

ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ТРАЕКТОРИИ ВНЕТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ В СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ: НОВЫЕ ДАННЫЕ

Веретененко С.В., Дмитриев П.Б.

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург, Россия

POSSIBLE INFLUENCE OF SOLAR ACTIVITY ON EXTRATROPICAL CYCLONE TRAJECTORIES IN THE NORTH ATLANTIC: AN UPDATE

Veretenenko S.V., Dmitriev P.B.

Ioffe Institute RAS, St. Petersburg, Russia

<https://doi.org/10.31725/0552-5829-2023-43-46>

In this work we continue studying a possible influence of solar activity on extratropical cyclone trajectories in different parts of the North Atlantic, with the region of longitudes east of Greenwich being included in the study. The longitudinal dependence of the amplitudes of oscillations in cyclone trajectories was revealed. Secular oscillations (periods of ~80–100 yrs) of storm track latitudes are the most pronounced in the western part of the North Atlantic (60–40°W) and disappear in its eastern part (0–20°E), where multidecadal oscillations with periods of ~50–60 yrs are dominating. Bidecadal oscillations of storm track latitudes are the strongest in the region of the Iceland Low (the eastern North Atlantic, 30–10°W), with the cyclone tracks being noticeably shifted to the north at the descending phase of even solar cycles. The northward shift of cyclone tracks was shown to take place under an increased intensity of galactic cosmic rays (GCRs) and not to depend on the phase of quasi-biennial oscillations of the atmosphere. The latitudes of storm tracks were also compared with the NAO (North Atlantic Oscillation) indices and a positive correlation was detected. In the cold half of the year the NAO indices were found to undergo the same oscillations as cyclone trajectories. The detected changes in cyclone trajectories are caused by changes in intensity of the stratospheric polar vortex which may be associated with variations in GCR fluxes and geomagnetic activity.

Известно, что погода и климат в умеренных широтах определяются внетропическими циклонами, формирующимися над океанами. Исследование долговременных изменений основных траекторий циклонов (шторм-треков) в Северной Атлантике и их возможной связи с вариациями солнечной активности было начато в [1]. В настоящей работе продолжено исследование возможного влияния солнечной активности и связанных с ней явлений на траектории внетропических циклонов.

Основные направления движения циклонов определялись по положению оси барической ложбины (линии минимумов давления) на среднемесячных картах приземного давления, построенных по данным архивов MSLP [2, 3] для холодных месяцев. Помимо западной и восточной Северной Атлантики западнее Гринвича, были рассмотрены колебания широты шторм-треков в области долгот 0–20°Е (к востоку от Гринвича). Для оцен-

ки амплитуд выявленных колебаний была проведена аппроксимация широты шторм-треков полигармонической моделью [4], включающей основные квазипериоды. На рис. 1 представлены изменения амплитуды вековых, бидекадных и мультидекадных колебаний широты шторм-треков в зависимости от долготы. Видно, что вековые колебания максимальны в западной Северной Атлантике ($\sim 1.5^\circ$), ослабевают в области Исландии ($30-10^\circ\text{W}$) и полностью исчезают к востоку от Гринвича. Наибольшая амплитуда бидекадных и мультидекадных колебаний ($\sim 1^\circ$) наблюдается в восточной Северной Атлантике вблизи Гринвича.

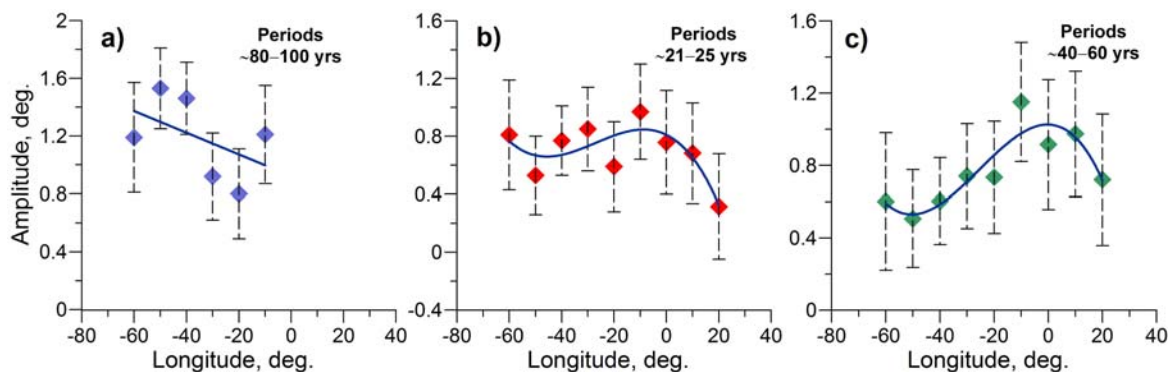


Рис. 1. Долготная зависимость амплитуды колебаний широты шторм-треков в холодное полугодие (октябрь-март): а) вековых, б) бидекадных, с) мультидекадных.

На рис. 2 широта траекторий циклонов в Северной Атлантике сопоставлена с индексами NAO (Северо-Атлантического колебания, характеризующего квазирегулярные изменения градиента приземного давления между Исландским минимумом и Азорским максимумом [5]).

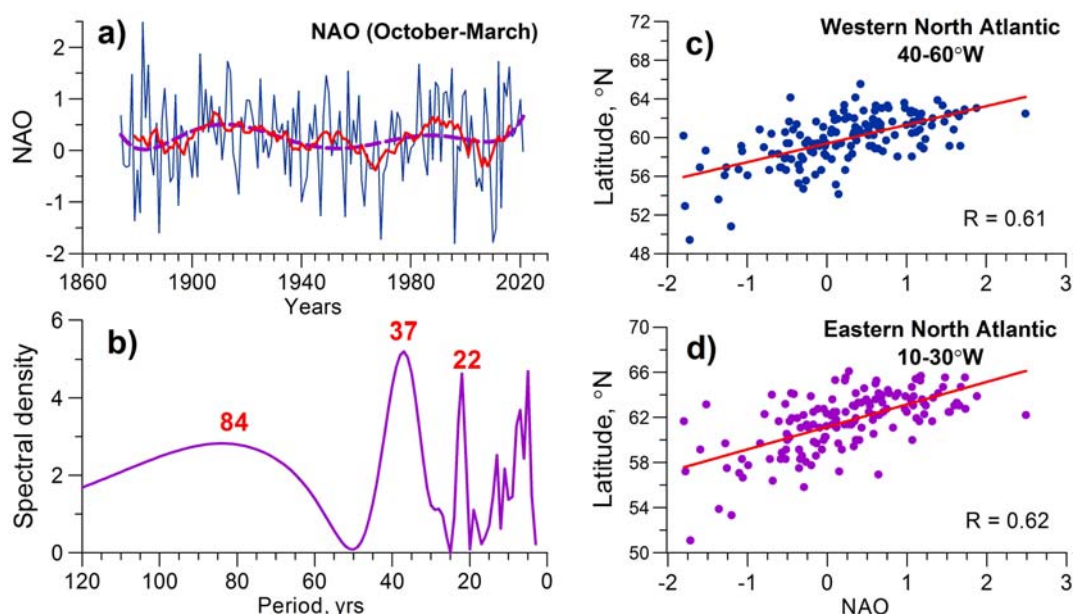


Рис. 2. а) Временной ход индексов NAO в холодное полугодие; б) выборочная оценка нормированной спектральной плотности индексов NAO; с) и д) связь широты шторм-треков и индексов NAO для западной и восточной Северной Атлантики.

Видно, что индексы NAO обнаруживают те же колебания на бидекадной, мультидекадной и вековой шкалах, что и широты шторм-треков. При этом имеет место положительная корреляция между NAO и широтами шторм-треков, т.е., чем севернее проходят циклоны, тем выше индекс NAO и интенсивнее западный перенос в Северной Атлантике.

Перемещение внетропических циклонов тесно связано с положением полярного струйного течения, на которое влияет интенсивность стратосферного полярного вихря. На рис. 3 показаны положения шторм-треков при сильном вихре (январь 1989 г.) и слабом вихре (февраль 2010 г.). Видно, что при сильном вихре траектории циклонов смещены к северу, а при слабом – к югу.

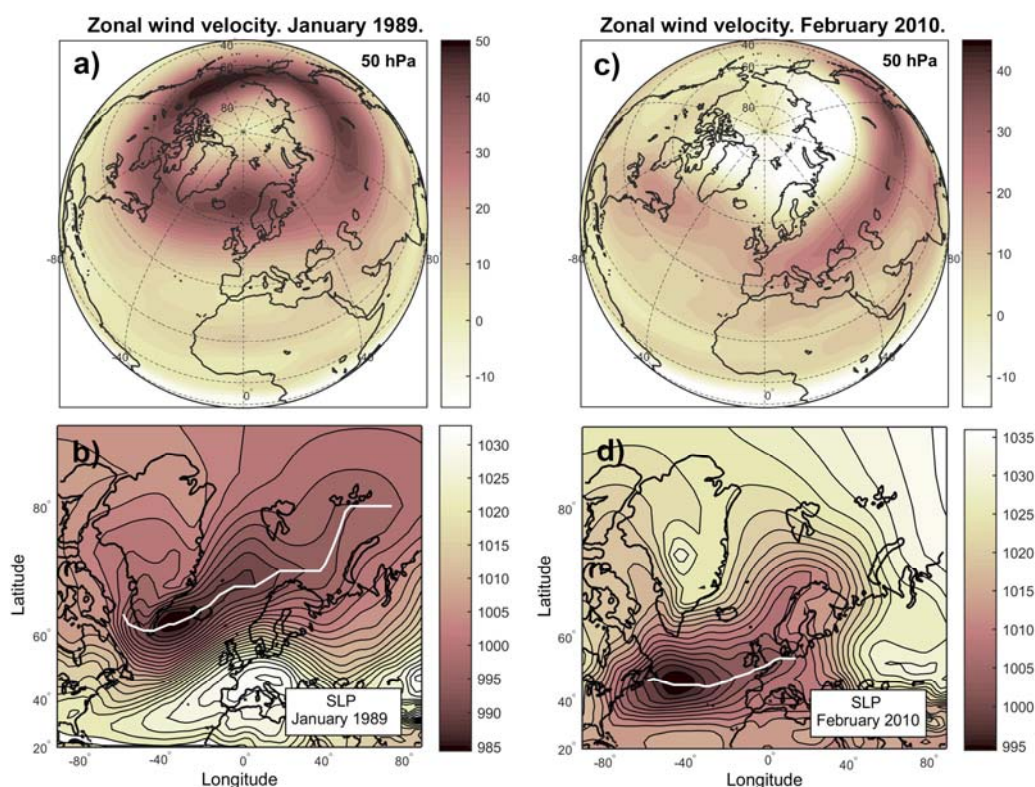


Рис. 3. Скорость зонального ветра (м/с) в стратосфере и положение шторм-трека на карте приземного давления (гПа) для сильного (a, b) и слабого (c, d) полярного вихря.

Таким образом, обнаруженные колебания широты траекторий циклонов свидетельствуют о соответствующих колебаниях интенсивности полярного вихря в связи с вариациями солнечной активности. Возможным фактором интенсификации вихря являются потоки галактических космических лучей (ГКЛ), испытывающих вариации как на вековой, так и на бидекадной шкалах. В [1] было обнаружено, что траектории циклонов сдвигаются к северу в минимуме цикла Глайсберга, т.е., при увеличении потоков ГКЛ. На рис. 4а показаны отклонения от векового хода широты шторм-треков в восточной Северной Атлантике, осредненные методом наложения эпох (МНЭ) для четных (12–24) и нечетных (13–23) солнечных

циклов. На рис. 4b представлены средние значения потоков космических лучей в среднеширотной стратосфере (по данным [6]) в четных и нечетных циклах. Видно, что смещение траекторий циклонов к северу ($\sim 1\text{--}1.5^\circ$) наблюдается на фазе спада четных циклов, когда потоки ГКЛ существенно выше, чем в нечетных циклах.

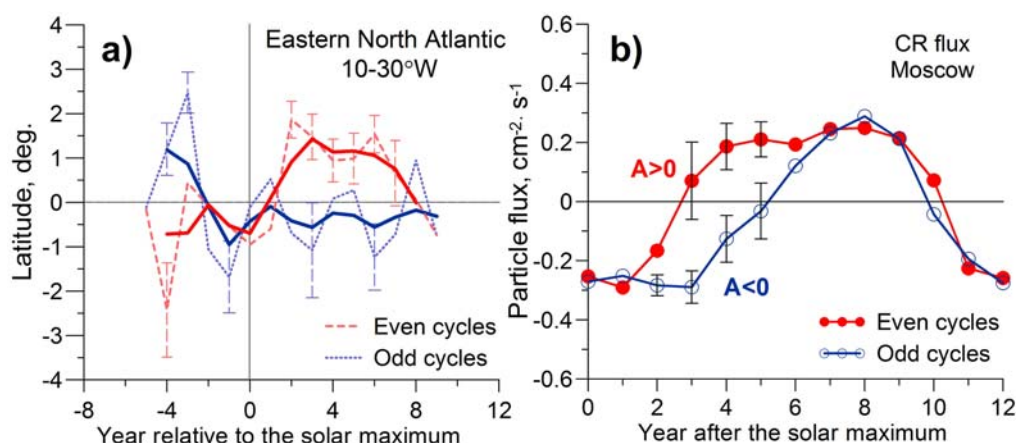


Рис. 4. а) Средние (МНЭ) значения в четных (красная линия) и нечетных (синяя линия) циклах: а) вариаций широты шторм-треков в восточной Северной Атлантике; б) среднегодовых потоков космических лучей в стратосфере (после вычета тренда).

Таким образом, сдвиг траекторий циклонов к северу, указывающий на интенсификацию полярного вихря, наблюдается при повышенной интенсивности ГКЛ как в вековом цикле, так и на спаде четных циклов. Возможный механизм интенсификации вихря включает изменения радиационно-теплового баланса средней полярной атмосферы в связи с уменьшением содержания озона, поскольку рост скорости ионизации способствует более интенсивному образованию окислов азота и водорода, разрушающих озон. Уменьшение содержания озона, действующего как парниковый газ в условиях полярной ночи, способствует охлаждению полярной стратосферы, увеличению градиентов температуры между высокими и средними широтами и усилению полярного вихря.

Полученные результаты свидетельствуют о влиянии солнечной активности и связанных с ней вариаций ГКЛ на интенсивность полярного вихря и перемещение внетропических циклонов в Северной Атлантике.

Литература

1. Веретененко С.В., Дмитриев П.Б., Дергачев В.А. / Труды Всероссийской ежегодной конференции «Солнечная и солнечно-земная физика – 2022» (3-7 октября 2022 г., ГАО РАН), СПб: ГАО РАН, 2022, С.37-40.
2. Climatic Research Unit, <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/pressure>
3. NOAA PSL, <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis2.surface.html>
4. Серебренников М.Г., Первозванский А.А. Выявление скрытых периодичностей. – М.: Наука, 1965.
5. Hurrell J.W. // Science, 1995, **269**, 676-679.
6. Stozhkov Y.I. et al. // Adv. Space Res., 2009, **44**, 1124-1137.