) в 1996-98 годах (4).

### Дискуссия и заключение

Согласно теоретическим представлениям [16,20,23], в годы Эль-Ниньо экваториальные захваченные волны Кельвина (ЭЗВК) перемещают более теплые и менее соленые воды Тихоокеанской экваториальной поверхностной водной массы на восток вдоль экватора. Достигнув американского континента эти волны возбуждают серию береговых захваченных волн Кельвина (БЗВК), которые распространяются в узкой полосе вдоль берега на север и юг от экватора (см. рис.6).

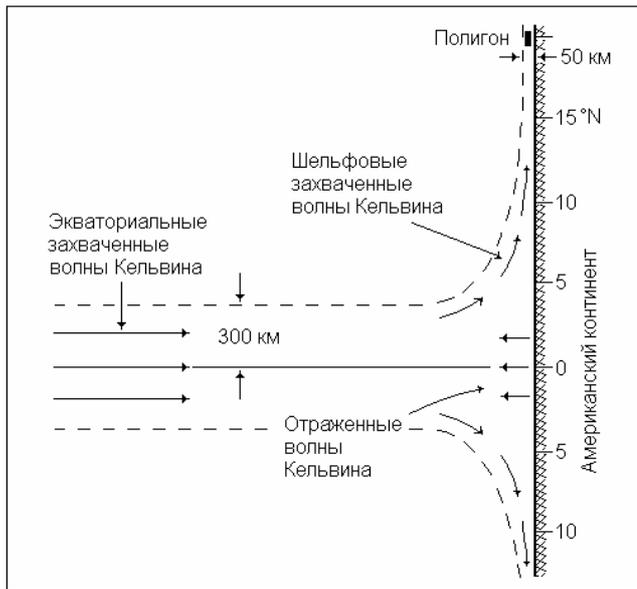


Рис. 6 - Схема распространения захваченных волн Кельвина вдоль экватора и вдоль американского континента (заимствовано и адаптировано из работы [23]).

Этот механизм описан в ряде экспериментальных и теоретических работ ([1,7,32,36] и других). Волны Кельвина вызывают значительные колебания уровня на побережье с периодами от нескольких суток до 30-50 дней и распространяются с фазовой скоростью 1-2 м/сек [20].

По оценке [23], вызванные Эль-Ниньо захваченные волны Кельвина на широте нашего полигона (примерно 20°с.ш.) охватывают полосу шельфа и континентального склона шириной всего 50 км (см. рис.6). Таким образом, длительный инструментальный мониторинг колебаний температуры и солености в районе полигона позволил оценить изменчивость основных океанографических параметров (температура, соленость, теплосодержание), вызванных Эль-Ниньо 1997-98 годов в конкретном районе восточного побережья Тихого океана.

Наши измерения показали, что осенью 1997 года и в начале зимы 1998 года верхний 80-метровый слой у западного побережья Мексики был заполнен *ТПВМ* и *ТЭПВМ*. Последняя из них несомненно была перемещена из района экватора волнами Кельвина. Фазы повышения температуры и теплосодержания (и снижения солености) в деятельном слое во время Эль-Ниньо 1997-98 годов хорошо совпадали с временным ходом аномалий поверхностной температуры воды в районе экваториального мониторинга *B*. Так, температура для января 1998 года была выше на 7.6°C, а соленость ниже на 0.5 psu по сравнению с январем 1996 года. Теплосодержание деятельного слоя в эти же месяцы увеличился с 10.1 до 15.3 Гдж/м<sup>2</sup> (рис.5).

Аномалии поверхностной температуры в районе *B* в течение всего 1996 года были близки к нулевым значениям. С начала 1997 года они стали положительными и затем увеличивались, достигнув максимальной величины в декабре (+4.5°C). С января 1998 года и в последующие месяцы аномалии начали быстро уменьшаться и к июню почти достигли

нулевого значения [21]. Эффекты же Эль-Ниньо 1997-98 годов у западного побережья Мексики максимально проявились лишь через один месяц по сравнению с максимумом наступления SST в районе В экваториальной области тихоого океана.

Известно много экспериментальных работ, в которых анализируются вызванные Эль-Ниньо низкочастотные колебания уровня, прослеживаемые вдоль североамериканского побережья [4,6]. В работе [24] описаны результаты специального эксперимента, проведенного у побережья Чили, выявившего в поле течений и уровня низкочастотные колебания с периодами 5-10 и 50 суток, которые были вызваны БЗБК во время Эль Ниньо 1992-93 годов. К сожалению, дискретность наших измерений (1 месяц) не позволяет оценить периоды БЗБК, вызванных Эль Ниньо 1997-98 годов. В будущем мы надеемся выполнить анализ колебаний уровня вдоль североамериканского побережья используя спутниковые данные TOPEX/Poseidon, а также архив космических снимков температуры поверхности океана высокого пространственного и временного разрешения AVHRR (четыре раза в сутки, 1.1x1.1 км). Это позволит получить оценки периодов, амплитуд и фаз БЗБК у мексиканского побережья, вызванных самым интенсивным Эль-Ниньо в прошлом столетии.

Приведенные в этой работе результаты длительных инструментальных измерений могут быть полезны при верификации гидродинамических моделей, описывающих проникновения сигнала Эль Ниньо вдоль североамериканского континента. Одна из них, базирующаяся на полном архиве океанографических и метеорологических климатических данных для всей акватории Тихого океана, недавно предложена в [36].

### Благодарности

Авторы выражают благодарность экипажу судна "Bir-V", который обеспечил надежность и безопасность работ в море. Также выражаем благодарность Мексиканскому Государственному Комитету по Науке и Технологиям (CONACYT) за финансовую поддержку выполненных работ (проекты №1449 РТ и №5-080РÑ).

### Список литературы

1. Anderson, D.L. and P.B. Rowlands. The role of inertia-gravity waves in the response of a tropical ocean to the incidence of an equatorial Kelvin wave on a meridional boundary, *J. Mar. Res.*, 34, 295-312, 1976.
2. Badan, A. La Corriente Costera de Costa Rica en el Pacifico Mexicano. *Union Geofisica Mexicana*, Monograf. №3, 99-112, 1997.
3. Badan, A. Coastal Circulation from the Galapagos to the Gulf of California, *The Sea*, vol. 11, The Global Coastal Ocean, Regional Studies and Syntheses, edited by A. R. Robinson and K. H. Brink, 315-343, *John Wiley, Hoboken, N. J.*, 1998.
4. Baumgartner, T. R., N. Christensen, Jr. 1985. Coupling of the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. *Mar. Res.* 43, 825-848.
5. Diaz, H.F. and V. Markgraf. El Niño. *Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*, 476 pp., Cambridge Univ. Press., 1992.
6. Christensen, N., R. de La Paz and G. Gutiérrez. A study of subinertial waves off the west coast of Mexico, *Deep Sea Res.*, 30, 835-850, 1983.
7. Clarke, A.J. The reflection of equatorial waves from oceanic boundaries, *J. Phys. Oceanogr.*, 13, 1193-1207, 1983
8. Emery, W.J. and R.E. Thomson, *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*. Elsevier, Amsterdam, 1997.

9. Fiedler P.C., and J. Talley, The hydrography of the eastern Tropical Pacific: a review. *Progr. Oceanogr.*, 69, 143-180, 2006.
10. Filonov, A.E., C.O. Monzon and I.E. Tereshchenko. On the conditions of internal wave generation along the west coast of Mexico, *Ciencias Mar.*, 23, 255-272, 1996a.
11. Filonov, A.E., C.O. Monzon and I.E. Tereshchenko. A technique for fast conductivity-temperature-depth oceanographic surveys, *Geofisica Internacional*, 35, 415-420, 1996b.
12. Filonov A.E. On the interpretation of short-period fluctuation in the thermocline obtained from a towed sensor. *Ciencias Marinas*, 23, 209-225, 1997.
13. Filonov, A.E., ¿Morira el lago de Chapala? Existe la posibilidad de salvarlo? *Teorema*, 3, 16-18, 1998.
14. Filonov, A.E. and Tereshchenko, I.E., 2000. El Niño 1997-98 monitoring in mixed layer at the Pacific Ocean near Mexico's West Coast. *Geophys. Res. Letters*. 27(5), 705-709.
15. Franco-Gordo, C., E. Godínez-Domínguez, A.E. Filonov, I.E. Tereshchenko, and J. Freire, Plankton and larval fish dynamics prior and during El Niño period (1997-98) in the central Pacific coast of Mexico, *Progress in Oceanography*, 63, 99-123, 2004.
16. Gill, A.E. *Atmosphere-Ocean Dynamics*, 646 pp., Academic Press. N.Y., 1982
17. González, J.I., J.Ochoa and P. Ripa. 1996. Series del nivel del mar, *GEOS*, 3, 41-42, 1996.
18. Kessler, W.S., Mean three-dimensional circulation in the northeastern tropical Pacific. *J. Geophys. Res.*, 32, 2457-2471, 2002.
19. Kessler, W.S., The circulation of the eastern Tropical Pacific: a review. *Progr. Oceanogr.*, 69, 181-217, 2006.
20. LeBlond, P.H. and L.A.Mysak. *Waves in the ocean*, 602 pp., Elsevier Scientific Publications Co., Amsterdam, 1978.
21. Monthly Ocean Report. 1996-1998. Climate and Marine Department Japan Meteorological Agency.
22. Pearcy, W.G. and A. Schoener. Changes in the marine biota coincident with the 1982'1983 El Niño in the northeastern subarctic Pacific Ocean. *J. Geophys. Res.*, 92, 14417-14428, 1987.
23. Philander, S.G. El Niño, la Niña and the southern oscillation, 289 pp., Intern. Gophys. Series. Acad. Press. 46, 1990.
24. Shaffer, G., O. Pizarro, L. Djurfeldt, S. Salinas and J. Rullant. Circulation and Low-Frequency Variability near the Chilean Coast: Remotely Forced Fluctuations during the 1991-92 El Niño, *J. Phys. Oceanogr.*, 27, 217-235, 1997.
25. Strub, P. T., and C. James, Altimeter-derived surface circulation in the large-scale NE Pacific Gyres: Part 1. Seasonal variability, *Progr. Oceanogr.*, 53, 163-183, 2002a.
26. Strub, P. T., and C. James, Altimeter-derived surface circulation in the large-scale NE Pacific Gyres: Part 2. 1997-1998 El Niño anomalies, *Progr. Oceanogr.*, 53, 185-214, 2002b.
27. Tereshchenko, I.E., and Filonov, A.E., Efectos de «El Niño 1997-98» en la zona metropolitana de Guadalajara, Memoria de VIII Congreso de la Organización Mexicana de Meteorólogos. Veracruz, 168-170, 1998.
28. Tereshchenko, I., A. Filonov, C. Monzon, A. Gallegos, and R. Rodriguez, El Niño 1997-98 and the Hydrometeorological Variability of Chapala, a shallow tropical lake in Mexico, *Journal of Hydrology*, 264, 133-146, 2002.
29. Tereshchenko, I., A. Filonov, C. Monzón, and A. Figueroa, Weather signature of “El Niño” in western México, *Geofísica Internacional, Special Issue*, 42, 389-396, 2003.
30. Trasviña, A., Lluch-Cota, A., Filonov, A.E. and Gallegos, A. 1999. Oceanografía y El Niño. Capítulo 3 en: Los Impactos de El Niño en México. Victor Magaña (Editor). Dirección General de Protección Civil. Secretaría de Gobernación, 69-102.
31. Trenberth, K.E., The definition of El Niño, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 78, 2771-2777, 1997.
32. Wang, C. and P.C. Fiedler, ENSO variability and the eastern tropical Pacific: A review, *Progr. Oceanogr.*, 69, 239-266, 2006.
33. Wirtky, K. Surface currents of the Eastern Tropical Pacific Ocean, *Bulletin Inter-American Tropical Tuna Commission.*, 10, 269-304, 1965.
34. UNESCO. Progress on oceanographic tables and standards 1983-1986: Work and recommendations of the Unesco/SCOR/ICES/LAPSO Joint Panel. Tech. Pap. Mar. Sci, 50, 59, 1986.
35. UNESCO. International Oceanographic Tables, Vol.4. Properties derived from the International Equation of State of Seawater, 1980. Tech. Pap. Mar. Sci, 40, 195, 1987.
36. Zamudio, L., A.P. Leonardo, S.D. Meyers, J.J. O'Brien, ENSO and eddies on the southwest coast of Mexico, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 13-17, 2001.

**The monitoring of El Nino during 1997-98 in activity layer of Pacific ocean near the west coast of Mexico.**

**Filonov A.E., Tereshchenko I.E.**

*The work presents an analysis of the monthly oceanographic surveys performed during the period of 1996-98 on the Polygon, situated near the west coast of Mexico. Based on the results of these surveys, monthly average temperature and salinity profiles were calculated. There was noticed that the profiles for summer-fall period of the 1997 and for the winter period of 1998, were very different from the same period profiles for the year 1996. It was caused by the transfer of huge amounts of water with higher temperature and lower salinity, and with T,S-characteristics of the Pacific Tropical Surface Water and Pacific Equatorial Surface Water into the Polygon area. By the January 1998, these water masses had filled the whole 80m layer. An increase of 150m heat storage from 10.1 to 15.3 GJ/m<sup>2</sup>, in comparison to its January 1996 level, was also registered. The processes that caused temperature anomalies (SST) in B region of the Pacific Ocean (4°N-4°S; 90°W-150°W), were one month ahead of the processes of temperature increase and salinity lowering.*

**Keywords:** *El Nino, Mexico, polygon, heat storage, salinity, phase of process.*

**Моніторинг Ель-Ніньо 1997-1998 рр. у діяльному шарі Тихого океану біля західного узбережжя Мексики. Філонов А.Є., Терещенко І.Е.**

*Обговорюються висновки аналізу середніх вертикальних профілів температури і солоності, розрахованих за результатами щомісячних зйомок, виконаних у 1996-1998 рр. на полігоні біля західного узбережжя центральної Мексики. Профілі, отримані у літньо-осінній період 1997 та осінньо-зимовий період 1998 року, дуже відрізняються від профілів у ті ж місяці 1996 року. Мінливість викликалаь надходженням у район полігону великих об'ємів більш теплих і менш солоних вод с T,S-характеристиками Тихоокеанської тропічної поверхневої і Тихоокеанської екваторіальної поверхневої водних мас, які у січні 1998 року заповнили увесь верхній 80-метровий шар. У зрівнянні з січнем 1996 року тепловміст шару води товщиною 150 м зріс від 10.1 до 15.3 Гдж/м<sup>2</sup>. Виявлено, що процеси, які викликали зростання аномалій температури (SST) в екваторіальній зоні Тихого океану В (4°N-4°S; 90°W-150°W), випереджали по фазі процеси зростання температури и зменшення солоності в районі полігону майже на один місяць.*

**Ключові слова:** *Ель-Ніньо, Мексика, полігон, тепловміст, солоність, фаза процесу.*