

ПОЧЕМУ РАЗВИТИЕ СОБЫТИЙ ЭНЮК МОЖЕТ БЫТЬ ОСЛАБЛЕНО ИЛИ УСИЛЕНО?

Степанов В.Н.¹

¹ФГБУ «ГИДРОМЕТЦЕНТР РОССИИ», 123242, г. Москва, Большой
Предтеченский пер., д.11-13, 8(499)795-21-71, vlnt@hotmail.co.uk

The paper presents the possible reason of the weakening of the interrelation between the variability in wind and water volume in the tropical warm pool in the western equatorial Pacific and the development of El Niño – Southern Oscillation event (ENSO). It is demonstrated that the variability in atmospheric conditions near the Drake Passage can affect the ENSO strength.

В докладе рассматривается гипотеза, основанная на результатах численных экспериментов [1, 2], что атмосферная изменчивость над Антарктическим циркумполярным течением (АЦТ) может существенно усиливать явления Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНЮК). Эта гипотеза позволяет на основе анализа полей приземного давления, РА, объяснить, почему предикторы, предложенные в [6], стали неспособными предсказывать ЭНЮК после 2000г.

В работах [1, 2] было показано, что изменчивость ветра над АЦТ совместно с эффектом топографии и береговой линии может приводить к появлению аномалий в поле давления и плотности в Южном океане (ЮО). Возникновение этих аномалий обусловлено короткопериодной изменчивостью меридиональных потоков массы в тихоокеанском секторе ЮО к северу от 47° ю.ш., которая приводит к существенной изменчивости океанской массы в Тихом океане (ТО) к северу от 40° ю.ш. [1]. Эта изменчивость океанской массы в ТО статистически значимо негативно коррелирована с силой ветра над АЦТ и положительно с ЭНЮК событиями. На изменчивость меридиональных массовых потоков в тихоокеанском секторе ЮО существенно влияет баланс между напряжением трения ветра и сопротивлением давления на рельефе в проливе Дрейка (ПД) [11], зависящим от разности придонного давления между западной и восточной сторонами ПД.

Возникающие в ЮО плотностные аномалии, в регионах, где наблюдается сильная изменчивость этих меридиональных массовых потоков в

тихоокеанском секторе ЮО [1, 2], могут переноситься в низкие широты ТО посредством волнового механизма, описанного в [5]. Здесь они взаимодействуют со стратификацией, приводящей к изменению наклона термоклина в тропической части ТО, что, в свою очередь, может способствовать более интенсивному развитию явлений ЭНЮК [1, 2].

Сила ветра над АЦТ зависит от структуры поля приземного давления, РА, [3]. Поле РА над АЦТ имеет почти зональную структуру, при этом около ПД наблюдается высокая изменчивость РА. То есть, иногда в этом регионе, вместо обычного низкого атмосферного давления, может установиться антициклоническая или циклоническая атмосферная циркуляция (см, например, [8, 9]). Корреляция между силой ветра над АЦТ и РА показывает, что максимальный ветер над АЦТ наблюдается когда низкое РА устанавливается над южной и юго-восточной частями ЮО, и, наоборот, слабый ветер над АЦТ обусловлен появлением блокирующего антициклона над юго-восточной частью тихоокеанского сектора ЮО. Таким образом, высокое атмосферное давление, установившееся около ПД, может «заблокировать» ПД и привести к аномалии суммарного меридионального массового потока, направленного к экватору, которая, как было показано в [1, 2], приводит к установлению благоприятных условий, усиливающих развитие теплового ЭНЮК. В то время как пониженное атмосферное давление, установившееся над этим регионом, «ускоряет» ветер над АЦТ и приводит к аномалии суммарного меридионального массового потока в тихоокеанском секторе ЮО, направленного к полюсу, что способствует развитию максимальной фазы холодного ЭНЮК [1, 2]. Величина лага между изменениями атмосферных условий над АЦТ и достижением максимальной фазы развития ЭНЮК (~4 мес) согласуется с временной оценкой, полученной в [1, 2, 5]. Сходные распределения РА аномалий также наблюдались за 3-5 месяцев до развития максимальной фазы ЭНЮК в 1992, 1994, 1995, 2000, 2002, 2004, 2006, 2007, 2008, 2009 и 2010 гг.

Анализ поля РА в юго-восточной части ТО методом ЭОФ обнаружил дополнительный механизм, объясняющий изменение ЭНЮК характеристик в 2000-х годах. Первая мода главных компонент ЭОФ1, похожая на осредненную по времени структуру поля РА над АЦТ, объясняет около 44% от общей изменчивости поля РА над данной областью за 1989-2013 г. период. Вторая мода ЭОФ2, объясняющая около 14% суммарной изменчивости РА, представляет собой зональную дипольную структуру, расположенную около ПД, которая согласуется с картиной изменчивости поля РА, описанной ранее. Наконец, мода ЭОФ5, объясняющая 5%

от суммарной изменчивости PA, описывает меридиональную дипольную структуру, находящуюся на западе от ПД, которая характеризует изменчивость меридионального градиента поля PA.

Кросс-корреляционный анализ между временными рядами коэффициентов разложения (PC1, PC2 и PC5) главных компонент ЭОФ1, ЭОФ2, ЭОФ5 и NINO3.4 при разных лагах за весь период 1989-2013 гг. дает максимальные коэффициенты корреляции 0,45; 0,55 и 0,38 для PC1, PC2 и PC5, опережающих изменение NINO3.4 на 1, 4 и 8 мес, соответственно. Однако, следует отметить, что корреляции между PC1, PC2 и NINO3.4 для всего периода 1989-2013 гг. и для двух периодов 1989-2001 гг. и 2002-2013 гг. сопоставимы (около 0,4 для PC1 и 0,5 для PC2), но корреляции между PC5 и NINO3.4 для этих периодов существенно различаются: за 2002 по 2013г.г. она равна ~0,8, тогда как с 1989 по 2001 гг. PC5 и NINO3.4 не коррелируют вообще. Поскольку ЭОФ5 характеризует зональную скорость ветра над рассматриваемой областью, градиент которой определяет неустойчивость струйных течений над этой областью, то высокая корреляция между PC5 и NINO3.4 означает, что неустойчивость воздушного струйного течения над данным регионом ведет к формированию аномалий поля PA, способствующих развитию ЭНЮК. Это становится существенным процессом в развитии максимальной фазы ЭНЮК после 2002 г., опережая максимальную фазу развития этого явления на 8 мес, то есть это событие совпадает по времени с началом развития ЭНЮК.

Изменчивость ЭОФ3 моды здесь не рассматривается, так как мода ЭОФ3 очень похожа на тихоокеанско-южно-американскую моду [7] и структура ЭОФ3 в значительной степени определяется событиями ЭНЮК [4, 10]. Мода ЭОФ4 здесь также не рассматривалась из-за ее сходства с ЭОФ2 (наличие области высокого/низкого давления, как около, так и вверх по течению от ПД) и наличия незначительной корреляции между коэффициентом разложения этой компоненты PC4 и NINO3.4.

Ослабление взаимосвязи между ЭНЮК и изменчивостью ветра совместно с объемом вод тропического теплого бассейна связано с тем, что процессы взаимодействия атмосферы и океана в тропиках Тихого океана стали оказывать меньшее влияние на развитие явлений ЭНЮК (по сравнению с процессами, происходящими в Южном океане). Это обусловлено более теплым состоянием океана, которое наблюдается с конца 1990-х годов, способствующим уменьшению зонального градиента температуры поверхностного слоя в тропиках, что приводит к меньшей атмосферной изменчивости в тропиках, в то время как над Южным океаном эта изменчивость остается прежней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов В.Н. Изменчивость процессов меридионального переноса в Южном Океане и возможная связь этих процессов с Эль-Ниньо // *Океанология*. 2009. Т. 49, № 1, С. 5–19.
2. Степанов В.Н. Воспроизведение явлений Эль-Ниньо с помощью простой модели// *Океанология*. 2009. Т. 49, № 3, С. 337–347.
3. Степанов В.Н. О вероятной причине изменения характеристик Эль-Ниньо в 2000-е годы // *Метеорология и гидрология*. 2016. № 11, С. 22–40.
4. Carleton A.M Atmospheric teleconnections involving the Southern Ocean // *J. of Geophysical Research*, 2003. V.108(C4), DOI: 10.1029/2000JC000379.
5. Ivchenko V.O., Zalesny V. B., Drinkwater M.R. Can the equatorial ocean quickly respond to Antarctica sea ice/salinity anomalies? // *Geophys. Res. Letters*. 2004. V. 31. L15310, doi:10.1029/2004GL 020472.
6. McPhaden, M. J. Tropical Pacific Ocean heat content variations and ENSO persistence barriers // *Geophys. Res. Lett.* 2003. V.30(9), L1480, doi:10.1029/2003GL016872.
7. Mo K.C. and Ghil M. Statistics and dynamics of persistent anomalies// *J. Atmos. Sci.* 1987. V.44(5), DOI:10.1175/1520-0469(1987)044<0877:SADOPA>2.0.CO;2
8. Oliveira F.N. M., L.M. V. Carvalhoc, and Ambrizzi T. A new climatology for Southern Hemisphere blockings in the winter and the combined effect of ENSO and SAM phases// *Int. J. Climatol.* 2013. V.34(5). P. 1676-1692.
9. Renwick J.A. ENSO-related variability in the frequency of South Pacific Blocking. *Monthly Weather Review*. 1998. 126: 3117–3126.
10. Sinclair M.R, J.A. Renwick and Kidson J.W. Low-Frequency Variability of Southern Hemisphere Sea Level Pressure and Weather System Activity // *Mon Wea Rev.* 1997. V.125(10), DOI: 10.1175/1520-0493(1997)125<2531:LFVOSH>2.0.CO;2.
11. Stepanov V.N., Hughes C.W. Propagation of signals in basin-scale bottom pressure from a barotropic model // *J. Geophys. Res.* 2006. V. 111. C12002, doi:10.1029/2005JC003450.