УДК 551.465.7

ЧТО ПРОИСХОДИТ С ТЕМПЕРАТУРОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОКЕАНА В ЗОНЕ КАНАРСКОГО АПВЕЛЛИНГА В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА?

А.Б. Полонский, А.Н. Серебренников

Институт природно-технических систем
г. Севастополь, ул. Ленина, 28
E-mail: swsilv@gmail.com

На основе анализа ежесуточных данных о температуре поверхности океана (ТПО) с 1982 по 2015 гг. показано, что около половины повышения ТПО в зоне Канарского апвеллинга вызвано глобальным потеплением, а вторая половина – ослаблением апвеллинга.

Введение. Изменчивость температуры поверхности океана (ТПО) в области Канарского апвеллинга достаточно хорошо изучена. Известно, что у побережья Западной Африки наблюдается хорошо выраженное понижение ТПО, обусловленное сгонным действием северо-восточного пассата, усиливающегося в зимний период [1, 2]. Наблюдается также достаточно интенсивная межгодовая изменчивость ТПО в этом районе Мирового океана, связанная с основными климатическими модами, типа Эль-Ниньо-Южного колебания или Восточно-атлантического колебания [3 – 5].

Что касается региональной изменчивости ТПО с типичными временными масштабами 30 лет, то она изучена не так подробно [6, 7]. Вместе с тем, накоплен обширный массив данных о ТПО с высоким пространственно-временным разрешением за достаточно продолжительный период, превышающий 30 лет. Он позволяет на статистически значимом уровне отделить трендовую компоненту изменчивости ТПО, обусловленную глобальным потеплением, изменением общей циркуляции атмосферы, приводящим к ослаблению пассатов на климатическом масштабе, и более высокочастотные компоненты, связанные с изменчивостью интенсивности северо-восточного пассата. Это и составляет главную цель настоящей работы.

Характеристика использованных данных и методика их обработки. Для характеристики изменчивости ТПО в районе Канарского апвеллинга использовались ежедневные карты ТПО с пространственным разрешением 0,25 х 0,25 градусов в области, ограниченной координатами 10º – 30º с.ш. и 10º – 20º з.д.

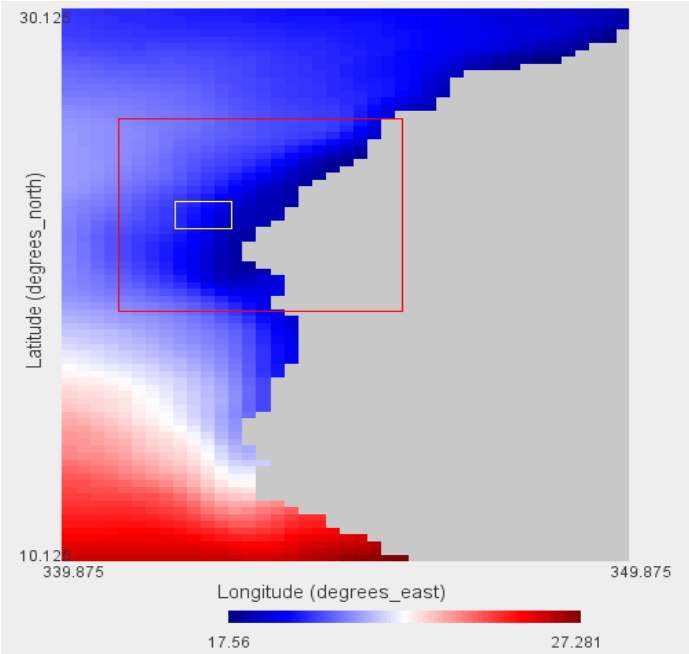
Был рассмотрен период 34 года – с 1982 по 2015 гг. Глобальные карты ТПО были получены с сайта NASA PO.DAAC (Physical Oceanography Distributed Active Archive Center). Данные с сайта уже прошли обработку на так называемом 4-ом уровне. Выполнена радиометрическая и геометрическая коррекция, географическая привязка данных, фильтрация, спектральная обработка, синтез многоканальных изображений. В данных нет пробелов, т.к. использовался статистический синтез данных из разных источников с применением оптимальной интерполяции. В качестве источника первичных данных использовались спутниковые изображения (AVHRR7, AVHRR19, METEOP-A), контактные судовые и буйковые измерения. Из глобальных карт ТПО были вырезаны ежедневные карты для области Канарского апвеллинга и прилегающих районов по указанным выше координатам.

Для каждой декады (34 года * 12 месяцев * 3 декады) и каждой точки пространства (81 * 41) было рассчитано среднее арифметическое значение и стандартное отклонение ТПО. Полученные временные ряды подвергались низкочастотной фильтрации. Такой же процедуре подвергались временные ряды ТПО, осредненной с различным пространственным масштабом (рис. 1) и термический индекс апвеллинга (ТИА). Термический индекс апвеллинга представляет собой разность ТПО в апвеллинговой зоне и вне зоны прибрежного апвеллинга на расстоянии примерно 500 км от берега на той же широте. Для вычисления ТИА был взят участок акватории с координатами 10º – 30º с.ш. и 24º – 26,5º з.д. В эти 2,5º по широте укладываются 10 точек, по которым и было выполнено осреднение.

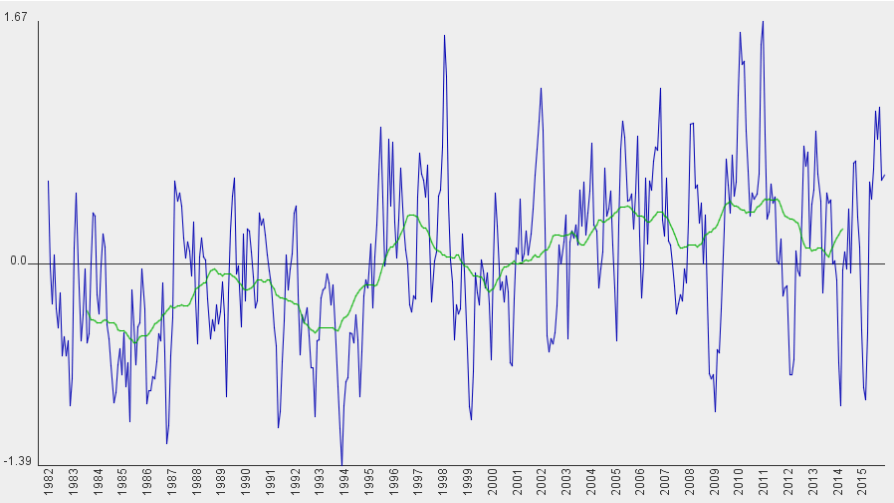
Потепление поверхности воды в зоне апвеллинга может быть связано с общим повышением температуры океана из-за

глобального потепления и с ослаблением пассата. Чтобы исключить влияние общего потепления на изменение ТПО в зоне апвеллинга и используется ТИА.

Результаты, их обсуждение и выводы. Рис. 2 – 4 ясно указывают на тот факт, что ТПО растет во всей рассматриваемой области. Скорость ее роста близка к глобальному повышению температура верхнего слоя океана вследствие антропогенного потепления [8], превышая ее на 30%. Аналогично выглядят временные ряды ТПО, осредненные по другим областям, показанным на рис. 1 прямоугольниками (рис. 4). При этом в апвеллинговой зоне скорость повышения ТПО выше, чем в среднем по всей области, приблизительно в 1,5 раза. Это свидетельствует об ослаблении сгонного эффекта северо-восточного пассата на климатическом масштабе.

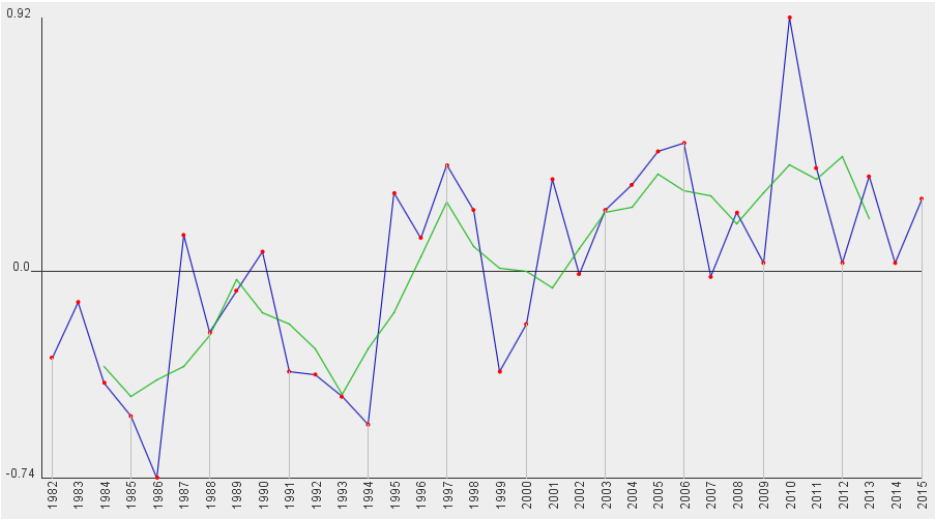


Р и с. 1. Климатическая ТПО за первую декаду января, полученная по 34-летним рядам. Прямоугольниками показаны области, по которым производилось пространственное осреднение ТПО

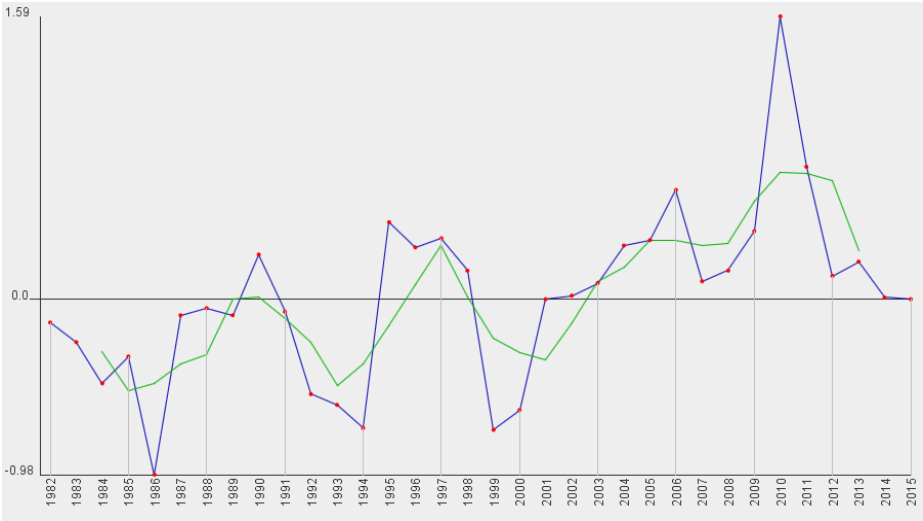


Р и с. 2. Временная изменчивость среднедекадной ТПО, осредненной по всей рассматрваемой области. Зеленым показан временной ход осредненной по 40 декадам ТПО

Для отделения трендовой компоненты, обусловленной глобальным потеплением, от изменчивости ТПО, связанной собственно с апвеллингом, обратимся к рис. 3 – 5. На них хорошо видно, что в изменчивости ТИА присутствует значимый положительный тренд, который приблизительно в 2 раза меньше, чем во временном ходе ТПО в зоне апвеллинга. Это свидетельствует о том, что около половины повышения температуры верхнего слоя вод в зоне Канарского апвеллинга вызвано глобальным потеплением, а вторая половина – ослаблением апвеллинга.



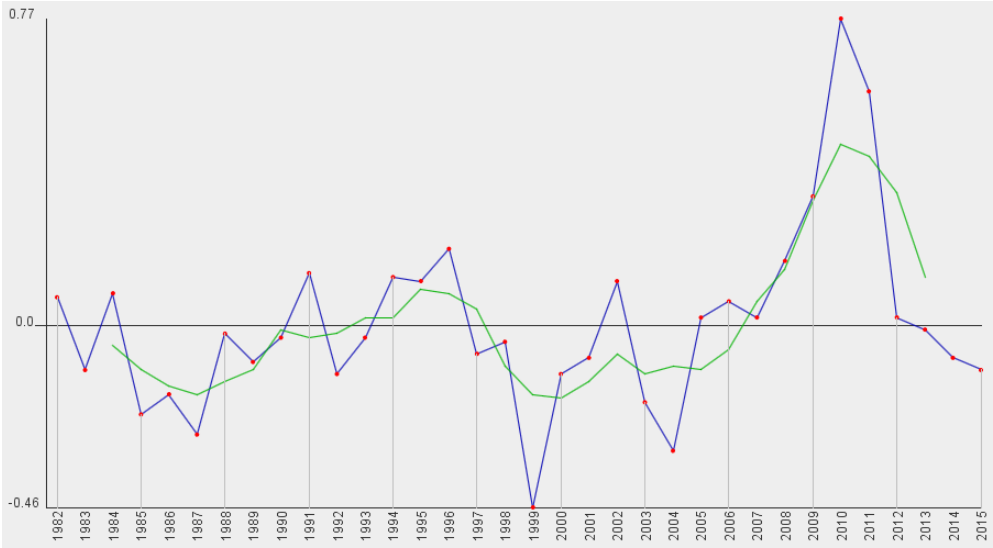
Р и с. 3. Временной ход ежегодной ТПО, осредненной по всей анализируемой области (синия кривая), и сглаженной по 5-леткам ТПО (зеленая кривая)



Р и с. 4. Временной ход ежегодной ТПО, осредненной по области 22º – 23º с.ш. и 18–17º з.д. (желтый прямоугольник на рис. 1) (синия кривая), и сглаженной по 5-леткам ТПО (зеленая кривая)

Отметим, что положительный тренд во временном ходе ТИА обусловлен главным образом увеличением индекса к концу анализируемого периода, а точнее – большими положительными величинами ТИА, наблюдаемые в 2009 – 2011 гг. Эти аномалии можно считать проявлением межгодовых вариаций ТПО, связанным с

ослаблением сгонных ветров на протяжении нескольких последовательных лет. Для того, чтобы окончательно удостовериться в наличии более долговременной тенденции ослабления интенсивности апвеллинга, необходимо продолжить контроль за изменчивости ТИА в регионе. Вместе с тем, не вызывает сомнения сам факт ослабления апвеллинга в период между 2007 и 2012 гг. и наличие положительного тренда ТПО. Таким образом, косвенно подтверждается факт ослабления северо-восточного пассата в процессе потепления Северной Атлантики из-за уменьшения термической разницы между экватором и Северным полюсом.



Р и с. 5. Временной ход среднегодового ТИА и сглаженного по 5-леткам ТИА (зеленая кривая)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bulgakov N.P., Polonsky A.B., Popov Yu.I., et al.* Variability of the temperature field off the North-Western Coast of Africa. Simposio inter. sobre las AREAS de afloramiento mas Import.del Oeste Africano, Barcelona, 1985. 14 p.
2. *Govorushko S.M.* Upwelling and Downwelling: Description, Mechanisms and Biological and Climatic Significance // Upwelling: Mechanisms, Ecological Effects and Treats to Biodiversity / Ed. by W.E. Fischer and A.B. Green. N.Y.: Nova Science Publ. Inc., 2013. P. 77–88.
3. *Barnston A.G. and Livezey R.E.* Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns, Mon. Weath. Rev., 1987. Vol. 115. No. 6. P. 1083–1126.
4. *Marshall J., Kushnir Y., Battisti D., et al.* North Atlantic climate variability: Phenomena, impacts and mechanisms, Int. J. Climatol. 2001. Vol. 21. No. 15. P. 1863–1889.
5. *Polonsky A.B., Basharin D.V., Voskresenskaya E.N., et al.* Relationship between the North Atlantic Oscillation, Euro-asian climate anomalies and Pacific variability // Physical Oceanography, 2004. Vol. 2. No. 1-2. P. 52–66.
6. *Eden C., Jung T.* North Atlantic Interdecadal variability oceanic Response to the North Atlantic Oscillation (1865–1997) // J. Climate, 2001. Vol. 14. No 5. P. 676–691.
7. *Enfield D.B., Cid-Serrano L.* Secular and multi-decadal warmings in the North Atlantic and their relationships with major hurricane activity. Int. J. of Climatology. 2010. V. 30. N 2. P. 174–184, DOI: 10.1002/joc.1881.
8. *IPCC4* Assessment (Topics 1 and 2), 2007. P. 1–14.