

**ПРОЦЕССЫ В ЭКВАТОРИАЛЬНОЙ
ЗОНЕ МИРОВОГО ОКЕАНА,
КАК ИНДИКАТОР
КАТАСТРОФИЧЕСКИХ
КЛИМАТИЧЕСКИХ
ИЗМЕНЕНИЙ**

*В.И. Михайлов, Н.В. Кучеренко,
А.И. Малышев*

Одесский государственный
экологический университет,
г. Одесса, ул. Львовская, 15
E-mail: tsb1@mail.ru

Анализируется изменчивость апвеллинга в экваториальной зоне Мирового океана, как индикатор катастрофических, климатических изменений. Показано, что Эль-Ниньо – один из механизмов саморегуляции процесса усиления активизации экваториального апвеллинга, приводящий к восстановлению, в конечном итоге, прежнего состояния. При этом, Эль-Ниньо является только индикатором глобальных изменений.

Введение. Из обзора литературы на тему «Итоги исследования и проблемы изменчивости температуры воды в экваториальной части Мирового океана», которая является частью диссертационной работы Малышева А.И., были обнаружены проблемы в понимании процессов, происходящих в экваториальной зоне Мирового океана. Долгое время явление Эль-Ниньо считали региональным. Только к концу XX в. были описаны статистические связи Эль-Ниньо с климатом планеты, утверждающие, что Эль-Ниньо является климатообразующим фактором в данном районе. Действительно, Эль-Ниньо ведёт к повышению давления в районе Индонезии и понижению атмосферного давления в восточной части Тихого океана, что приводит к ослаблению Пассатных ветров и даже смене их направления, однако, не к обратному, как утверждают учёные – Эль-Ниньо возникающее при прекращении действия Пассатов. Ведь, например, прогноз погоды в Европе, обычно определяют состоянием атмосферных процессов над Северной Атлантикой, формирующихся подстилающей поверхностью. По нашему мнению, Эль-Ниньо – это индикатор глобальных изменений,

происходящих под воздействием некоего внешнего фактора, а само явление не является климатообразующим фактором.

Известно, что климатический экватор находится на 5° – 10° севернее географического. В то же время, экваториальный апвеллинг формируется непосредственно на экваторе. Тёплые воды в районе Австралии по обе стороны от экватора имеют линейные симметричные границы, контролируемые широтными зонами конвергенции, которые симметричны относительно географического экватора, а это не что иное, как вращательная функция. Известно, что на экваторе постоянная инсоляция, тут нет сезонов, но ещё в 1892 г. Капитан Камило Каррило сообщил на конгрессе Географического Общества в Лиме, что Перуанские моряки называли тёплое северное течение Эль-Ниньо, так как оно наиболее заметно в дни католического Рождества (зимнего солнцестояния) [1]. То есть, они уже знали о внутригодовой изменчивости экваториального апвеллинга. Нашими исследованиями, было подтверждено, что экваториальный апвеллинг имеет внутригодовую изменчивость; это даже не циклический процесс, а имеется положительный экстремум. Ещё раз подчеркнём, что Ла-Нинья – экваториальный апвеллинг, не зависит от инсоляции и формируется исключительно по географическому экватору.

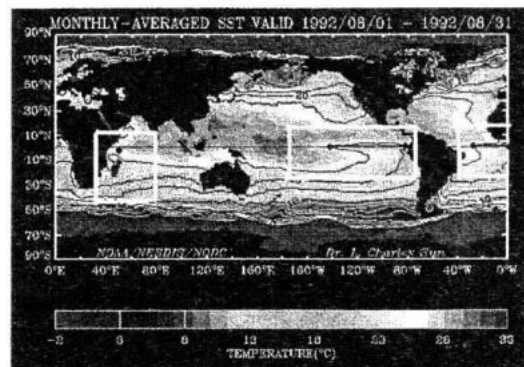
Известно, что восточные ветры (направленные на запад) дующие вдоль экваториальной зоны в Атлантическом и Тихом океанах, за счёт экмановского транспорта перемещают воду вправо (к северу) в Северном полушарии и влево (к югу) в Южном полушарии. Это приводит к дивергенции, в результате которой более плотные и богатые биогенами глубинные воды поднимаются к поверхности. Но этот механизм не действует в экваториальной зоне, так как горизонтальная составляющая силы Кориолиса на экваторе равна нулю, что подтверждается теорией Волкера. В циркуляции Волкера решающим фактором является различная температура воды. Над холодной водой находится холодный и сухой воздух, который переносится с помощью воздушных потоков (так назы-

ваемых юго-восточных пассатов) на запад. При этом воздух согревается и впитывает влагу, затем поднимается над западной частью Тихого океана. Часть этого воздуха оттекает в направлении полюса, образуя таким образом ячейку Гадлея. Другая часть движется на высоте вдоль экватора на восток, опускается вниз и таким образом заканчивает циркуляцию. Особенностью циркуляции Волкера является то, что она не отклоняется из-за силы Кориолиса, а проходит точно через экватор, где сила Кориолиса не действует [2]. Следовательно, в настоящее время нет никаких сведений о причинах возникновения апвеллинга в экваториальной зоне Мирового океана, с максимальным развитием в августе месяца каждого года.

Считается, что условие Ла-Нинья часто происходит после Эль-Ниньо, особенно, когда последний очень силен. Это утверждение не является верным, из-за непонимания механизма формирования этих процессов. На самом деле, Эль-Ниньо проявляется на экстремуме Ла-Нинья. Процессы в экваториальной зоне описываются типичными условиями, так называемого Ла-Нинья (экваториального апвеллинга), интенсивность которого при достижении критических значений и неустойчивости (аномальное положение экстремума) регулируется явлением Эль-Ниньо – регулирующим фактором Ла-Нинья, или стабилизирующим фактором, не дающим развитию Ла-Нинья до бесконечности, которому обычно искусственно приписывают катастрофические характеристики. На самом деле критическое увеличение активности Ла-Нинья (соответствующее синхронным с ним нарушением климата в виде засухи, наводнений и др.) проявляется в Эль-Ниньо – это и есть не причина, а индикатор глобальных климатических изменений. Эль-Ниньо – это один из механизмов саморегуляции процесса усиления активизации экваториальных апвеллингов.

Изложение основного материала.

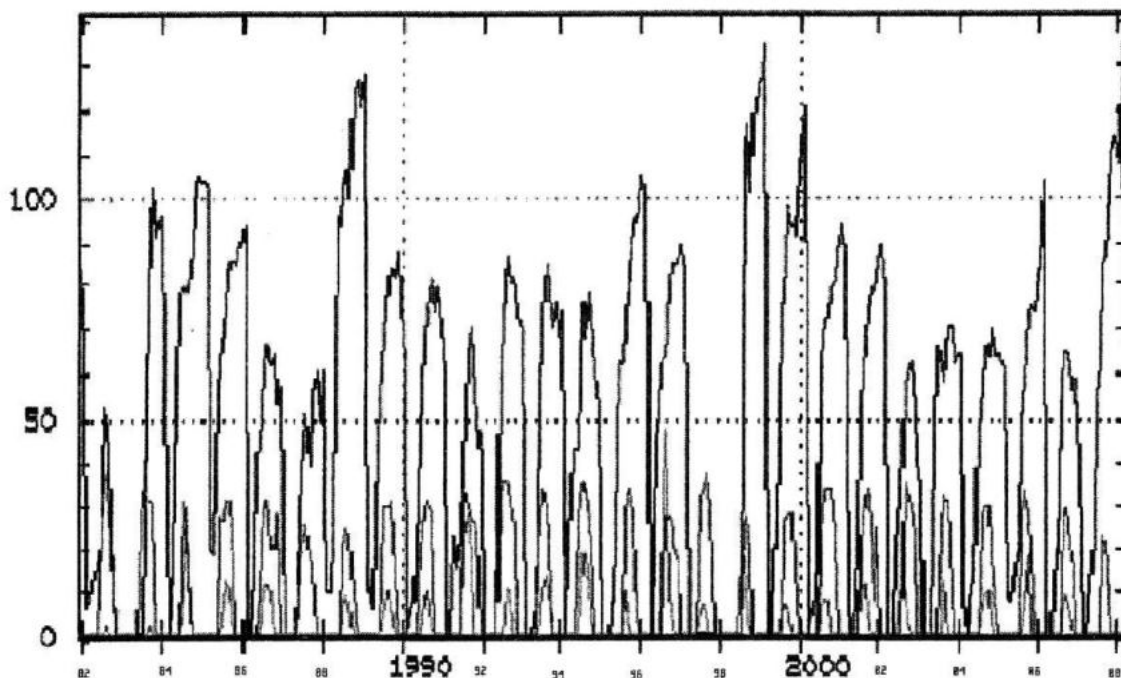
Для изучения температурного режима экваториальной зоны нами был выбран ряд спутниковых карт среднемесячной температуры поверхности Мирового океана за 1981-2008 гг. Изучались 3 региона экваториальных частей Тихого, Атлантического и Индийского океанов. На картах выделялись зоны с пониженной температурой поверхности. В Атлантическом и Тихом океанах исследовался район экватора, а в Индийском океане – район 49° в.д к северу от Мадагаскара 12° ю.ш. до 12° с.ш., где обычно проявляется апвеллинг. Районы исследований выделены на карте (рис. 1). Расчеты выполнялись для изотермы 25°C и ниже. Изучалось изменение во времени пространственной протяженности отрицательных аномалий температуры, из которых формировался соответствующий временной ряд.



Р и с. 1. Измеряемые расстояния протяженности отрицательных аномалий температуры воды в Тихом, Атлантическом и Индийском океанах (показано в белых прямоугольниках)

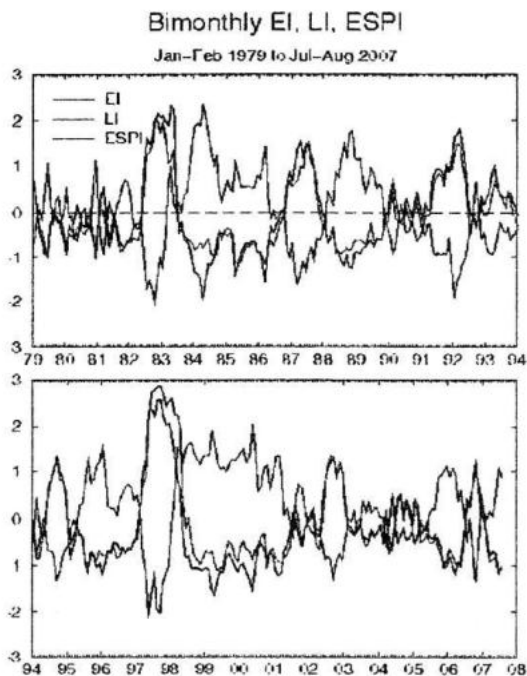
Расчёты производились с использованием программы Photoshop. Были сформированы ряды для каждого океана из 315 значений (Тихий океан, Атлантический и Индийский).

По данным протяженности аномалий температуры воды были построены графики временной изменчивости расстояния протяженности отрицательных аномалий температуры (рис. 2).



Р и с. 2. Изменения во времени протяженности зоны, занимаемой поверхностными водами с температурой ниже 25°C (чёрный цвет – район Тихого океана, серый цвет – район Атлантического океана, светло серый цвет – Индийский океан)

Было произведено сравнение расчетных данных с изменчивостью индекса Южного колебания (рис. 3).



Р и с. 3. Изменчивость индекса Южного колебания 1979-2008 гг.

Анализ приведенных данных показал, что наиболее четкое совпадение индекса Южного колебания с отрицательными аномалиями температуры поверхности Тихого океана проявилось в 1982-1983, 1987-1988 и в 1997-1998 гг. В другие годы исследуемый нами параметр не имел существенной корреляции с индексом Южного колебания. Важно отметить, что в указанные годы изменения индекса Южного колебания совпадали с реальными климатическими изменениями, чего не наблюдалось, например, в 2002 и в 2007 гг.

Установлено, что в Атлантическом и Индийском океанах процесс проявления холодных вод не прерывался ни разу, что соответствует постоянно существующим условиям, сходным с Ла-Нинья.

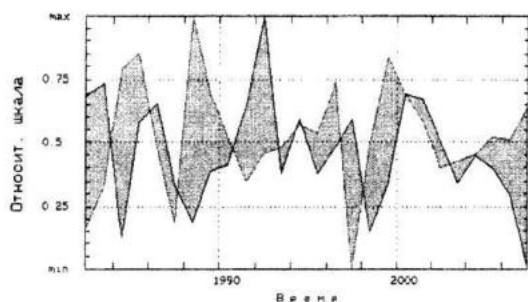
Экстремальные проявления апвеллингов по всей экваториальной зоне Мирового океана фиксируются в августе-сентябре каждого года. В Индийском океане апвеллинги формируются только в западной части океана. При максимальном проявлении апвеллинга в Тихом океане – в Атлантическом океане фиксируется его минимальная интенсивность. В Индийском океане возникает эпизодическая корреляция апвеллин-

гов то с Атлантическим, то с Тихим океанами. Следует подчеркнуть, что только для региона Тихого океана характерны условия эпизодически прекращающихся апвеллингов.

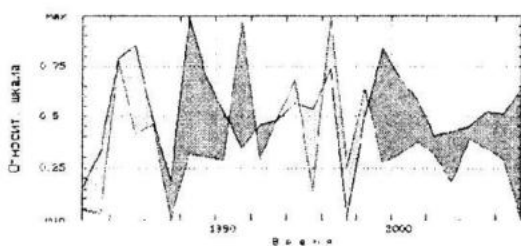
В результате выявлены следующие закономерности.

Если интенсивность апвеллинга в Тихом океане растет, то в Атлантическом – снижается (рис. 4).

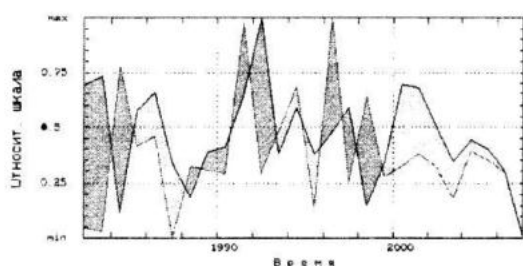
В Индийском океане возникают попеременные условия синхронизации апвеллинга то с Атлантикой, то с Тихим океаном (рис.5, рис 6).



Р и с. 4. Интенсивность апвеллинга в Тихом океане растет, в Атлантическом – снижается



Р и с. 5. Особенности проявления апвеллингов в Тихом и Индийский океанах

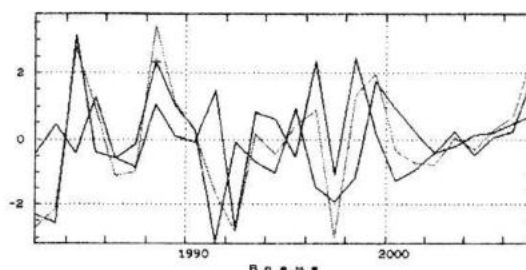


Р и с. 6. Особенности проявления апвеллингов в Индийском и Атлантическом океанах

Этот феномен пока не имеет объяснения, но отражает системность формирования апвеллингов экваториальной зоны Тихого, Индийского и Атлантического океанов.

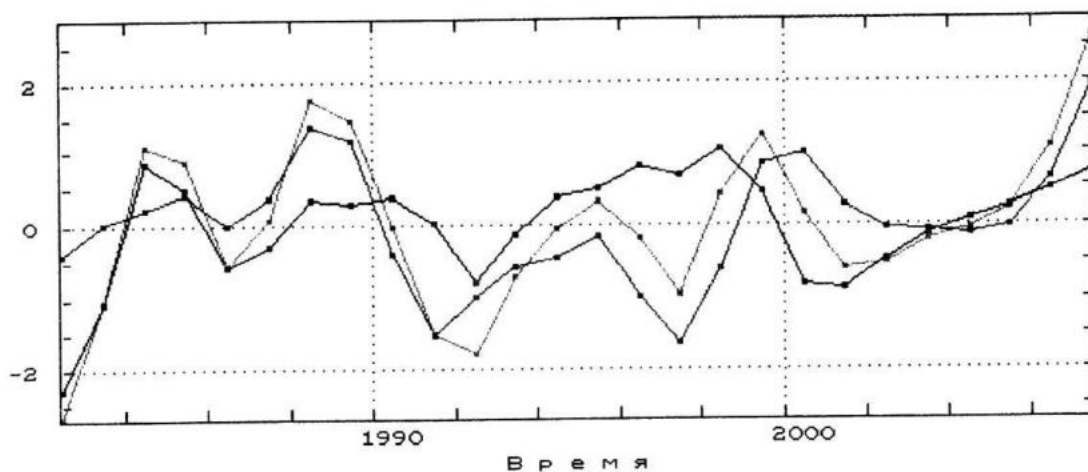
Для более детального изучения этого феномена нами были выполнены расчеты согласованных изменений апвеллинга в различных океанах. Для этого каждый ряд аномалий температуры мы подвергли такой процедуре: выполнили центрирование (вычли среднее значение). Затем провели нормирование (разделили то, что осталось на стандартное отклонение) и получили модифицированные ряды в безразмерных величинах, характеризующих степень отклонения параметра от среднего значения в стандартных отклонениях, соответствующих количеству числу сигм, что позволило выполнить между рядами вычисления.

В результате были выполнены процедуры вычитания из полученных рядов: Тихий – Атлантический океан, Тихий – Индийский океан, Индийский – Атлантический океан. Результаты показаны на (рис. 7).



Р и с. 7. Изменение во времени результатов вычитаний модифицированных рядов (светло серый: Тихий – Атлантический океан; серый: Тихий – Индийский океан; чёрный: Индийский – Атлантический океан)

Для получения тенденций было выполнено сглаживание полученных рядов фильтром Хеминга. Результаты показаны на (рис. 8).



Р и с. 8. Изменение во времени результатов вычитаний модифицированных рядов профильтрованным фильтром Хеминга (светло серый – Тихий – Атлантический океан, серый – Тихий – Индийский океан, чёрный – Индийский – Атлантический океан)

Выполненные вычисления показали, что полученные кривые подчиняются общей тенденции, они практически синхронны, что отражает системность апвеллингов в экваториальной зоне Мирового океана в августе месяце каждого года.

Для определения количественных характеристик степени связи были выполнены расчеты коэффициентов корреляции между модифицированными рядами: Тихий океан – Атлантический океан и Индийский океан – Атлантический океан $R=0.69$; Тихий океан – Атлантический океан и Тихий океан – Индийский океан $R=0.76$; Тихий океан – Индийский океан и Индийский океан – Атлантический океан $R=0.05$.

Нами так же было изучено изменение температуры воды во внутригодовом масштабе. Для этого был выполнен внутригодовой анализ проявления холодных вод в экваториальной зоне. В результате было обнаружено:

- синхронность появления холодной воды в экваториальной зоне во всех трёх океанах;

- максимальные значения распространения холодной воды вдоль экватора фиксируются в августе месяце, что не типично для экватора, где нет сезонов;

- было замечено что, холодная вода поступает на экватор не с течениями и не под воздействием пассатных ветров, а за счет поднятия к поверхности вод с нижележащих горизонтов океана.

Этот процесс типичен в восточных регионах как Тихого, так и Атлантического океана и даже в Индийском океане. Однако в Индийском океане поднятие холодной воды на поверхность происходит только в его западной части.

Можно сказать что, апвеллинг в экваториальных зонах Тихого, Атлантического и Индийского океанов – это одна общая система, реагирующая на климатические изменения.

В настоящее время нет никаких сведений о причинах интенсификации апвеллинга в экваториальной зоне Мирового океана в августе месяце каждого года. Поэтому сделаем небольшой экскурс, касающийся новых исследований в области геофизики. Исходя из известных геофизических данных можно отметить, что в последнее время обнаружена и дискутируется проблема годовой моды геодеформаций. Геодезическими методами обнаружена «Новая глобальная годовая мода геодеформаций» [3]. Установлено, что Северное полушарие в феврале – марте испытывает сжатие в результате растяжения Южного полушария. В августе–сентябре сжатие испытывает Южное полушарие за счет растяжения в Северном полушарии. Годовая мода деформаций в феврале–марте формирует эффект опускания поверхности геоида на 3 мм в районе Северного полюса, а экваториальное смещение на север измеряется 1,5 мм. Траекторный момент нагрузки в виде большого круга,

пересекающего континенты, достигает $6,9 \cdot 10^{22} \text{ кг} \cdot \text{м}$ вблизи северного полюса зимой. Это соответствует обмену масс между полушариями $1 \pm 0,2 \cdot 10^{16} \text{ кг}$ и создает дополнительные деформации Земли.

Возможно, этот процесс каким-либо образом при сжатии южного полушария в августе месяце создаёт изменения динамических процессов в экваториальной зоне, что и вызывает апвеллинги. Однако, отдельного рассмотрения требует вопрос формирования апвеллингов севернее Мадагаскара, изложенный в работе [4].

Ранее считалось, что Ла-Нинья проявляется после Эль-Ниньо. По протяженности зоны, занимаемой поверхностными водами с температурой ниже 25°C , нами фиксируется совсем иная картина. На протяжении продолжительного процесса Ла-Нинья, например 1984–1989 гг., на его пике, неожиданно наступает качественное изменение ситуации – возникает Эль-Ниньо (1987–1988 гг.). Другими словами, примерно каждые 12 лет начинается процесс активизации экваториального апвеллинга, длительностью 6 лет. В Тихом океане возникают специфические условия, на экстремуме развития этого процесса фиксируется повышение температуры поверхностных вод, что рассматривается как экологический кризис. После этого сбоя экваториальный апвеллинг возобновляется и продолжается. Затем обычно фиксируется 6-ти летний период обычных условий проявления экваториального апвеллинга.

Точно также в 1995 году началось Ла-Нинья и длилось до 1999 года. В период экстремального развития этого явления в системе произошел сбой и в 1997–1998 гг. – апвеллинг прекратился.

Выводы. Выполнен внутригодовой анализ появления холодных поверхностных вод в экваториальной зоне Мирового океана. Была обнаружена сезонная синхронность апвеллингов в экваториальной зоне во всех трёх океанах, что не типично для экваториальной климатической зоны, где нет сезонов. Максимальное значение площади распространения

холодной воды вдоль экватора всегда фиксируется в августе. Было подтверждено что, холодная вода поступает в экваториальную зону не с течениями (не под воздействием пассатных ветров), а в результате апвеллинга [5]. Этот процесс типичен для восточных регионов, как Тихого, так и Атлантического океанов. В Индийском океане выявлены существенные отличия: там поднятие холодной воды на поверхность происходит только в западной части океана. При максимальном проявлении апвеллинга в Тихом океане, в Атлантическом океане фиксируется его минимальная интенсивность. В Индийском океане возникает эпизодическая корреляция интенсивности апвеллингов то с Атлантическим, то с Тихим океанами. Только для региона Тихого океана характерны условия эпизодически прекращающихся апвеллингов. Установлено, что в Атлантическом и Индийском океанах процесс проявления холодных вод полностью не прерывался ни разу, что соответствует постоянно существующим условиям, сходным с Ла-Нинья.

Установлено, что явление Эль-Ниньо формируется на экстремуме проявления явления Ла-Нинья, как стабилизирующий фактор.

Похоже, что, экваториальные апвеллинги проявления исключительно ротационного характера, так как формируются по экватору. Это явление не связано с атмосферной циркуляцией и инсоляцией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Эль-Ниньо>
2. http://www.oceanographers.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=1562&Itemid=262
3. *Science* 2001 – № 5530
4. *Мальшев А.И.* Новая парадигма Эль-Ниньо. – МГФИНАНУ, 2010. – № 14 – С. 263 – 265.
5. *Кучеренко Н.В., Мальшев А.И., Капочкин Б.Б.* Сезонная изменчивость экваториального апвеллинга. – МГФИ НАНУ. – 2009. – № 13. – С. 417 – 419.