

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ ЭЛЬ-НИНЬО В ВЕРХНИХ СЛОЯХ АТМОСФЕРЫ

А.Н. Вяткин, О.С. Зоркальцева

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
aptemzm1997@gmail.com

STUDY OF EL-NINO EFFECTS IN THE UPPER ATMOSPHERE

A.N. Vyatkin, O.S. Zorkaltseva

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia
aptemzm1997@gmail.com

Аннотация. Глобальным процессом в нижних слоях является Эль-Ниньо-Южное колебание (ЭНЮК). Не вызывает сомнения проявление ЭНЮК в погодных и климатических аномалиях в разных регионах земного шара. Однако остается открытым вопрос, воздействует ли Эль-Ниньо на атмосферные процессы над Азиатским регионом, в частности, на верхние слои атмосферы. Для ответа на этот вопрос проведен комплексный анализ данных модели средней и верхней атмосферы для положительной и отрицательной фаз ЭНЮК.

Ключевые слова: Эль-Ниньо-Южное колебание, мезосфера — нижняя термосфера, планетарные волны, модель средней и верхней атмосферы.

Abstract. The global process in lower layers is the El Niño Southern Oscillation (ENSO). There is no doubt about ENSO manifestations in weather and climate anomalies in different regions of the world. However, the question remains whether El Niño affects atmospheric processes over the Asian region, in particular, the upper atmosphere. To answer this question a comprehensive analysis of the data of the middle and upper atmosphere model for the positive and negative ENSO phases has been carried out.

Keywords: El Niño Southern Oscillation, mesosphere — lower thermosphere, planetary waves, middle and upper atmosphere model.

ВВЕДЕНИЕ

Эль-Ниньо-Южное колебание (ЭНЮК) представляет собой процесс взаимодействия океана и атмосферы, происходящий в экваториальной части Тихого океана, но имеющий значительные климатические последствия во всем мире. События Эль-Ниньо характеризуются повышением температуры поверхности океана в центральной части Тихого океана, большим количеством облаков над Тихим океаном и аномалиями циркуляции Уокера. Эль-Ниньо приводит к охлаждению экваториальной стратосферы и уменьшению температурного градиента между низкими широтами и полярным вихрем, ослабляя последний. В среднем полярный стратосферный вихрь слабее в годы Эль-Ниньо, чем в годы Ла-Нинья. Это означает, что в среднем зимняя стратосфера в высоких широтах теплее в годы Эль-Ниньо, однако мезосфера холоднее, что подтверждается спутниковыми данными и модельными экспериментами [García-Herrera et al., 2006; Li et al., 2011; Li et al., 2013]. Считается, что Эль-Ниньо приводит к повышенной вероятности возникновения мажорных стратосферных потеплений [Taguchi, Hartmann, 2006]. Есть свидетельства того, что Эль-Ниньо проявляется и на верхних уровнях атмосферы. Например, в работах [Jacobi, Kürschner, 2002; Jacobi et al., 2017] обнаружена корреляция между Эль-Ниньо и зональным ветром на высоте 90 км над Германией. Сравнение индекса Эль-Ниньо и временных рядов ветра в мезосфере — нижней термосфере (МНТ) показывает, что в январе и феврале зональные ветры положительно коррелируют с индексом ЭНЮК. Авторы обнаружили задержку около одного месяца в реакции зонального ветра МНТ по отношению к индексу Эль-Ниньо. Наибольшие корреляции отмечались

на высотах ~90 км и ослабевали с уменьшением высоты. Таким образом, был сделан вывод, что в годы Эль-Ниньо зимнее струйное течение в верхней и средней атмосфере слабее. Наблюдательные эффекты были качественно воспроизведены с использованием механистической модели глобальной циркуляции с заданными температурами тропосферы и выделением скрытого тепла для условия Эль-Ниньо и Ла-Нинья. Исследование вертикальной взаимосвязи атмосферных процессов [Jacobi, Kürschner, 2002; Jacobi et al., 2017] проведено на примере европейской обсерватории. В рамках данной работы внимание будет сфокусировано на особенностях поведения метеопараметров верхних слоев атмосферы при разных фазах ЭНЮК над Азиатским регионом.

ДАнные И МЕТОды

Моделирование зимней циркуляции атмосферы до высот 120 км было проведено с помощью модели средней и верхней атмосферы (МСВА). МСВА представляет собой трехмерную нелинейную модель общей циркуляции атмосферы, реализованную на сетке 5.625° по долготе, 5° по широте. В качестве вертикальной координаты используется лог-изобарическая высота $z = -H \ln(p/1000)$, где p — давление в гПа; $H = 7$ км. В последнюю версию МСВА включены новые параметризации: эффекты орографических гравитационных волн и нормальных атмосферных мод. Кроме того, в настоящей версии МСВА используются новые климатические распределения озона и паров воды в тропосфере, учитывающие долготные вариации. Для параметризации ЭНЮК в модели МСВА использовались данные MERRA о конвективных осадках. Распределение темпов нагрева рассчитывалось с использованием эмпирической

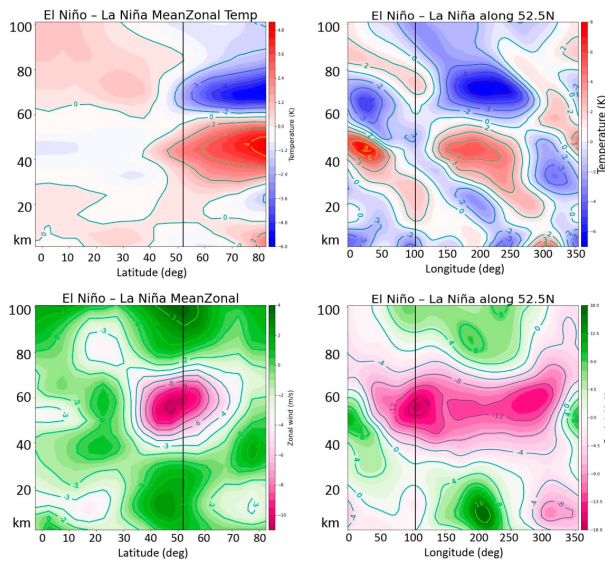


Рис. 1. Вертикальные профили разностей температуры во время Эль- и Ла-фаз ЭНЮК (ΔT) для среднезональных значений (слева) и ΔT вдоль широты $52.5^\circ N$ (справа). Вертикальные профили разностей зонального ветра во время Эль- и Ла-фаз ЭНЮК (ΔU) для среднезональных значений (слева) и ΔU вдоль широты $52.5^\circ N$ (справа)

формулы, предложенной в [Hong, et al., 1980]. На основе индексов ЭНЮК (MEI) были выбраны годы с положительной и отрицательной фазами ЭНЮК и построены композиты температуры скрытого тепла и нижние граничные условия для января этих лет. Распределение скоростей нагрева аппроксимировалось набором зональных гармоник с зональными волновыми числами $m = 1 \div 4$ [Ermakova et al., 2019].

РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 1 (вверху) показаны вертикальные профили разностей температуры во время Эль- и Ла-фаз ЭНЮК (ΔT) для среднезональных значений (слева) и ΔT вдоль широты $52.5^\circ N$ (справа). Внизу показаны вертикальные профили разностей зонального ветра во время Эль- и Ла-фаз ЭНЮК (ΔU) для среднезональных значений (слева) и ΔU вдоль широты $52.5^\circ N$ (справа). Видно, что высокоширотная стратосфера находится в области положительных ΔT , а мезосфера — отрицательных. На широте $52.5^\circ N$ максимальные ΔT наблюдаются над областями Атлантики и Тихого океана, а знакопеременные ΔT — в области стратосферы. На широте и долготе Иркутска ΔU максимальны, видно, что эпизоды Эль-Ниньо ослабляют зональные потоки в стратосфере, но способствуют их усилению в тропосфере и мезосфере. Далее рассмотрим пространственные распределения ΔT на разных высотных уровнях.

На рис. 2 видно, что значительное влияние ЭНЮК оказывает на полярную область и районы Тихого океана и Атлантики. В стратосфере в области полярного вихря наблюдается положительная аномалия ΔT , в мезосфере — отрицательная. Знакопеременная по вертикали структура ΔT отмечается и над океанами. Очень вероятно, что эпизоды Эль-Ниньо генерируют планетарные волны, которые распространяются по большому кругу в Северное полушарие и воздействуют даже на высокие слои атмосферы. Но, как видно на рис. 1, 2, эффекты ЭНЮК максимальны

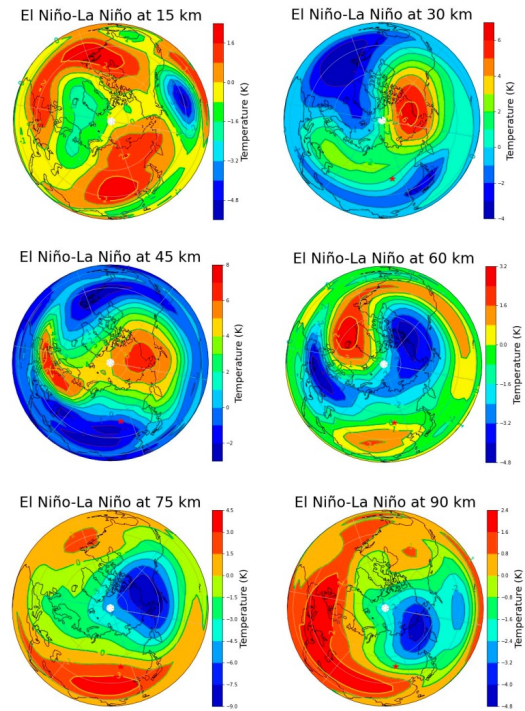


Рис. 2. Пространственное распределение разностей температуры во время Эль- и Ла-фаз ЭНЮК на различных высотах атмосферы

над океанами и в полярной области. Азиатский регион расположен на периферии возмущений, генерируемых ЭНЮК. В дальнейшем исследование будет продолжено и подкреплено спутниковыми данными и данными реанализа.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ №22-77-10008.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ermakova T.S, Aniskina O.G., Statnaia I.A., et al. Simulation of the ENSO influence on the extra-tropical middle atmosphere. *Earth, Planets and Space*. 2019. Vol. 71, iss. 1. Article id. 8. DOI: [10.1186/s40623-019-0987-9](https://doi.org/10.1186/s40623-019-0987-9).
- Garcia-Herrera R., Calvo N., Garcia R.R., Giorgetta M.A. Propagation of ENSO temperature signals into the middle atmosphere: A comparison of two general circulation models and ERA-40 reanalysis data. *J. Geophys. Res.* 2006. Vol. 111, D06101. DOI: [10.1029/2005JD006061](https://doi.org/10.1029/2005JD006061).
- Hong S-S, Wang P-H. On the thermal excitation of atmospheric tides. *Bull. Geophys.* 1980. Vol. 19. P. 56–84.
- Jacobi Ch., Ermakova T., Mewes D., Pogoreltsev A.I. El Niño influence on the mesosphere/lower thermosphere circulation at midlatitudes as seen by a VHF meteor radar at Collm (51.3N, 13E). *Adv. Radio Sci.* 2017. Vol. 15. P. 199–206. DOI: [10.5194/ars-15-199-2017](https://doi.org/10.5194/ars-15-199-2017).
- Jacobi Ch., Kürschner D. A possible connection of midlatitude mesosphere/lower thermosphere zonal winds and the Southern Oscillation. *Phys. Chem. Earth*. 2002. Vol. 27. P. 571–577. DOI: [10.1016/S1474-7065\(02\)00039-6](https://doi.org/10.1016/S1474-7065(02)00039-6).
- Li T., Calvo N., Yue J., et al. Influence of El Niño-Southern Oscillation in the mesosphere. *Geophys. Res. Lett.* 2013. Vol. 40. P. 3292–3296. DOI: [10.1002/grl.50598](https://doi.org/10.1002/grl.50598).
- Lu C., Liu Y., Liu C. Middle atmosphere response to ENSO events in Northern Hemisphere winter by the Whole Atmosphere Community Climate Model. *Atmos.-Ocean*. 2011. Vol. 49. P. 95–111. DOI: [10.1080/07055900.2011.576451](https://doi.org/10.1080/07055900.2011.576451).
- Taguchi M., Hartmann D.L. Increased occurrence of stratospheric sudden warmings during El-Niño as simulated by WACCM. *J. Climate*. 2006. Vol. 19. P. 324–332. DOI: [10.1175/jcli3655.1](https://doi.org/10.1175/jcli3655.1).