



ЯВЛЕНИЕ ЛА-НИНЬЯ 2020-2021 ГГ. И ЕГО ПРОЯВЛЕНИЯ В ЕВРОПЕЙСКОМ РЕГИОНЕ

О.В. Марчукова, Е.Н. Воскресенская, А.С. Лубков

Институт природно-технических систем, РФ, г. Севастополь, ул. Ленина, 28
E-mail: olesjath@mail.ru

Исследуется Ла-Нинья 2020–2021 гг. по данным о температуре поверхности океана массива HadISST и течений на глубине 5 м океанического реанализа NCEP GODAS. Пространственно-временной анализ аномалий в Тихом океане выявил, что Ла-Нинья, возникшее в сентябре 2020 г., относится к Восточно-Тихоокеанскому типу. Его максимальная интенсивность по аномалии температуры составляет $-1,12^{\circ}\text{C}$, при этом зрелая фаза приходится на октябрь–декабрь. Сформировавшееся Ла-Нинья 2020–2021 вызвало отклик в аномалиях температуры воздуха над восточной и северо-восточной Европой в осенние и зимние месяцы. Полученные результаты оценки исследованного отклика подтвердили закономерности проявления Ла-Нинья восточного типа в аномалиях температуры воздуха в Европе, выявленные ранее по данным за 1870 по 2019 гг.

Ключевые слова: Ла-Нинья, температура поверхности океана, течения, аномалии температуры воздуха, Европа.

Поступила в редакцию: 05.02.2023. После доработки: 17.03.2023.

Введение. Эль-Ниньо – Южное Колебание (ЭНЮК) представляет собой квазидвух- и восьмилетние изменения в климатической системе Земли и является первой основной модой глобальной аномалии температуры поверхности океана (ТПО), составляющей 18% от общей дисперсии [1–4]. ЭНЮК имеет две фазы колебания – положительную (Эль-Ниньо), и отрицательную (Ла-Нинья). Первое характеризуется положительной аномалией температуры, а второе – отрицательной. Образование и развитие ЭНЮК – это сложный механизм, как в пространственном, так и во временном отношении. При этом как для Эль-Ниньо, так и для Ла-Нинья выделено два пространственных типа аномалий ТПО – Центрально-Тихо-океанский (ЦТ) и Восточно-Тихоокеанский (ВТ) типы [5–7 и 8–10]. При этом явления Ла-Нинья, в отличие от Эль-Ниньо, могут длиться два и три года подряд [12–14], а их прогнозирование является одной из самых сложных и нерешенных до конца проблем в науках о Земле [15, 16].

Одним из актуальных направлений исследований, связанных с ЭНЮК, является изучение глобальных откликов на его эпизоды Эль-Ниньо и Ла-Нинья в

климатических аномалиях разных регионов Земли. Ранее с использованием многодесятилетних данных до 2019 г. нами выявлены закономерности проявления ВТ Ла-Нинья на территории Европы и сделаны выводы, что температурные аномалии в Европе в годы Ла-Нинья формируются опосредованно через интенсификацию Северо-Атлантического и Восточно-Атлантического колебаний (САК и ВАК) [17, 18]. Цель настоящей работы – проанализировать недавно произошедшее событие Ла-Нинья 2020–2021 гг. и его проявления в Европейском регионе.

Данные и методы. В работе для анализа Ла-Нинья 2020–2021 гг. используются следующие наборы данных:

– реконструированные данные температуры поверхности океана (ТПО) из массивов HadISST [19] с 1870 по 2021 гг. на сетке $1^{\circ}\times 1^{\circ}$;

– данные скоростей и направлений течений на глубине 5 м из реанализа NCEP GODAS [20] с 1981 по 2021 гг. с разрешением сетки $1^{\circ}\times 1^{\circ}$;

– ежедневные данные приземных наблюдений за температурой воздуха, привязанных к сетке с разрешением

0,1°×0,1° из базы E-OBS 19.0e с 1950 по 2021 гг. [21].

Ряд индексов пассатных ветров (TWI), рассчитанных на 850 мб изобарической поверхности для трех районов Тихого океана – восточного, центрального и западно-экваториального из CPC NOAA с 1979 г. по н.в.

Для анализа особенностей Ла-Нинья 2020-2021 гг. используется индекс Nino3.4, представляющий осредненные ежемесячные аномалии ТПО в районе 5°с.ш.–5°ю.ш. и 170°з.д.–120°з.д.

Для определения типа явления Ла-Нинья применяется методология [22], в которой сравниваются индексы аномалий ТПО в районах Nino3 (5°с.ш.–5°ю.ш., 150°з.д.–90°з.д.) и Nino4 (5°с.ш.–5°ю.ш., 160°в.д.–150°з.д.).

Методом анализа композитов получены среднемесячные аномалии температуры воздуха в Европе в периоды событий разных типов Ла-Нинья с учетом статистической значимости на 95% уровне.

Результаты исследования. В октябре 2020 г. ВМО объявлено о развитии явления Ла-Нинья, которое, как ожидалось, должно было продлиться до следующего года и повлиять на температуру воздуха, количество осадков и характер траекторий движения циклонов.

Мониторинг этого события по индексу Nino3.4 показал, что очередная холодная аномалия началась в сентябре 2020 г. (аномалия ТПО=-0,59°С), а закончилась, спустя восемь месяцев, в апреле 2021 г. (рис. 1). Максимальная фаза развития Ла-Нинья 2020–2021 пришлось на октябрь–декабрь, а интенсивность события составила минус 1,12°С.

Анализ пространственного распределения аномалий температуры воды и поверхностных течений по данным реанализа NCEP/GODAS на глубине 5 м в экваториальном секторе Тихого океана позволил проследить за нетипичными изменениями с начала 2020 по сентябрь 2021 гг., которые предшествовали началу рассматриваемого события Ла-Нинья до его полного угасания. С января по апрель 2021 г. вдоль всей экваториальной зоны тихоокеанского региона наблюдались обычные, неаномальные условия. Однако уже в мае–июне в зоне Перуанского апвеллинга интенсифицировались течения, и образовалась отрицательная аномалия ТПО в районе Nino1+2. В августе 2020 г. аномалия ТПО со значениями меньше -0,6°С достигла района Nino3.4, но максимум аномалии пониженной температуры воды находился в восточном секторе Тихого океана.

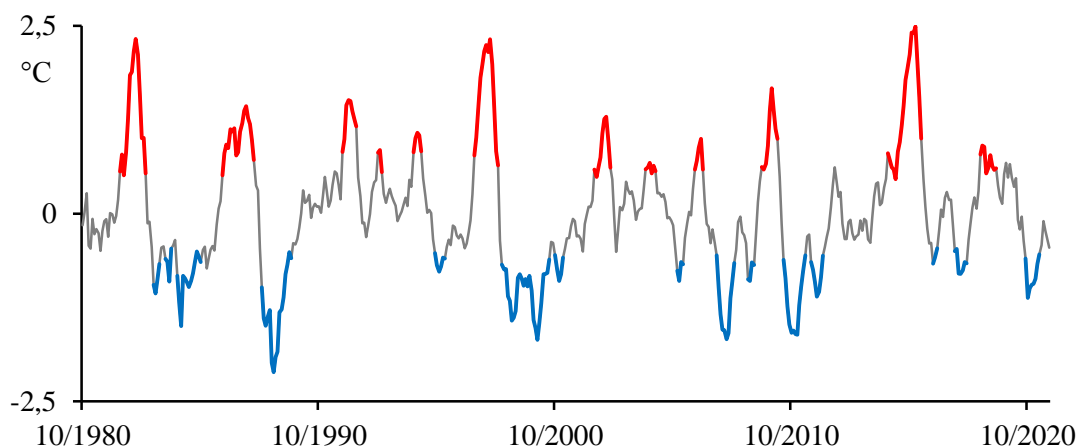


Рис. 1. Изменение индекса Nino3.4 с октября 1980 по сентябрь 2021 гг. по данным HadISST
Fig. 1. Nino3.4 changes from October 1980 to September 2021 used HadISST data set

На рис. 2 представлено одно из типичных пространственных расположе-

ний аномалии ТПО в период максимального развития Ла-Нинья, когда макси-

мальная величиной отрицательной аномалии располагается на востоке экваториальной зоны Тихого океана. Из представленного на рис. 1 признака локализации аномалии ТПО в период зрелой фазы событие можно отнести к ВТ типу. Это также подтверждается по методу

[22], поскольку осредненная аномалия ТПО за октябрь–декабрь в районе Nino3 составила $-0,9^{\circ}\text{C}$, что по модулю больше соответствующей аномалии в районе Nino4, которая достигла величины $-0,7^{\circ}\text{C}$ (рис. 3).

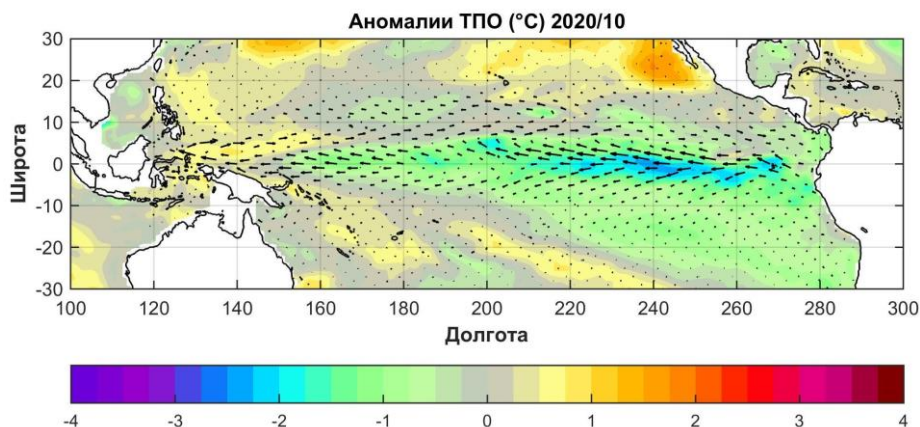


Рис. 2. Распределение аномалий температуры воды, направлений и скоростей течений на глубине 5 м для октября 2020 г. по данным реанализа NCEP/GODAS

Fig. 2. Distribution of sea surface temperature anomalies, current directions and velocities at a depth of 5 m during October 2020 by used NCEP/GODAS

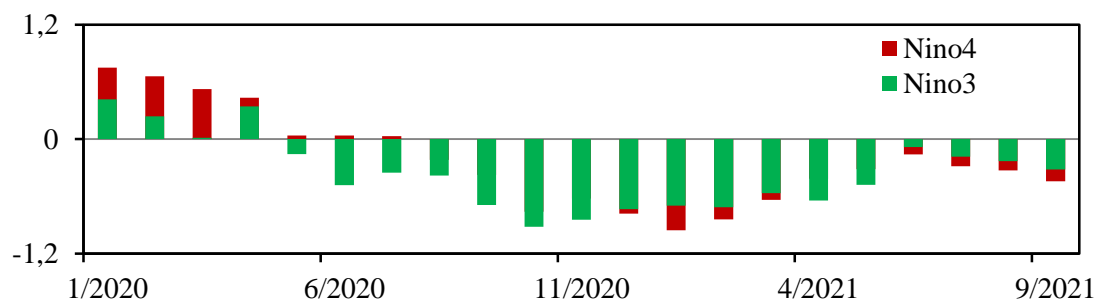


Рис. 3. Временной ход индексов Nino3 и Nino4 по данным массива HadISST с января 2020 по сентябрь 2021 гг.

Fig. 3. Time course of the Nino3 and Nino4 indices used the HadISST from January 2020 to September 2021.

Значимого усиления центрально-экваториального пассата в это время не наблюдалось, так же как и формирования экваториального апвеллинга. Вместо этого были образованы условия для развития Перуанского апвеллинга на востоке акватории Тихого океана. Аномальное усиление пассатов в восточно-экваториальной зоне Тихого океана за счёт экмановского транспортного переноса привело к перемещению поверхностных вод-

ных масс к северу от побережья Перу, что обусловило интенсификацию прибрежного апвеллинга. Таким образом, в области дивергенции более холодные глубинные воды поднялись к поверхности и начали распространяться в западном направлении вдоль экватора. Эти условия, по-видимому, и привели к развитию Восточно-Тихоокеанского типа Ла-Нинья.

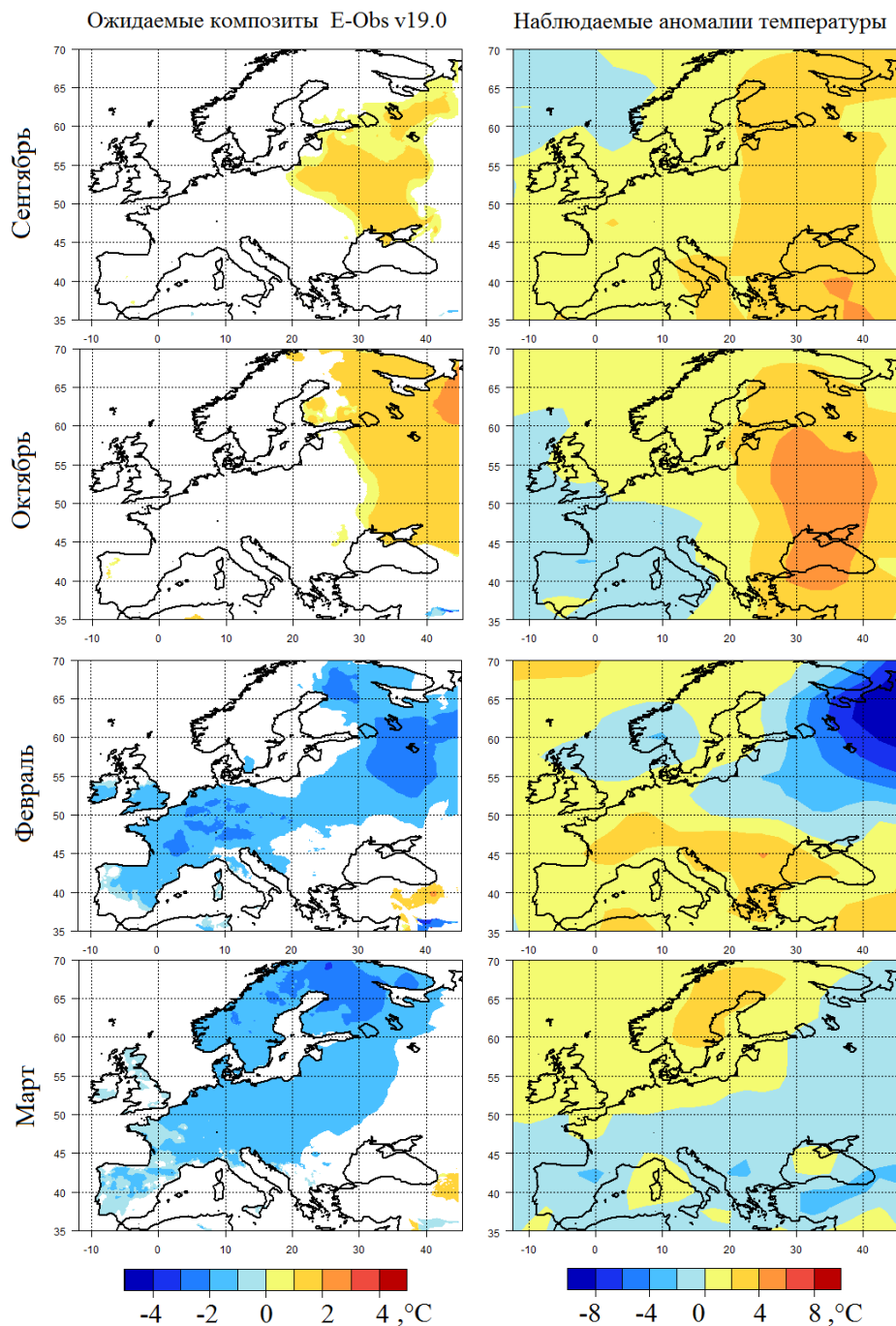


Рис. 4. Композиты значимых аномалий температуры воздуха для 8 событий Ла-Нинья ВТ типа в период 1950–2019 гг. в сентябре, октябре, феврале и марте по данным E-OBS (слева) и среднемесячные аномалии температуры воздуха в сентябре, октябре 2020 г. и феврале, марте 2021 г. по данным NCAР/NCAR (справа)

Fig. 4. Composites of significant air temperature anomalies for 8 EP La Niña events during 1950–2019 in September, October, February and March by E-OBS data (left) and monthly mean air temperature anomalies in September, October 2020 and February, March 2021 by NCAР/NCAR data (right)

Сформировавшаяся тихоокеанская аномалия в системе океан-атмосфера, как было показано в работах [17, 18], носит глобальный характер и находит

определенные региональные отклики. Рассмотрим проявления события Ла-Нинья 2020–2021 в аномалиях температуры воздуха в Европе по данным реана-

лиза NCEP/NCAR и сравним с композитами данных E-OBS, полученными для периода 1950–2019 гг. В статье [17] был сделан вывод, о том, что наиболее значимые отклики в аномалиях температуры воздуха в Атлантико-Европейском регионе в годы ВТ типа Ла-Нинья характерны для сентября, октября, февраля и марта. Примечательно, что если в осенние месяцы отклонения температуры от средней нормы имеют положительный знак, то зимние и весенние – отрицательный (рис. 4).

Почти все статистически значимые ожидаемые аномалии температуры воздуха, приведенные на композитных картах слева на рис. 4, подтвердились. Исключение составил только март. Тогда соответствие между аномалиями наблюдалось только в первой половине марта 2021 г., причем во многих регионах обновились исторические минимумы температуры. Так 9.03.2021 г. новый температурный рекорд был зафиксирован в Петрозаводске, Россия, 10.03.2021 – в Ювяскюля, Финляндия.

Таким образом, становится понятным, что погодные условия в северной и восточной Европе, наблюдаемые с 2020 по 2021 гг., соответствуют выявленным закономерностям проявлений Ла-Нинья ВТ типа и подтверждают полученные ранее в работах [17, 18] результаты.

Заключение. Пространственно-временной анализ аномалий ТПО, направлений и скоростей поверхностных течений выявил, что Ла-Нинья, возникшее в сентябре 2020 г., относится к Восточно-Тихоокеанскому типу. Его максимальная интенсивность достигла значения $-1,12^{\circ}\text{C}$, а зрелая фаза развития пришлась на октябрь-декабрь. Значимого усиления центрально-экваториального пассата не наблюдалось, как не наблюдалось и интенсификации экваториального апвеллинга, при этом были образованы условия для интенсификации Перуанского апвеллинга на востоке экваториального района Тихого океана.

Региональные проявления Ла-Нинья 2020–2021 в Европе характеризовались следующими особенностями. В осенние месяцы наблюдалось аномальное потепление в восточной Европе, когда аномалии температуры воздуха достигали $+6^{\circ}\text{C}$, а в зимние месяцы – похолодание с аномалиями до -8°C в северо-западной части исследуемого региона. Почти все зафиксированные статистически-значимые аномалии температуры воздуха оправдались. На этом основании можно сделать главный вывод: погодные условия в северной и восточной Европе в 2020–2021 гг., описанные по независимым данным, соответствуют выявленным закономерностям проявлений Ла-Нинья ВТ типа и подтверждают полученные ранее в работах [17, 18] результаты на основе многодесятилетних данных.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИПТС по теме № 0012-2021-0007 (121122300072-3) «Фундаментальные и прикладные исследования закономерностей и механизмов формирования региональных изменений природной среды и климата под влиянием глобальных процессов в системе океан-атмосфера и антропогенного воздействия».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Philander S.G. El Niño, La Niña and the Southern Oscillation // Academic Press, San Diego, CA. 1989. 293 p.
2. Wallace J.M., Rasmusson E.M., Mitchell T.P., Koussik V.E., Sarachik E.S., von Storch H. On the structure and evolution of ENSO-related climate variability in the tropical Pacific: lessons from TOGA // Journal of Geophysical Research. 1998. Vol. 103. P. 14,241–14,259.
3. Deser C., Alexander M.A., Xie S.P., Phillips A.S. Sea surface temperature variability: Patterns and mechanisms // Annu. Rev. Mar. Sci. 2010. Vol. 2. P. 115–143.

4. *Messie M., Chavez F.* Global modes of sea surface temperature variability in relation to regional climate indices // *J. Climate*. 2011. Vol. 24. P. 4314–4331.
5. *Ashok K., Behera S.K., Rao S.A., Weng H., Yamagata T.* El Nino Modoki and its possible teleconnection // *Journal of Geophysical Research* 2007. Vol. 112. C11007.
6. *Kug J.S., Jin F.F., An S.I.* Two types of El Nino events: Cold tongue El Nino and warm pool El Nino // *Journal of Climate*. 2009. Vol. 22. P. 1499–1515.
7. *Takahashi K., Montecinos A., Goubanova K., Dewitte B.* ENSO regimes: reinterpreting the canonical and Modoki El Niño // *Geophys. Res. Lett.* 2011. Vol. 38. L10704.
8. *Yuan Y., Yan, H.M.* Different types of La Nina events and different responses of the tropical atmosphere // *Chinese Science Bulletin*. 2013. Vol. 58. P. 406–415. doi:10.1007/s11434-012-5423-5.
9. *Zhang W., Wang L., Xiang B., Qi L., He J.* Impacts of two types of La Niña on the NAO during boreal winter // *Climate Dynamics*. 2014. Vol. 44. P. 1351–1366.
10. *Voskresenskaya E.N., Marchukova O.V.* Spatial classification of La Nina events // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2017. Vol. 53. P. 111–119.
11. *An S.I., Jin F.-F.* Nonlinearity and asymmetry of ENSO // *J. Climate*. 2004. Vol. 17(12). P. 2399–2412.
12. *Hu Z.-Z., Kumar A., Xue Y., Jha B.* Why were some La Niñas followed by another La Niña // *Climate Dyn.* 2014. Vol. 42(3–4). P. 1029–1042.
13. *DiNezio P.N., Deser C., Karspeck A., Yeager S., Okumura Y., Danabasoglu G., Rosenbloom N., Caron J., Meehl G.A.* A 2 year forecast for a 60–80% chance of La Niña in 2017–2018. // *Geophys. Res. Lett.* 2017. Vol. 44(22). P. 11,624–11,635.
14. *Wu X., Okumura Y.M., Deser C., Dinezio P.N.* Two-year dynamical predictions of ENSO event duration during 1954–2015 // *J. Climate*. 2021. Vol. 34(10). P. 4069–4087.
15. *Battisti D., Sarachik E.* Understanding and predicting ENSO // *Rev. Geophys.* 1995. P. 1367–1376.
16. *Barnston A.G., Tippett M.K., L’Heureux M.L., Li S., DeWitt D.G.* Skill of real-time seasonal ENSO model predictions during 2002–11: Is our capability increasing? // *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 2012. Vol. 93. P. 631–651.
17. *Voskresenskaya E.N., Marchukova O.V., Maslova V.N., Lubkov A.S.* Interannual climate anomalies in the Atlantic-European region associated with La-Nina types // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 107.
18. *Марчукова О.В., Воскресенская Е.Н., Маслова В.Н., Лубков А.С.* Ла-Нинья 2016 года в рамках пространственной классификации событий // *Системы контроля окружающей среды*. 2016. Вып. 6(26). С. 84–92.
19. *Rayner N.A., Parker D.E., Horton E.B., Folland C.K., Alexander L.V., Rowell D.P., Kent E.C., Kaplan A.* Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century // *Journal of Geophysical Research*. 2003. Vol. 108(D14). 4407.
20. *Saha S., Nadiga S., Thiaw C., Wang J., Wang W., Zhang Q., Van Den Dool H.M., Pan H.-L., Moorthi S., Behringer D., Stokes D., Pena M., Lord S., White G., Ebisuzaki W., Peng P., Xie P.* The NCEP Climate Forecast System // *J. Climate*. 2006. Vol. 19. P. 3483–3517.
21. *Cornes R., van der Schrier G., van den Besselaar E.J.M., Jones P.D.* An Ensemble Version of the E-OBS Temperature and Precipitation Datasets // *J. Geophys. Res. Atmos.* 2018. Vol. 123.
22. *Yeh S.-W., Jhun J.-G., Kang I.-S., Kirtman B.P.* The decadal ENSO variability in a hybrid coupled model // *J. Climate*. 2004. Vol. 17. P. 1225–1238.

LA NINA 2020–2021 AND ITS MANIFESTATIONS IN THE EUROPEAN REGION

O.V. Marchukova, E.N. Voskresenskaya, A.S. Lubkov

Institute of Natural and Technical Systems, RF, Sevastopol, Lenin St., 28

The La Niña 2020–2021 is studied using the sea surface temperature (SST) from HadISST and currents at 5 m depth data set from NCEP GODAS. Spatiotemporal analysis of anomalies in the Pacific Ocean reveals that La Niña appearing in September 2020 belongs to the East Pacific type. Its maximum intensity is 1.12°C and the mature phase falls on October–December. The formed La Niña 2020–2021 caused a response in the air temperature anomalies over eastern and northeastern Europe in the autumn and winter months. Almost all previously recorded statistically significant air temperature anomalies came true.

Keywords: La Niña, sea surface temperature, currents, air temperature anomalies, Europe.

REFERENCES

1. *Philander S.G.* El Niño, La Niña and the Southern Oscillation. Academic Press, San Diego, CA. 1989, 293 p.
2. *Wallace J.M., Rasmusson E.M., Mitchell T.P., Koussk V.E., Sarachik E.S. and von Storch H.* On the structure and evolution of ENSO-related climate variability in the tropical Pacific: lessons from TOGA. *Journal of Geophysical Research*, 1998, Vol. 103, pp. 14,241–14,259.
3. *Deser C., Alexander M.A., Xie S.P. and Phillips A.S.* Sea surface temperature variability: Patterns and mechanisms. *Annu. Rev. Mar. Sci.*, 2010, Vol. 2, pp. 115–143.
4. *Messie M. and Chavez F.* Global modes of sea surface temperature variability in relation to regional climate indices. *J. Climate*. 2011, Vol. 24, pp. 4314–4331.
5. *Ashok K., Behera S.K., Rao S.A., Weng H. and Yamagata T.* El Nino Modoki and its possible teleconnection. *Journal of Geophysical Research*, 2007, Vol. 112, pp. C11007. doi: 10.1029/2006JC003798.
6. *Kug J.S., Jin F.F. and An S.I.* Two types of El Nino events: Cold tongue El Nino and warm pool El Nino. *Journal of Climate*, 2009, Vol. 22, pp. 1499–1515. doi: 10.1175/2008JCLI2624.1.
7. *Takahashi K., Montecinos A., Goubanova K. and Dewitte B.* ENSO regimes: reinterpreting the canonical and Modoki El Niño. *Geophys. Res. Lett.* 2011, Vol. 38, pp. L10704. doi: 10.1029/2011GL047364.
8. *Yuan Y. and Yan, H.M.* Different types of La Nina events and different responses of the tropical atmosphere. *Chinese Science Bulletin*, 2013, Vol. 58, pp. 406–415. doi: 10.1007/s11434-012-5423-5
9. *Zhang W., Wang L., Xiang B., Qi L. and He J.* Impacts of two types of La Niña on the NAO during boreal winter. *Climate Dynamics*, 2014, Vol. 44, pp. 1351–1366. doi: 10.1007/s00382-014-2155-z.
10. *Voskresenskaya E.N. and Marchukova O.V.* Spatial classification of La Nina events. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 2017, Vol. 53, pp. 111–119. doi: 10.1134/S0001433817010133.
11. *An S.I. and Jin F.-F.* Nonlinearity and asymmetry of ENSO. *J. Climate*, 2004, Vol. 17(12), pp. 2399–2412. doi: 10.1175/1520-0442(2004)0172.0.CO;2.
12. *Hu Z.-Z., Kumar A., Xue Y. and Jha B.* Why were some La Niñas followed by another La Niña. *Climate Dyn.*, 2014, Vol. 42(3–4), pp. 1029–1042. doi: 10.1007/s00382-013-1917-3.
13. *DiNezio P.N., Deser C., Karspeck A., Yeager S., Okumura Y., Danabasoglu G., Rosenbloom N., Caron J. and Meehl G.A.* A 2 year forecast for a 60–80% chance of La Niña in 2017–2018. *Geophys. Res. Lett.*, 2017, Vol. 44(22), pp. 11,624–11,635. doi: 10.1002/2017GL074904.
14. *Wu X., Okumura Y.M., Deser C. and Dinezio P.N.* Two-year dynamical predictions of ENSO event duration during 1954–2015. *J. Climate*, 2021, Vol. 34(10), pp. 4069–4087. doi: 10.1175/JCLI-D-20-0619.1.
15. *Battisti D. and Sarachik E.* Understanding and predicting ENSO. *Rev. Geophys.*, 1995, pp. 1367–1376.
16. *Barnston A.G., Tippett M.K., L'Heureux M.L., Li S. and DeWitt D.G.* Skill of real-time seasonal ENSO model predictions during 2002–11: Is our capability increasing? *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 2012, Vol. 93, pp. 631–651.

17. Voskresenskaya E.N., Marchukova O.V., Maslova V.N. and Lubkov A.S. Interannual climate anomalies in the Atlantic-European region associated with La-Nina types. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018, Vol. 107, doi: 10.1088/1755-1315/107/1/012043.

18. Marchukova O.V., Voskresenskaya E.N., Maslova V.N. and Lubkov A.S. La-Ninya 2016 goda v ramkah prostranstvennoy klassifikatsii sobyitiy. *Sistemyi kontrolya okrujayushey sredyi.*, 2016, No. 6(26), pp. 84–92.

19. Rayner N.A., Parker D.E., Horton E.B., Folland C.K., Alexander L.V., Rowell D.P., Kent E.C. and Kaplan A. Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century. *Journal of Geophysical Research*, 2003, Vol. 108(D14), pp. 4407. doi: 10.1029/2002JD002670.

20. Saha S., Nadiga S., Thiaw C., Wang J., Wang W., Zhang Q., Van Den Dool H.M., Pan H.-L., Moorthi S., Behringer D., Stokes D., Pena M., Lord S., White G., Ebisuzaki W., Peng P. and Xie P. The NCEP Climate Forecast System. *J. Climate*, 2006, Vol. 19, pp. 3483–3517. doi: 10.1175/JCLI3812.1.

21. Cornes R., van der Schrier G., van den Besselaar E.J.M. and Jones P.D. An Ensemble Version of the E-OBS Temperature and Precipitation Datasets. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 2018, Vol. 123. doi: 10.1029/2017JD028200.

22. Yeh S.-W., Jhun J.-G., Kang I.-S. and Kirtman B.P. The decadal ENSO variability in a hybrid coupled model. *J. Climate*, 2004, Vol. 17, pp. 1225–1238. doi: 10.1175/1520-0442(2004)017(1225:TDEVIA)2.0.CO;2.