

МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИНТЕГРАЛЬНОГО ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ АТМОСФЕРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЫ, ГЛОБАЛЬНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ И ЭЛЬ-НИНЬО

Хуторова О.Г., Хуторов В.Е.

Казанский федеральный университет г. Казань, Россия

olga.khutorova@kpfu.ru

Ключевые слова: водяной пар, тропосфера

Аннотация

Исследована изменчивость временных рядов интегрального влагосодержания атмосферы для территории Европы по данным реанализа ERA5. Обнаружены нерегулярные, но значимые квазипериодические флуктуации с периодами от 2 до 12 лет, когерентные арктическому колебанию и другим индексам циркуляции. Показано, что локальная вейвлет-корреляция этих вариаций достигает 0.7-0.9. Установлена перемежающаяся значимая когерентность экваториальных процессов и циркуляции северного полушария для квазипериодических вариаций с масштабами 2-6 лет.

Водяной пар играет важную роль в термодинамике атмосферы. По оценкам [1] его доля в парниковом эффекте составляет до 50%, доля облачности, также связанной с атмосферным влагосодержанием - 25%. Ранее в работе [2] показана когерентность вариаций интегрального влагосодержания и парциального давления водяного пара, показана их связь с макроциркуляционными процессами,

В нашей работе рассмотрена когерентность межгодовых вариаций интегрального влагосодержания атмосферы с макроциркуляционными процессами.

В работе использованы среднемесячные данные реанализа ERA5 за 1979-2019 гг. об интегральном влагосодержании [14]. Выбрана пространственная область широт 30-90 с.ш., долготы -20-60 в.д. с шагом 1 градус. В качестве характеристик состояния атмосферной циркуляции использовались телеконнекционные индексы, полученные в результате разложения поля геопотенциала с использованием метода эмпирических ортогональных функций [13] (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov>). Известно, что индекс Северо-Атлантического колебания NAO связан с переносом осадков на территории Европы [8], интенсивностью циклонической активности [9, 10]. Индекс EA/WR (колебание Восточная Атлантика – Западная Россия) связан с интенсивностью и траекториями циклонов на территории Европы [11]. Индекс арктического колебания АО отражает аномалии глобальной циркуляции в северном полушарии [12, 13].

В полученных вейвлет спектрах, привязанных к одному периоду времени, выбраны значимые с вероятностью не менее 90% возмущения, выявленные одновременно в рядах

влажностного содержания на всей исследуемой области и индексов циркуляции. Главный критерий отбора когерентных вариаций – распределение разности фазовых спектров для данного временного масштаба имеет узкий максимум в течение времени превышения x амплитудными спектрами 90 % уровня значимости. Постоянство фазовых характеристик свидетельствует о когерентных процессах, причем вейвлет преобразование локализует эти процессы во времени. Таким образом, устанавливались периоды вариаций, их амплитуды и временная привязка.

Почти на всей территории Европы обнаружены синхронные вариации с периодом 8–12 лет когерентные с подобными вариациями индекса АО (1967–2000), находящиеся в фазе с ними. Это хорошо объясняется тем, что АО отражает перенос воздушных масс между полярными районами и средними широтами [12]. Установлена и когерентность вариаций интегрального влагосодержания атмосферы с индексами циркуляции АО, NAO, EA/WR с периодами 2–3 года и 5–6 лет. При этом обнаружено, что амплитуда этих вариаций меняется периодом около 10–12 лет. Когерентность нерегулярная, она возникает, продолжается в течение нескольких периодов, затем пропадает.

Колебания с масштабом 2-6 лет характерны для экваториальной динамики, наиболее ярким проявлением которой считают Эль-Ниньо - Южное колебание (ЭНЮК). Чередование теплых условий Эль-Ниньо и холодных условий Ла-Нинья, представляет собой сильнейшее межгодовое колебание глобальной климатической системы. События Эль-Ниньо характеризуются поверхностным потеплением в тропическом Тихом океане и ослаблением экваториальных пассатов, которые происходят каждые несколько лет. Такие условия сопровождаются изменениями атмосферной и океанической циркуляции, влияющими на глобальный климат, морские и наземные экосистемы. В том числе Эль-Ниньо оказывает существенное воздействие на динамику атмосферы средних и высоких широт [4, 5].

В качестве характеристики ЭНЮК обычно используют индекс аномалий температуры поверхности океана Nino3.4, связанный с процессами Эль-Ниньо - Южное колебание, наиболее надежные ежемесячные данные начинаются с 1950 г. [6]. Индекс представляет собой аномалии средней температуры поверхности моря в регионе, ограниченном от -5° до 5° южной широты, от 170° до 120° западной долготы. Этот регион имеет значительную изменчивость во временных масштабах Эль-Ниньо [5].

В работе исследована локальная-вейвлет корреляция индекса Nino3.4 с индексами циркуляции АО, NAO, EA/WR. Установлена перемежающаяся значимая когерентность экваториальных процессов и показателей циркуляции северного полушария для квазипериодических вариаций с масштабами 2-6 лет.

На рис. 1 приведен пример вейвлет-когерентности индексов АО и Nino3.4 вместе с их взаимным фазовым спектром за 1950-2019 гг. Обнаружено, что в течение периодов значимости вариаций каждого масштаба корреляция этих вариаций значима с вероятностью 95% и равна 0.7-0.9. В периоды значимой когерентности АО запаздывает относительно Nino3.4 на период от 1 до 2 лет.

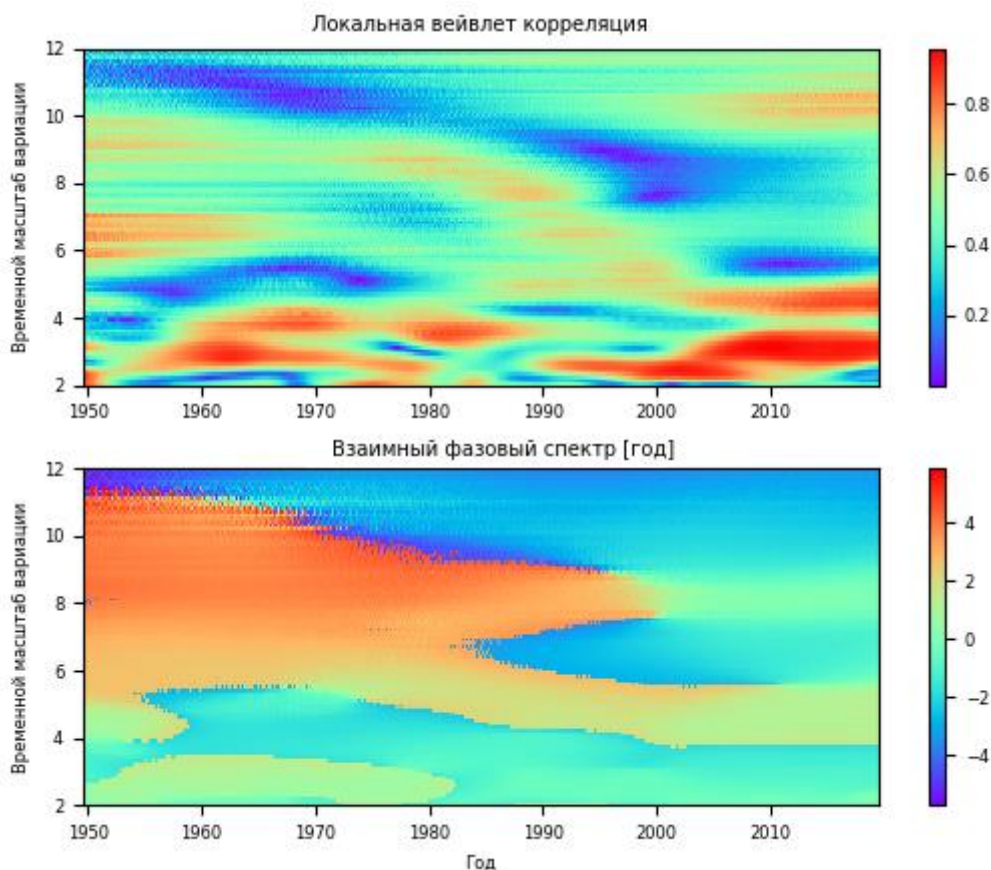


Рисунок 1 – Локальная вейвлет корреляция индексов АО и Nino3.4 и их взаимный фазовый спектр за 1950-2019 гг.

В [7] предполагается механизм передачи энергии ЭНЮК в высокие широты через планетарные волны, в том числе с участием волн Кельвина. А в работе [4] утверждается, что энергия событий Эль-Ниньо передается в средние и высокие широты с помощью волн Россби. В работе [2] показано, что в периоды Эль-Ниньо по сравнению с периодами Ла-Нинья зимой волновая активность флуктуаций приземного давления с периодами до 60 суток возрастает в среднем на 12% зимой относительно среднелетних значений зимнего уровня, а летом падает в среднем на 25%. Эффект продолжается и на следующий год – через год после Эль-Ниньо волновая активность волн с периодами 10 - 60 суток выше в среднем на 15% по сравнению с периодами Ла-Нинья. А в [3] установлено, что возмущение ЭНЮК распространяется в средние и высокие широты, затрагивая не только тропосферу, но и нижнюю стратосферу.

Можно сделать заключение о том, что Эль-Ниньо – Южное колебание оказывает значительное влияние на циркуляционный режим Северного полушария и, соответственно, дает значительный вклад в межгодовую изменчивость влагосодержания на территории Европы.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 17-05-00863)

ЛИТЕРАТУРА

1. Schmidt G.A., Ruedy R.A., Miller R.L., Lalis A.A. // J. Geophys. Res. 2010. V.115. D20106. P.1-6.
2. Khutorova O.G., Khutorov V.E., Teptin G.M. // Atmospheric and Oceanic Optics. 2018. V.31, N.5. P.486-491.
3. Khutorova O. G., Khutorov V. E., Teptin G. M. // Atmospheric and Oceanic Optics. 2019, V. 32, N 5, P. 551–554
4. Herceg-Bulić I, Mezzina B, Kucharski F, Ruggieri P, King M.P. Wintertime ENSO influence on late spring European climate: the stratospheric response and the role of North Atlantic SST // J. Climatol. 2017 V. 37 (S1) P. 87-108.
5. Timmermann A., An S., Zhang X. // Nature. 2018. V. 559. P. 535–545.
6. Historical El Nino/ La Nina episodes (1950-present) [Электронный ресурс]. URL: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/detrend.nino34.ascii.txt
7. Jevrejeva, S., Moore J. C., and Grinsted A. // Geophys. Res. Lett., 2004. V.31. L24210.
8. Ruprecht E., Schröder S.S., Ub S. // Meteorol. Z. 2002. V. 11, N 6. P. 395–401.
9. Бардин М. Ю., Полонский А.Б. // Изв. РАН. Физика атмосф. и океана. 2005. Т. 41, № 2. С. 3–13.
10. Мохов И.И., Семенов В.А., Хон В.Ч., Латиф М, Рекнер Э. // Доклады АН. 2008. Т. 419, № 5. С. 687–690.
11. Franzke C., Feldstein S.B. // J. Atmos. Sci. 2005. V. 62, N. 9. P. 3250–3267.
12. Thompson D.W.J., Wallace J.M. // Geophys. Res. Lett.- 1998. V. 25, N 9. P. 1297–1300.
13. Barnston A.G., Livezey R.E. // Mon. Weather. Rev. 1987. V. 115. P. 1083–1126.
14. ERA5 monthly averaged data on single levels from 1979 to present [Electronic resource] / URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/10.24381/cds.f17050d7?tab=overview>