

В.Н. Воробьев, А.В. Косенко, Э.И. Саруханян, Н.П. Смирнов

**СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ
НА ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕНТРОВ ДЕЙСТВИЯ
АТМОСФЕРЫ ЮЖНОГО ПОЛУШАРИЯ**

V.N. Vorobyev, A.V. Kosenko, E.I. Sarukhanyan, N.P. Smirnov

**SOLAR ACTIVITY AND ITS INFLUENCE
ON VARIATIONS OF THE ATMOSPHERIC CENTERS
OF ACTIONS IN THE SOUTHERN HEMISPHERE**

На основе полученных данных по характеристикам шести квазистационарных центров действия атмосферы Южного полушария за последние 50 лет было проведено исследование влияния на изменчивость этих характеристик солнечной активности. Обсуждаются механизмы влияния солнечной активности на изменения интенсивности центров действия атмосферы, их положение и интенсивность, и характер циркуляции атмосферы.

Ключевые слова: Центры действия атмосферы (ЦДА), циркуляция атмосферы, интенсивность ЦДА, солнечная активность.

The solar activity influence research was conducted on the basis of obtained data on characteristics of six quasi-stationary atmospheric centers of actions in the Southern Hemisphere during last 50 years. Mechanisms of solar activity influence on variations of the intensity of atmospheric centers of actions, their positions and intensity and character of atmospheric circulation are discussed.

Keywords: centers of atmosphere action, atmospheric circulation, centers of atmosphere action intensity, Solar activity.

В последние годы становится все более очевидно, что объяснить современные изменения климата на Земле исходя из антропогенных воздействий на климатическую систему, в которую помимо океана и атмосферы входит поверхность континентов и гляциосфера Земли, достаточно трудно. Выброс в атмосферу Земли углекислого газа антропогенного происхождения и других парниковых газов не может объяснить ни глобальных изменений климата, ни региональных особенностей этих изменений.

Поэтому вновь встает вопрос о более углубленном анализе как внутрисистемных факторов формирования многолетних изменений климата, так и внешних факторов, воздействующих на климатическую систему. Из последних следует отметить в первую очередь такие, как солнечная активность и диссимметрия солнечной системы, долгопериодные приливы, изменения ротационного режима Земли, движения полюсов вращения Земли. Среди них в литературе в последние годы снова все большее внимание уделяется влиянию солнечной активности на циркуляцию атмосферы [Смирнов, 2004; Coughlin, 2004; Kodera, 2002; Kuzoda, 2002; Salby, 2004; Thresher, 2002].

Это связано с тем, что в последние 10–15 лет установлен ряд новых закономерностей проявления солнечной активности в верхней и средней атмосфере

Земли. Полученные результаты позволяют с большим вниманием отнестись и к возможности влияния солнечной активности не только на процессы в стратосфере Земли, но и на изменчивость процессов в тропосфере, которые могут непосредственно влиять на изменения климата.

Так, например, установлено, что солнечный световой поток на коротковолновом участке (ультрафиолетовом) может меняться на несколько десятков процентов в зависимости от уровня солнечной активности [Lean, 1997], несмотря на малую изменчивость общего потока. Следствием этого являются заметные изменения температуры в верхней стратосфере [McCormack, 1996], которые могут иметь последствия и в нижней тропосфере [Kodera, 2002; Kuzoda, 2002]. Наличие таких последствий в тропосфере Южного полушария было убедительно показано в работе Р. Трешера [Thresher, 2002].

Ранее на основе исследований атмосферного давления в Северном полушарии в узлах координатной сетки через 5° по широте и 20° по долготе было установлено, что влияние солнечной активности на изменение давления сказывается особенно заметно в широтной зоне $65\text{--}75^\circ$ с.ш. Максимальные солнечно-обусловленные изменения давления в этой зоне в среднем достигают 4 мбар [Гасюков, 1967]. Минимальные значения изменений давления наблюдаются в зоне $20\text{--}25^\circ$ с.ш. В этой же работе было показано, что на максимуме солнечной активности (на второй–третий год после максимума) происходит деакцентация квазистационарных центров действия атмосферы Северного полушария.

В данном исследовании нами предпринята попытка оценить возможное влияние 11-летних колебаний солнечной активности на изменчивость характеристик климатических антициклонических и циклонических центров действия атмосферы Южного полушария. Методика определения давления в центрах и координат центров действия атмосферы в Южном полушарии описаны нами ранее [Смирнов и др., 2004].

Значения характеристик центров действия атмосферы за отдельные сезоны года и в среднем за год были подвергнуты полосовой фильтрации с помощью скользящего осреднения “семь лет минус одиннадцать лет”, после чего были рассчитаны кросскорреляционные функции между числами Вольфа и значениями характеристик центров действия атмосферы.

На рис. 1 и 2 представлены автокорреляционные функции между значениями чисел Вольфа и значениями характеристик центров действия атмосферы. Анализ кросскорреляционных функций показывает, что наиболее значимая и четкая связь отмечается между солнечной активностью и давлением в центрах действия атмосферы. Для циклонических центров она наиболее значима в зимне-весенний период, когда циклоническая деятельность наиболее выражена (рис. 1, а). Для антициклонических центров действия значимая связь характерна для всех сезонов года и потому хорошо выражена в среднегодовых значениях давления (рис. 2, а).

Важным результатом кросскорреляционного анализа является то, что у всех антициклонов на 2–4-й год после максимума солнечной активности давление в их центрах падает, а у всех циклонов на второй–третий год после максимума солнечной активности давление повышается, что видно соответственно из рис. 1, а и 2, а.

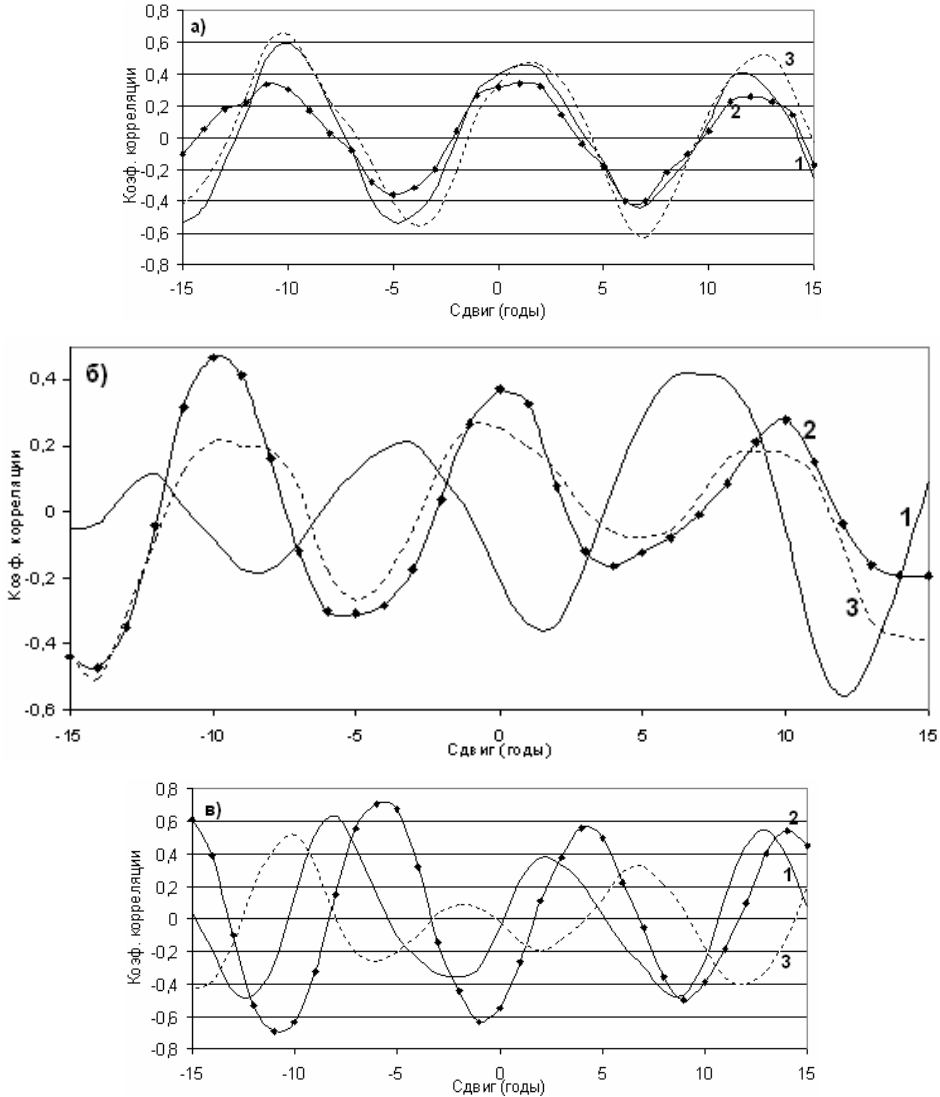


Рис. 1. Кросскорреляционные функции между значениями чисел Вольфа и значениями характеристик циклонических центров действия атмосферы за зимне-весенний период после фильтрации их полосовым фильтром: а – давление в центре, б – широта центра, в – долгота центра (1 – Южно-Атлантический циклон, 2 – Индоокеанский циклон, 3 – Южно-Тихоокеанский циклон)

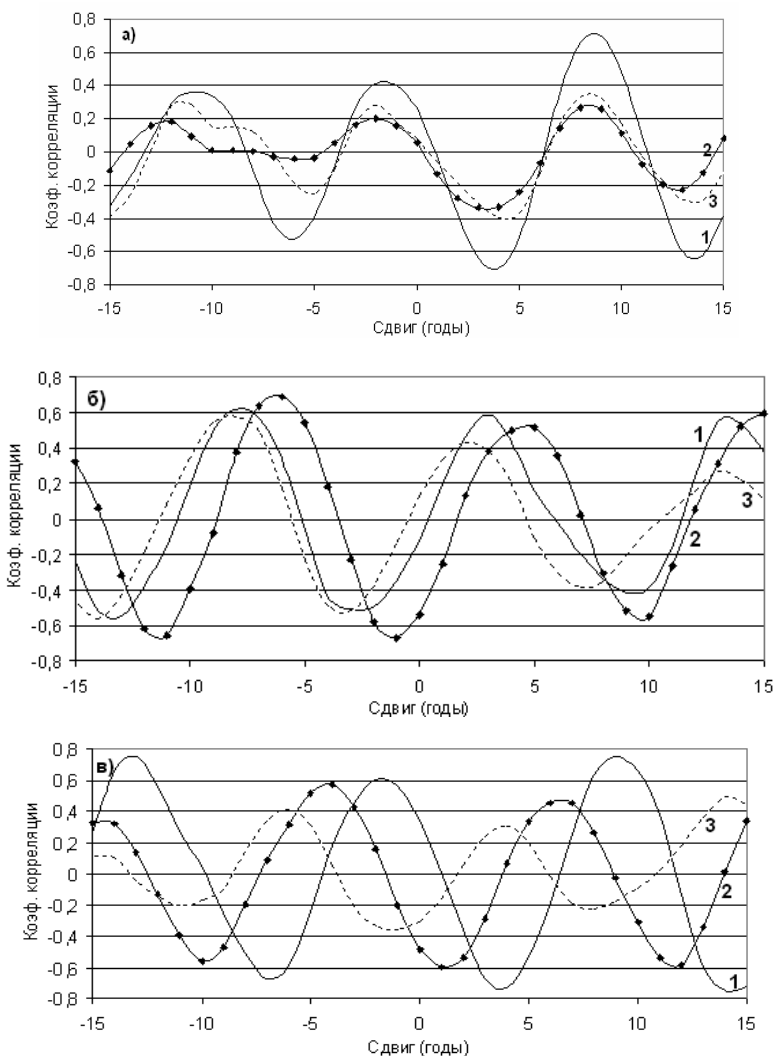


Рис. 2. Кросскорреляционные функции между значениями чисел Вольфа и значениями характеристик антициклонических центров действия атмосферы за зимне-весенний период после фильтрации их полосовым фильтром: *а* – давление в центре, *б* – широта центра, *в* – долгота центра (1 – Южно-Атлантический антициклон, 2 – Индоокеанский антициклон, 3 – Южно-Тихоокеанский антициклон)

Таким образом, на 2-3-й год после максимума солнечной активности происходит ослабление как циклонов, так и антициклонов в Южном полушарии, т.е. подтверждается вывод, что усиление солнечной активности приводит к деакцентации центров действия атмосферы, к ослаблению квазистационарных вихревых структур в атмосфере Земли, ослаблению интенсивности зональных и меридиональных переносов воздушных масс.

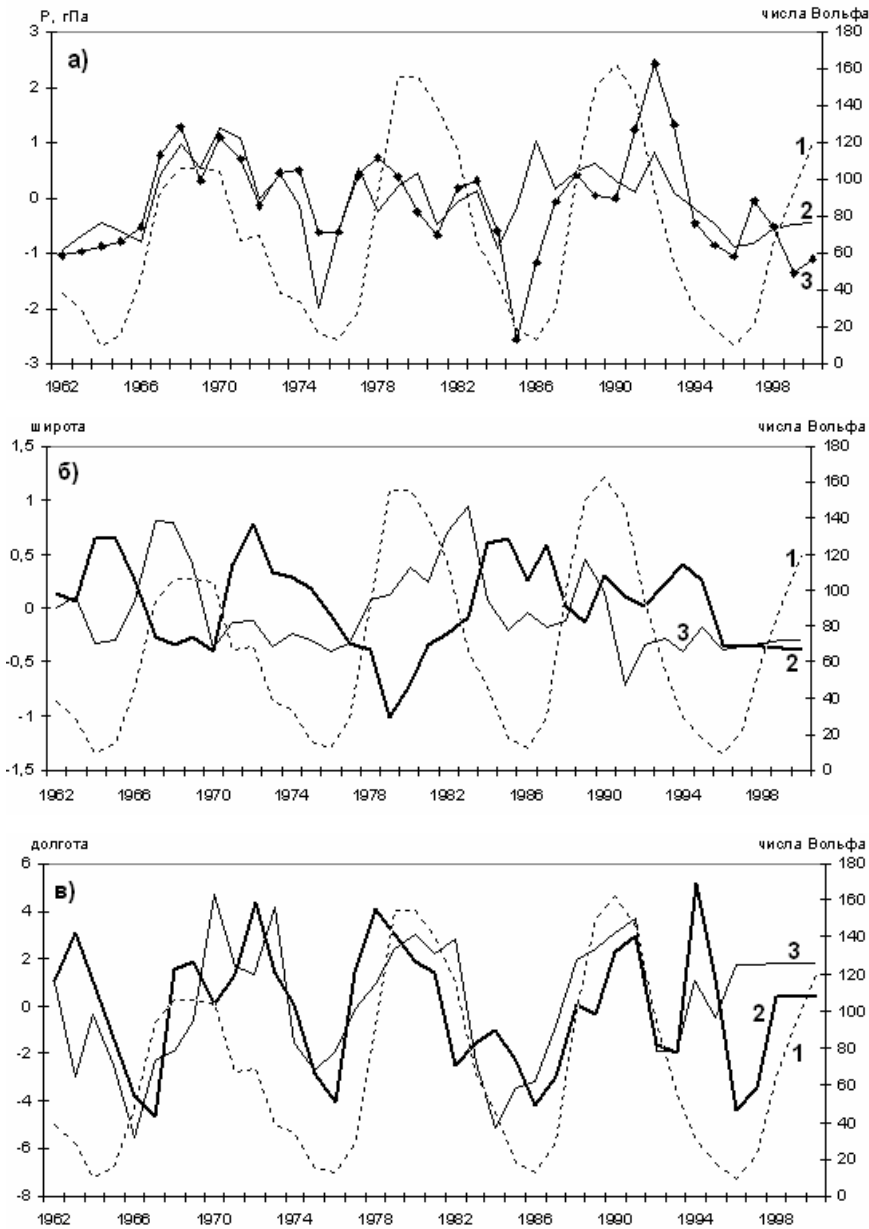


Рис. 3. Сопоставление чисел Вольфа с аномалиями давления, широты, долготы циклонов за весенне-зимний период в 11-летнем цикле при их сдвиге относительно чисел Вольфа на 1–3 года: а) 1 – числа Вольфа, 2 – аномалии давления в центре Южно-Атлантического циклона, 3 – аномалии давления в центре Южно-Тихоокеанского циклона; б) 1 – числа Вольфа, 2 – аномалии широты центра Южно-Атлантического циклона, 3 – аномалии широты центра Южно-Тихоокеанского циклона; в) 1 – числа Вольфа, 2 – аномалии долготы центра Южно-Атлантического циклона, 3 – аномалии долготы центра Индоокеанского циклона

Амплитуды колебаний давления в 11-летнем цикле у циклонических и антициклонических центров действия атмосферы различны. В антициклонах они в полтора – два раза меньше и составляют $\pm (0,5-1,0)$ гПа, в то время как в циклонах они равны $\pm(1-2)$ гПа, что видно на рис. 3, а и 4, а. Таким образом, подтверждается и второй вывод, сделанный ранее для Северного полушария, что амплитуды солнечно – обусловленных колебаний давления максимальны в широтной зоне $65-75^\circ$, т.е. там, где и расположены центры циклонических вихревых структур Южного полушария [Lean, 1997].

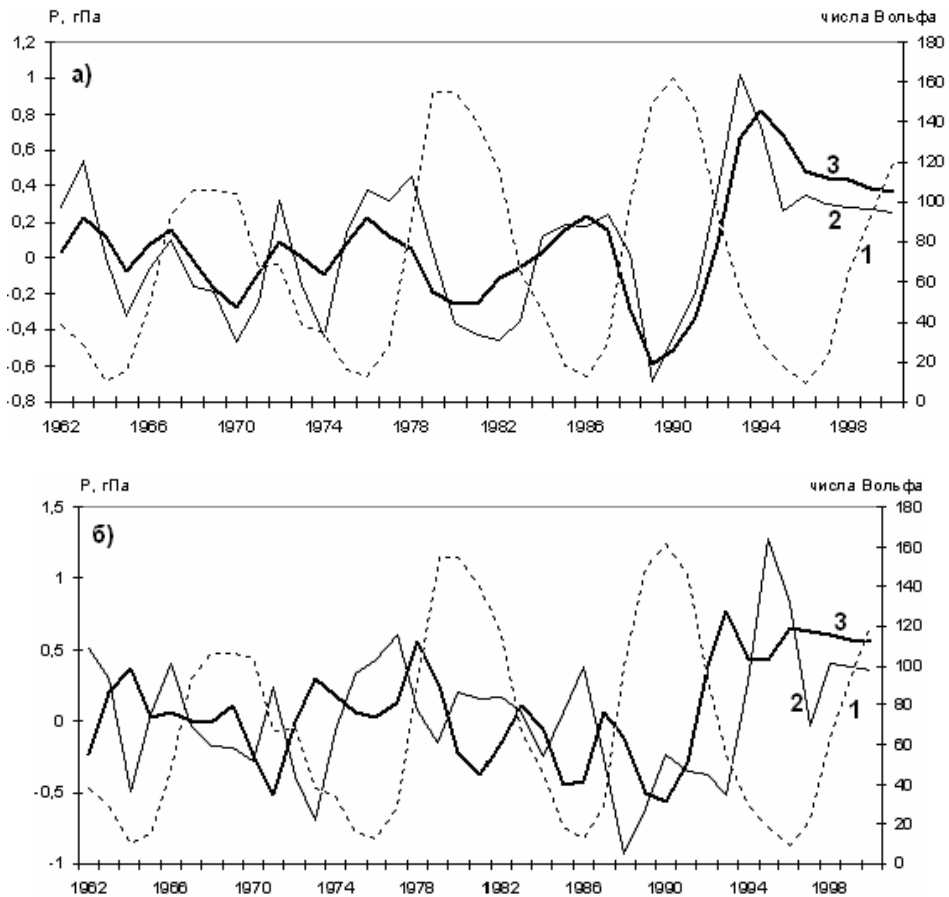


Рис. 4. Сопоставление чисел Вольфа с аномалиями давления в центре Южно-Атлантического антициклона (а) и Южно-Тихоокеанского антициклона (б) в 11-летнем цикле при их сдвиге относительно чисел Вольфа на 1–3 года: (1 – числа Вольфа, 2 – аномалии давления за зимне-весенний период, 3 – аномалии среднегодовых значений давления)

Связь солнечной активности с изменениями координат центров действия атмосферы слабее, чем с давлением, особенно для изменений широты центров циклонических структур циркуляции атмосферы. Кроме того, не наблюдается и

однозначности их реакции на изменения солнечной активности. Значимая связь между изменениями широты и числами Вольфа характерна для Южно-Атлантического циклона, достигая максимума для весны и даже для летнего периода ($r = -0,56$) через 1–3 года после максимума солнечной активности. Для Индоокеанского и Южно-Тихоокеанского циклонов связь изменений широты центров с солнечной активностью выражена слабо и имеет обратный знак. Если Южно-Атлантический циклон после максимума солнечной активности смещается к северу, то Индоокеанский и Тихоокеанский циклоны имеют тенденцию смещаться к югу, т.е. в направлении Южного полюса, что видно из рис. 1, б и 3, б. У антициклонических центров действия атмосферы связь между изменениями широты и солнечной активности значима для всех центров и выражена значительно лучше (рис. 2, б). На второй–четвертый год после максимума солнечной активности все они смещаются к югу, что показано на рис. 2, б и 5, а.

У изменений долготы центров действия атмосферы в целом связь с солнечной активностью выражена лучше, чем у изменений широты, и во все сезоны года, за исключением лета, она значима. Особенно высока эта связь для Южно-Атлантических и Индоокеанских центров действия атмосферы, хуже она выражена для Тихоокеанских центров (рис. 1, в и 2, в). Через 2–4 года после максимума солнечной активности Южно-Атлантический и Индоокеанский циклонические центры смещаются к востоку, а антициклонические – к западу, что видно из рис. 3, в и 5, б. В то же время Тихоокеанские центры действия имеют слабую тенденцию к смещению в противоположном направлении. Масштабы смещения в 11-летнем цикле у антициклонов, как по широте, так и по долготе, несколько превышают соответствующие смещения циклонических центров действия атмосферы.

Таким образом, у антициклонических центров действия атмосферы влияние изменений солнечной активности более сказывается на их перемещении в пространстве, т.е. на изменениях координат их центров. В противоположность этому у циклонических центров действия более заметно влияние солнечной активности на изменения давления в их центрах.

В заключение еще раз отметим, что анализ многолетней динамики центров действия атмосферы в Южном полушарии позволил подтвердить ранее сделанные выводы о характере влияния солнечной активности на барическое поле Земли. В периоды высокой солнечной активности (на второй–четвертый год после максимума) наблюдается ослабление как циклонических, так и антициклонических структур в атмосфере Земли, т.е. наблюдается закон деакцентации барических образований. Этот закон выполняется для всех шести основных квазистационарных центров действия атмосферы Южного полушария. Максимальные амплитуды солнечно-обусловленных колебаний давления наблюдаются в зоне $65-75^\circ$ ю.ш. (как и в Северном полушарии), т.е. влияние солнечной активности сильнее сказывается в изменениях давления в циклонических центрах действия атмосферы.

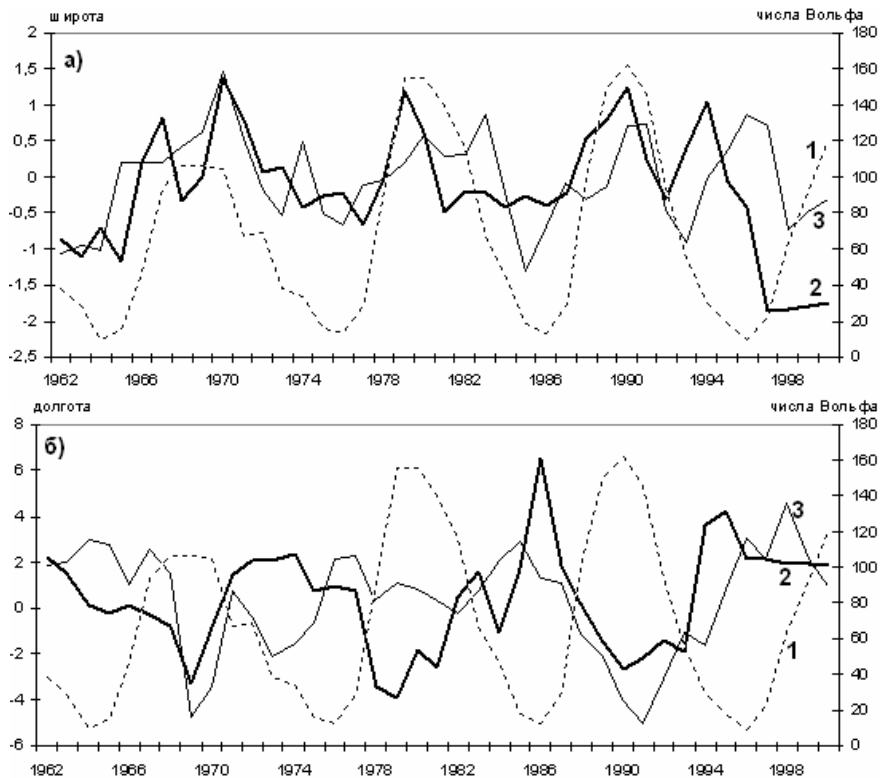


Рис. 5. Сопоставление чисел Вольфа с аномалиями значений широты и долготы антициклонических центров действия атмосферы за осенне-зимний период в 11-летнем цикле при их сдвиге относительно чисел Вольфа на 1–3 года: а) 1 – числа Вольфа, 2 – аномалии широты центра Южно-Атлантического антициклона, 3 – аномалии широты центра Южно-Тихоокеанского антициклона; б) 1 – числа Вольфа, 2 – аномалии долготы центра Южно-Атлантического антициклона, 3 – аномалии долготы центра Индоокеанского антициклона

Какие выводы можно сделать на основании полученных результатов?

Прежде всего из всего ранее сказанного следует, что усиление солнечной активности ведет не к усилению интенсивности циркуляции атмосферы, а наоборот – к ее ослаблению. В периоды высокой солнечной активности циклогенез и антициклогенез в тропосфере ослабевают. Это приводит к усилению зональности в тропосфере, так как ослабевает меридиональный межширотный обмен воздушными массами. Разница температур между полюсом и экватором должна увеличиваться. На полюсах должно становиться более холодно, а на юге более тепло. В средних широтах в области стационарных циклонических структур должна наблюдаться обратная тенденция в изменениях температуры воздуха на западе и востоке этих структур. Так, в Северном полушарии на востоке должно наблюдаться похолодание, а на западе – потепление. В Южном полушарии должна наблюдаться обратная картина.

Литература

1. Гасюков П.С., Смирнов Н.П. Колебания барического поля Северного полушария в 11-летнем цикле солнечной активности // Доклады АН СССР, 1967, т. 173, № 3, с. 184–194.
2. Национальное аэрокосмическое агентство США – база данных PO.DAAC / Режим доступа: [<http://www.podaac.jpl.nasa.gov>].
3. Смирнов Н.П., Воробьев В.Н., Кочанов С.Ю. Северо-Атлантическое колебание и климат. – СПб.: изд. РГГМУ, 1998. 121 с.
4. Смирнов Н.П., Саруханян Э.И., Розанова И.В. Циклонические центры действия атмосферы Южного полушария и изменения климата. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2004. – 209 с.
5. Coughlin K., Tung K. K. Eleven-year solar cycle signal throughout the lower atmosphere // J. Geophys. Res. 2004, vol. 109, D21105, doi.1029/2004JD004873.
6. McCormack J. P., Hood L.L. Apparent solar cycle variations of upper stratospheric ozone and temperature // J. Geophys. Res., 1996, vol. 101, № 20, p. 20933–20944.
7. Lean J. L. et al. Detection and parametrization of variations in solar mid- and near-ultraviolet radiation (200–400 nm) // J. Geophys. Res., 1997, vol. 102, № 25, p. 29939–29956.
8. Kodera K., Kuroda Y. Dynamical response to the solar cycle // J. Geophys. Res., 2002, vol. 107, № D24, p. 47-49.
9. Kuroda Y., Kodera K. Effect of solar activity on the polar-night jet oscillation in the Northern and Southern Hemisphere in winter // J. Met. Soc. Japan., 2002, vol. 80, p. 973–984.
10. Salby M., Callaghan P. Evidence of the Solar Cycle in General Circulation of the Stratosphere // J. of Climate, 2004, vol. 17, p. 34–46.
11. Thresher R.E. Solar correlates of Southern Hemisphere mid-latitude climate variability // Int. J. Climatol, 2002, vol. 22, p. 901–915.