

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

Е.В. Ракушина, А.Ю. Канухина

INFLUENCE OF QBO AND SOLAR ACTIVITY ON INTERANNUAL VARIABILITY OF DATES OF THE SPRING-TIME TRANSITION OF STRATOSPHERE CIRCULATION

E.V. Rakushina, A.Yu. Kanukhina

В данной работе было 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. Причем, при разделении сроков на раннюю и позднюю перестройку наибольшее воздействие солнечного сигнала обнаружено при поздней перестройке. Также было показано, что при высокой солнечной активности, связь между датами весенней перестройки и солнечной активностью больше, чем при низкой.

In this paper the influence of solar activity on variability of springtime transition dates of stratospheric circulation is investigated. To detect the influence, the springtime transition and solar activity datasets were grouped according to the phases of the Quasi-Biennial Oscillation (QBO). It was obtained that there is a dependence of spring transition dates on solar activity. And in case of dividing data on early and later spring transition the more influence of solar signal is revealed at late spring transition. It was also shown that under high solar activity conditions, the relation between spring transition 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 период, а также в процессах переноса атмосферных составляющих, в особенности озона, и оказывают воздействие на взаимосвязь между стратосферой и тропосферой [Wauget et al., 2010].

Весенняя перестройка стратосферной циркуляции или разрушение полярного вихря – это изменение направления зонального потока с восточного на западное, наблюдается примерно на уровне 10 гПа в первой половине апреля. Одной из главных причин, вызывающую такую перестройку, является нагрев атмосферы за счет поглощения солнечной радиации, то есть 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, в долгосрочном прогнозировании, а также 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; Haigh 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, дуют с запада на восток (западная фаза). Период КДК варьируется по пространству и времени, со средним значением около 28 месяцев на всех уровнях.

Поставленные задачи включали в себя следующие пункты:

- поиск корреляционной связи межгодовой изменчивости дат весенней перестройки стратосферной циркуляции и характеристик солнечной активности;
- выявления проявлений солнечного сигнала в стратосфере относительно различных фаз КДК;
- анализ воздействия солнечной активности на раннюю и позднюю стратосферную перестройку;
- 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].

Данные о датах стратосферной перестройки были взяты из Национального Центра Экологического Прогнозирования / Национальный Центр Атмосферных Исследований (NCEP/NCAR) и доступны в РГГМУ. В качестве характеристики солнечной активности были взяты среднегодовые значения индекса радиопотока солнца – F10.7. Данные индекса F10.7 были получены из архива Национального

Геофизического Информационного центра, США
ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/

Прямой зависимости между датами перестройки и солнечным потоком не обнаружилось, 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.

Уровни, гПа	70	50	40	30	20	15	10
Фазы КДК							
КДК западная фаза	0.4	0.3	0.3	0.0	0.0	-0.1	0.1
КДК восточная фаза	0	0.01	0.2	<u>0.6</u>	0.4	<u>0.5</u>	0.4

Диаграмма рассеяния для коэффициента корреляции $r=0.6$ и $r=0.5$ представлена на рисунке. На рисунке 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 перестройки 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 же с поздней, стратосферная перестройка вызвана сезонным изменением нагрева средней атмосферы над полярным регионом, связанного с поглощением ультрафиолета, что и можно подтвердить полученной корреляцией.

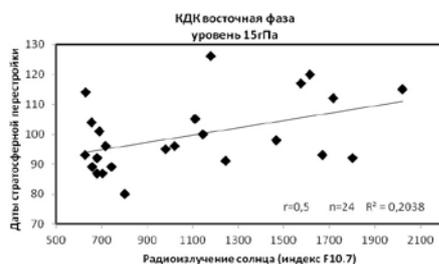
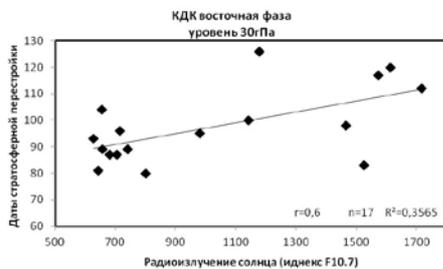


Диаграмма рассеяния для коэффициентов корреляции $r=0.6$ и $r=0.5$.

Таблица 2.

Уровни, гПа	70	50	40	30	20	15	10
Перестройки, фазы КДК							
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	-0.1	-0.2
Ранняя перестройка циркуляции, КДК восточная фаза	-0.5	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>

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.

Уровни, гПа	70	50	40	30	20	15	10
Солнечная активность, Фазы КДК							
Низкая солнечная активность, КДК западная фаза	-0.2	-0.1	-0.1	0.2	-0.1	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	0.3	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	0.1	0

По результатам в данной таблице видно, что при высокой солнечной активности влияние солнца на сроки стратосферной перестройки больше.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант 14-17-00685).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Малинин В.Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации / РГГМУ. 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. Sol-Ter. Phys. 2006. P. 1–8.

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия