

ВЛИЯНИЕ КВАЗИДВУХЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ И СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА МЕЖГОДОВУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДАТ ВЕСЕННЕЙ ПЕРЕСТРОЙКИ СТРАТОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

Е.В. Ракушина, А.Ю. Канухина

INFLUENCE OF QUASI-BIENNIAL OSCILLATIONS AND SOLAR ACTIVITY ON INTERANNUAL VARIABILITY OF THE SPRING-TIME RESTRUCTURING OF STRATOSPHERE CIRCULATION

E.V. Rakushina, A.Yu. Kanukhina

Исследовано влияние солнечной активности на изменчивость сроков весенней перестройки стратосферной циркуляции. Для обнаружения влияния данные о сроках и солнечной активности были сгруппированы согласно фазам квазидвухлетних колебаний (КДК). В результате была выявлена зависимость дат весенней перестройки стратосферной циркуляции от солнечной активности. При разделении сроков на раннюю и позднюю перестройки наибольшее воздействие солнечного сигнала обнаружено при поздней перестройке. Было показано также, что при высокой солнечной активности связь между датами весенней перестройки и солнечной активностью больше, чем при низкой.

The influence of solar activity on variability of time-frame of springtime restructuring stratospheric circulation is investigated. To detect the influence, the springtime restructuring and solar activity datasets were grouped according to phases of the quasi-biennial oscillations (QBO). The dependence of spring restructuring dates on solar activity has been found. When separating data on early and later spring restructuring the most influence of solar signal is revealed at late spring restructuring. It was also shown that at high solar activity, the relation between spring restructuring dates and solar activity is stronger, than at low one.

Сезонное формирование и распад интенсивного циклонического вихря над зимним полюсом – одно из значимых явлений стратосферной циркуляции. Полярный вихрь образуется осенью, достигает максимальной интенсивности в середине зимы и распадается в начале весны. Структура и динамика такого полярного вихря играют доминирующую роль в стратосферной циркуляции в зимний и весенний периоды, а также в процессах переноса атмосферных составляющих, в особенности озона, и оказывают определяющее влияние на взаимосвязь между стратосферой и тропосферой [Waugh et al., 2010].

Весенняя перестройка стратосферной циркуляции или разрушение полярного вихря – изменение направления зонального потока с восточного на западное – наблюдается примерно на уровне 10 гПа в первой половине апреля. Одной из главных причин, вызывающих такую перестройку, является нагрев атмосферы за счет поглощения солнечной радиации, т. е. сезонные изменения зенитного угла Солнца. Однако динамические процессы, такие как распространение планетарных волн, могут также влиять на дату весенней перестройки стратосферной циркуляции. В результате существует достаточно сильная межгодовая изменчивость сроков весенней перестройки циркуляции стратосферы, что вызывает особый интерес с точки зрения изменения климата.

Таким образом, изучение причин, вызывающих такую изменчивость, очень важно в исследованиях динамических процессов в стратосфере, изучении структуры полярного вихря, долгосрочном прогнозировании, а также при анализе связи между тропосферой и стратосферой.

Целью данной работы является исследование влияния солнечной активности на сроки стратосферной перестройки.

Влияние солнечной радиации на интенсивность стратосферного полярного вихря и среднемеридиональную циркуляцию подробно рассматривается в работах [Labitzke et al., 2006; Naigh et al., 2010]. В данной работе для обнаружения влияния солнечного

сигнала на сроки стратосферной перестройки было решено сгруппировать данные о сроках согласно фазам квазидвухлетних колебаний (КДК) [Labitzke et al., 2006]. КДК – колебания в атмосфере, которые лучше всего можно наблюдать в изменениях вертикальной структуры ветра экваториальной стратосферы, где зональные ветры дующие с востока на запад (восточная фаза), со временем изменяют свое направление и дуют с запада на восток (западная фаза). Период КДК варьирует по пространству и времени со средним значением около 28 месяцев на всех уровнях.

Поставленные задачи включали в себя следующее:

- поиск корреляционной связи межгодовой изменчивости дат весенней перестройки стратосферной циркуляции и характеристик солнечной активности;
- выявление проявлений солнечного сигнала в стратосфере относительно различных фаз КДК;
- анализ воздействия солнечной активности на раннюю и позднюю стратосферные перестройки;
- анализ воздействия высокой и низкой солнечной активности на сроки стратосферной перестройки.

Полученные результаты

Для оценки связи между датами весенней перестройки и характеристиками солнечной активности за период 1971–2011 гг. использовался метод корреляционного анализа [Малинин, 2010].

Даты стратосферной перестройки были взяты из данных Национального центра экологического прогнозирования / Национальный центр атмосферных исследований (NCER/NCAR) и доступны в РГГМУ. В качестве характеристики солнечной активности были взяты среднегодовые значения индекса радиопотока Солнца $F10.7$ из архива Национального геофизического информационного центра, США [ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/].

Прямой зависимости между датами перестройки и солнечным потоком не обнаружено, коэффициент корреляции $r=0.2$.

После группирования данных, согласно фазам КДК и вертикальным уровням, выявлены статистически

значимые положительные коэффициенты корреляции при восточной фазе КДК на уровне 30 гПа ($r=0.6$, уровень значимости 5 %) и на уровне 15 гПа ($r=0.5$, уровень значимости 5 %). Полученные коэффициенты корреляции представлены в табл. 1.

Таблица 1

Фазы КДК	Уровни						
	70 гПа	50 гПа	40 гПа	30 гПа	20 гПа	15 гПа	10 гПа
КДК западная фаза	0.4	0.3	0.3	0.0	0.0	-0.1	0.1
КДК восточная фаза	0.0	0.01	0.2	<u>0.6</u>	0.4	<u>0.5</u>	0.4

Диаграмма рассеяния для коэффициентов корреляции $r=0.6$ и $r=0.5$ представлена на рис. 1. Видно, что при увеличении солнечной активности стратосферная перестройка происходит позже и этот процесс модулируется КДК.

Затем уже сгруппированные по фазам и вертикальным уровням данные дат весенней перестройки и соответствующие им значения индекса F10.7 были разделены на раннюю перестройку (дни меньше или равные 98) и позднюю (дни больше 98). Рассчитывались коэффициенты корреляции между датами ранней/поздней перестроек и солнечным потоком. Полученные результаты представлены в табл. 2.

По данным табл. 2 статистически значимые (при уровне значимости 5 %), положительные коэффициенты корреляции получились при поздней перестройке, восточной фазе КДК, на уровнях 15–10 гПа. Ранняя стратосферная перестройка происходит из-за высокой активности планетарных волн [Savenkova et. al, 2006]. В случае поздней перестройки стратосферная перестройка вызвана сезонным изменением нагрева средней атмосферы над полярным регионом, связанного с поглощением ультрафиолета, что и можно подтвердить полученной корреляцией.

Таблица 2

Перестройки, фазы КДК	Уровни						
	70 гПа	50 гПа	40 гПа	30 гПа	20 гПа	15 гПа	10 гПа
Ранняя перестройка циркуляции, КДК западная фаза	0.1	-0.1	0.1	-0.1	-0.5	-0.5	-0.2
Поздняя перестройка циркуляции, КДК западная фаза	0.4	0.4	0.3	0.2	0.0	-0.1	-0.2
Ранняя перестройка циркуляции, КДК восточная фаза	-0.5	0.0	-0.2	0.1	0.1	0.3	0.1
Поздняя перестройка циркуляции, КДК восточная фаза	0.4	1	0.4	0.5	0.5	<u>0.6</u>	<u>0.6</u>

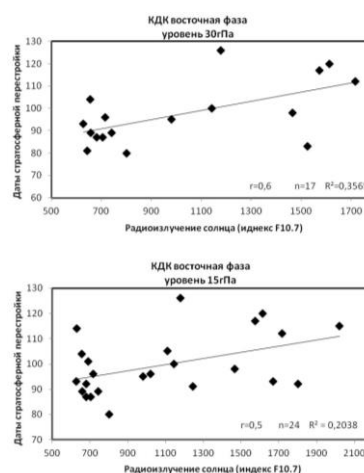


Рис. 1. Диаграмма рассеяния для коэффициентов корреляции $r=0.6$ и $r=0.5$.

Чтобы рассмотреть влияние Солнца при низкой и высокой солнечной активности на сроки стратосферной перестройки, по аналогичной схеме рассчитывались коэффициенты корреляции. Результат представлен в табл. 3.

Таблица 3

Солнечная активность, Фазы КДК	Уровни, в гПа						
	70	50	40	30	20	15	10
Низкая солнечная активность, КДК западная фаза	-0.2	-0.1	-0.1	0.2	-0.1	0.0	0.3
Высокая солнечная активность, КДК западная фаза	0.1	0.4	0.4	0.4	<u>0.8</u>	<u>0.8</u>	<u>0.7</u>
Низкая солнечная активность, КДК восточная фаза	0.0	0.3	0.2	-0.2	-0.4	-0.4	-0.3
Высокая солнечная активность, КДК восточная фаза	1	<u>-0.9</u>	-0.5	0.0	0.0	0.1	0.0

Видно, что при высокой солнечной активности влияние Солнца на сроки стратосферной перестройки больше.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Малинин В.Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. РГМУ, 2008. С. 127–147.
 Haigh J.D. Solar variability and the stratosphere // Amer. Geophys. Un. 2010. P. 173–187.
 Labitzke K., Kunze M., Bronnimann S. Sunspots, the QBO and the stratosphere in the North Polar Region // Meteorol. Z. 2006. V. 15, N 3. P. 355–363.
 Waugh D.W. Lorenzo M.P. Stratospheric polar vortex // Amer. Geophys. Un. 2010. P. 43–57.
 Savenkova E.N., Kanukhina A.Yu., Pogoreltsev A.I., Merzlyakov E.G. Variability of the springtime transition date and planetary waves in the stratosphere // J. Atmos. Solar-Terr. Phys. 2006. P. 1–8.
ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/.

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия