ЗИМНИЕ СЕВЕРО-АТЛАНТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ, УПРАВЛЯЕМЫЕ ВАРИАЦИЯМИ ПОЛНОГО СОЛНЕЧНОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Горшков В.¹, Чапанов Я.²

¹Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия

²НИИ Климата, Атмосферы и Воды, БАН, София, Болгария

WINTER NORTH ATLANTIC OSCILLATIONS DRIVEN BY TOTAL SOLAR IRRADIANCE VARIATIONS

Gorshkov V.¹, Chapanov Ya.²

¹Central Astronomical Observatory, RAS, St.-Petersburg, Russia

²Climate, Atmosphere and Water Research Institute, BAS, Sofia, Bulgaria

The solar activity strongly affects climate cycles by the Total Solar Irradiance (TSI) variations. The solar-climate influences are studied by means of various historical reconstructions of winter North Atlantic Oscillation (NAO). The winter indexes of NAO are based on a speleothem-based precipitation proxy from Scotland, a tree-ring based proxy from Morocco and Finland and reflect precipitation regimes over the Millennium. A part of these reconstructions is compared with the TSI variations reconstructed for the telescopic period after 1610. The Method of Partial Fourier Approximation (PFA) and Singular Spectrum Analysis (SSA) are used for joint analysis of all these time series. The oscillations of TSI and NAO have some common low-frequency cycles. The weak TSI variations (0.01–0.03% of TSI average) almost completely determine all NAO variations with periods of more than 20 years.

DOI: 10.31725/0552-5829-2019-119-122

Солнечная активность и обусловленные ею квазигармонические вариации полного солнечного облучения (TSI) непосредственно влияют на изменение климата и погоды с межгодовой и декадной периодичностью. В работе исследовано проявление TSI на Североатлантическое колебание (NAO), определяющее режим зимней атмосферной циркуляции и в целом погодные и климатические вариации в Северной Атлантике и на ближайших континентах, начиная от центральной части Северной Америки до Европы и в значительной степени в Северной Азии. NAO это комплексное климатическое явление, имеющее достаточно мощную низкочастотную составляющую во многих метеорологических параметрах (в барических полях, направлении и силе ветров, треков циклонов). Положительный индекс NAOI, определяемый как превышение нормированного давления на Азорских островах над соответствующим давлением в Исландии, связан с большим количеством штормов, а также мягкой и влажной зимой в Европе. Отрицательный индекс указывает на снежные и холодные зимы в Европе. Кроме того, NAO является в этом регионе доминирующим внешним фактором во многих биологических системах, что предоставляет богатый

материал для его реконструкций в прошлое. На рис. 1 представлены использованные данные TSI (слева) и NAO (справа).

Рис. 1.

Оценки TSI за период телескопических наблюдений Солнца с 1610 года основаны на различных моделях исторических реконструкций. Нами были использованы данные NRLTSI-2 [1] и SATIRE-T [2, 3]. В качестве индекса NAOI нами использованы следующие (по первому автору) реконструкции:

- Реконструкция Trouet [4], основанная на долговременных вариациях минеральных отложений в пещерах Шотландии, отражающих осадки в северном районе NAO, и измерениях ширины колец деревьев из Марокко, также отражающих периодичность засух в южном районе NAO. Эти ряды данных расположены в центре противоположных полюсов NAO и характеризуют режим осадков, управляемых NAO.

- Реконструкция Glueck [5], основанная на измерениях ширин колец деревьев в Марокко и Финляндии, а также данных по осадконакоплениям из проекта по исследованию Гренландского ледяного щита (GISP2).

- Вычисленные Hurrell & NCAR [6] по непосредственным наблюдениям атмосферного давления на метеостанциях региона с 1864 года.

Сопоставление спектров всех перечисленных рядов TSI и NAOI указывает на наличие в них общих гармоник, особенно в низкочастотной области. При этом 11-летний солнечный цикл практически отсутствует в спектре NAO. Разложение обоих рядов TSI с помощью многоканального сингулярного анализа (MSSA) [7] показывает близкую структуру этих рядов с максимальной по вкладу трендовой и 80–90-летней составляющей (47%), 11-летней (21%) и 60–65-летней (13%). Компоненты в 25 лет и 8 лет дают менее 2% вклада каждый и имеют заметные расхождения между собой. В целом ряд SATIRE-T более контрастен, т.е. имеет большие амплитуды указанных компонент.

Соответствующее MSSA-разложение 400-летних рядов NAO выделяет 85–90-летнюю составляющую (40%), 55–60-летнюю (8%) и две достаточно

уверенные составляющие в 42–45 лет (6%) и в 21–22 года (5%). Ряд NAOI с 1864 года помимо максимального выраженного 85 летнего тренда (30%) имеет мощную (22%) 8 летнюю и хорошо выраженную (7%) составляющую в 22 года, в то время как 11 летняя составляющая имеет менее 3%. Таким образом, при совместном исследовании рядов именно в низкочастотной области (периоды более 20 лет) можно ожидать проявление общих циклов.

Рис. 2.

На рис. 2 (слева) показаны восстановленные с помощью MSSA общие компоненты рядов TSI и NAOI. На рис. 2 (справа) показаны близкие компоненты, выделенные методом частичной аппроксимации Фурье [8]. Этот метод обеспечивает МНК-оценку гармонических коэффициентов со средней точностью около 0.01 Вт/м^2 для TSI; и 0.002 для NAO. Хорошо видна отрицательная корреляция рядов (на правом рисунке ординаты TSI и NAO инвертированы).

Рис. 3.

При совместной обработке рядов с 1864 года видно (рис. 3), что 8 и 11 летние вариации TSI проявляются в вариациях NAO неустойчиво по фазе и

амплитуде. Это обстоятельство является возможной причиной отрицательных результатов о солнечно-климатической взаимосвязи в некоторых работах [9].

Таким образом можно заключить, что:

- долгопериодические (более 20 лет) вариации солнечного облучения всего на 0.01–0.03% от средней величины TSI приводят к существенным изменениям NAOI и, следовательно, к изменениям погодных условий от центральной части Северной Америки вплоть до Урала;
- влияние колебаний TSI с периодами 11 и менее лет на климатические и погодные условия в северной Атлантике слабо и неустойчиво;
- ввиду текущего глубокого солнечного минимума можно прогнозировать высокие положительные значения NAOI в следующем десятилетии и, следовательно, мягкие и влажные зимы, а также частые шторма в Европе.

Следует подчеркнуть, что результаты данной работы основаны на исторических реконструкциях погодных условий в исследуемом регионе и, следовательно, выводы ограничены их достоверностью.

Литература

1. Coddington, O., Lean, J.L., Pilewskie, P., Snow, M., Lindholm, D. A solar irradiance climate data record // Bull. American Meteorological Soc. 97(7), 1265-1282, 2016.
2. T. Dudok de Wit, G. Kopp, C. Fröhlich, M. Schöll. Methodology to create a new Total Solar Irradiance record: Making a composite out of multiple data records // Geophys. Res. Letters, 2017, doi:10.1002/2016GL071866.
3. Wu, C.-J., Krivova, N.A., Solanki, S.K., Usoskin, I.G. Solar total and spectral irradiance reconstruction over the last 9000 years // A&A, 620, A120, 12, doi.org/10.1051/0004-6361/201832956.
4. Trouet, V., J. Esper, N.E. Graham, A. Baker, J.D. Scourse, and D.C. Frank. Persistent positive North Atlantic oscillation mode dominated the medieval climate anomaly // Science, Vol. 324, 78-80, 2009, DOI: 10.1126/science.1166349.
5. Glueck, Mary F., Stockton, Charles W., Reconstruction of the North Atlantic Oscillation, 1429-1983 // International Journal of Climatology, Vol. 21, 12, 1453-1465, 2001.
6. Hurrell, James & NCAR Staff (Eds.), Last modified 04 Aug 2018 “The Climate Data Guide: Hurrell NAO Index (station based)”. Retrived from <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/hurrell-north-atlantic-oscillation-nao-index-station-based>.
7. Goliandina N., Zhigljavsky A., Singular Spectrum Analysis for Time Series – Springer, 2013.
8. Chapenov Y., Ron C., Vondrk J. Millennial cycles of mean sea level excited by Earth’s orbital variations // Acta Geodyn. Geomater., 14, No. 2 (186), 241-250, 2017.
9. van Oldenborgh G.J., de Laat A.T.J., Luterbacher J., et al. // Environ. Res. Lett. 8(2013) 024014 (7pp), doi:10.1088/1748-9326/8/2/024014.