

Вариации облачности в Северо-Восточной Азии и солнечной активности в 1997-2009 гг.

В.С. Соловьев, В.И. Козлов, М.С. Васильев

*Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН,
677980, Россия, г. Якутск, пр. Ленина, 31
E-mail: solo@ikfia.ysn.ru, v.kozlov@ikfia.ysn.ru*

Исследование распределения облачности в Западной и Восточной Сибири было проведено по данным многолетних наблюдений спутников NOAA за 1997-2009 годы (23-ий цикл солнечной активности). В общем, межгодовое поведение широтных профилей облачного покрова в Сибири имеет комплексный характер. Изменения облачности в Западной и Восточной Сибири показывают хорошее временное совпадение, но амплитуды межгодовых изменений облачности в Западной Сибири заметно больше, чем в Восточной Сибири. Мы считаем, что это означает, что влияние механизмов, действующих на пути западных циклонов, ослабевает при продвижении на восток.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, облачность, солнечная активность.

Введение

Известно, что степень и характер изменения циркуляции атмосферы сложным образом связаны с уровнем солнечной активности (СА). Связанные вариации облачности наблюдаются, как в ходе 11-летнего цикла солнечной активности, так и на более коротких интервалах времени (Пудовкин, Веретененко, 1992; Морозова, Пудовкин, 2000). Считается, что изменение типа циркуляции связано с перестройкой барических полей в высоких и средних широтах. Многие авторы отмечают изменение атмосферного давления у поверхности земли и высоты геопотенциальных поверхностей после геомагнитных возмущений или солнечных вспышек, сопровождающихся повышением интенсивности потока солнечных космических лучей (Brown, John, 1979; Tinsley, 1988).

В (Криволюцкий, Куницын, 2007) отмечается, что квазистационарный центр низкого давления, расположенный недалеко от Исландии и играющий важную роль в погодных процессах, имеет тенденцию к усилению в годы максимума солнечной активности. Солнечно-обусловленная периодичность наблюдается и в положении гребня давления, связанного с азорским максимумом, расположенным южнее. Изменение положения квазистационарных центров действия атмосфере приводит к соответствующим изменениям в траекториях циклонов, определяющих погодные процессы. Средний путь циклонов в районе Северного моря в максимуме солнечных пятен проходит на 3° южнее, чем в минимуме.

Подавляющее число циклонов умеренных широт возникает на арктических фронтах, разделяющих арктический воздух и воздух умеренных широт, и полярных фронтах, разделяющих воздух умеренных широт и тропический (Матвеев, 1991). Таким образом, можно говорить о северном и южном путях циклонов для рассматриваемого диапазона широт и смещении этих путей в 11-летнем цикле солнечной активности. Число циклонов в западной части Сев. Атлантики уменьшается в максимуме солнечной активности (минимуме потока ГКЛ) в годы с западной фазой квазидвухлетних осцилляций атмосферы (Labitzke, Van Loon, 1989).

В работах (Brown, John, 1979; Tinsley, 1988) приведены результаты, подтверждающие зависимость путей циклонов в северо-восточной Атлантике и Европе от фазы солнечного цикла. В заключение этих работ предлагается модель, согласно которой на фазе солнечного максимума «северный» путь атлантических циклонов сдвигается к югу, в то время как «южный» путь сдвигается к северу.

Целью данной работы является исследование широтных вариаций облачности в Западной и Восточной Сибири в зависимости от фазы солнечной активности в 23-м цикле.

Методика и данные эксперимента

Оперативный мониторинг облачного покрова по данным спутников NOAA на приемной станции СКАНОР проводится в светлое время суток (8-20 ч. местного времени) с апреля по октябрь ежегодно, начиная с 1997 г. В зимние месяцы наблюдения не ведутся. По сравнению с методами визуальной оценки облачности по 10-ти балльной шкале в пунктах расположения метеостанций, спутниковые наблюдения позволяют создавать полную карту облачности на большом пространстве, обновляемую несколько раз в сутки.

Существующие алгоритмы детектирования и классификации типов облачности по данным многозональной спутниковой съемки можно условно разделить на пороговые и статистические алгоритмы. Первые основаны на спектральных и текстурных признаках классификации, вторые – на методах кластеризации и распознавания образов. Процедура классификации включает анализ значений альбедо, радиояркостных температур и их комбинаций. Применительно к данным спутников NOAA – это, соответственно, данные видимых и тепловых каналов радиометра AVHRR. Оба типа алгоритмов дают, в целом, одинаковую точность классификации облачности. Однако относительная простота и удобство оперативного обновления параметров обусловили наш выбор в пользу порогового алгоритма.

Дешифрация облачного покрова проводилась с использованием стандартной процедуры тематической обработки многозональных снимков радиометра AVHRR, подробно изложенной в ряде работ (Barry, Coakley, 1989; Долгополов и др., 1993). Текстурные признаки дешифрации облачности не учитывались, так как они обычно применяются над однородными поверхностями (водными телами, снежным покровом и пр.), а не над сушей, у которой большая пространственная изменчивость альбедо и радиояркостной температуры. Значения пороговых параметров в тепловых каналах радиометра AVHRR подбирались эмпирическим путем.

Облачность для заданного участка определялась, как процент числа «облачных» пикселей (выделенных пороговым алгоритмом) от общего количества пикселей всего участка. Так как характерный масштаб радиуса пространственной корреляции большинства метеорологических параметров, в том числе и облачности, равен ~100-150 км, то минимальная пространственная «ячейка», в которой рассчитывалась облачность для рассматриваемых широт, была выбрана соответствующих размеров – 1x1 град. географической сетки.

В результате обработки данных AVHRR, полученных на станции СКАНОР в период май-сентябрь 1997-2008 гг., были построены среднестатистические карты нижней, верхней и полной облачности в Северо-восточной Азии (Соловьев, Лиходед, 2000; Соловьев, 2001; Соловьев, Козлов, 2005).

Для трех долготных секторов, ограниченных с юга 48-й, а с севера 72-й параллелью, – 66-90 в.д. (Западная Сибирь), 90-130 в.д. (Восточная Сибирь), 130-175 в.д. (Дальний Восток) – были построены усредненные широтные профили и тренды облачности за период май-сентябрь (бесснежный период) 1997-2010 гг.

Данные и анализ

На рис. 1 представлены широтные профили облачности в Западной Сибири, рассчитанные для 1997, 1998, 2004 и 2008 гг. Широтные профили 1998 и 2004 гг. хорошо совпадают, это годы соответствующие фазе роста и спада СА. При этом их распределение имеет аномальный вид – тренды отрицательные.

Широтные вариации в годы, относящиеся к фазе минимума СА – 1997 и 2008 гг. имеют в целом похожий вид, за исключением отличий на юге и севере, то есть в 1997 г. профиль имел более пологий вид по сравнению с 2008 г., а также ярко выраженные максимумы вблизи 52° и 69° с.ш. и, тем не менее, тренды в годы минимума имеют положительные значения.

Вариации широтного распределения облачности в Восточной Сибири в те же годы, представлены на рис. 2.

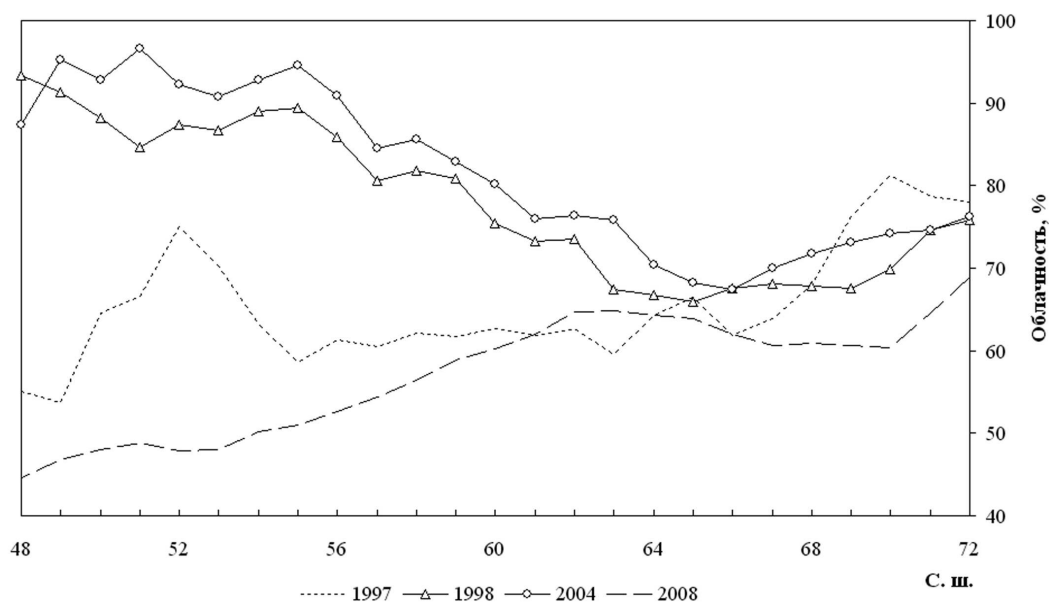


Рис.1. Широтные профили облачности в Западной Сибири. По вертикальной оси отложена облачность в %, по горизонтальной оси – северная широта в градусах

Для Восточной Сибири вариации широтного распределения облачности, связанные с фазами солнечной активности, проявляются с меньшей амплитудой, тем не менее, можно утверждать, что такое влияние наблюдается.

Изменения широтного профиля облачности на Дальнем Востоке на протяжении 23-го солнечного цикла не имеют такой характер, как в Западной и Восточной Сибири, сохраняя, в целом, положительный тренд. Очевидно, это связано с тем, что облачность Дальнего Востока во многом зависит от циклонов, приходящих с Охотского и Японского моря, а также от орографии, в которой присутствуют обширные горные массивы, поэтому динамика широтного распределения облачности здесь сильно отличается от облачности Западной и Восточной Сибири.

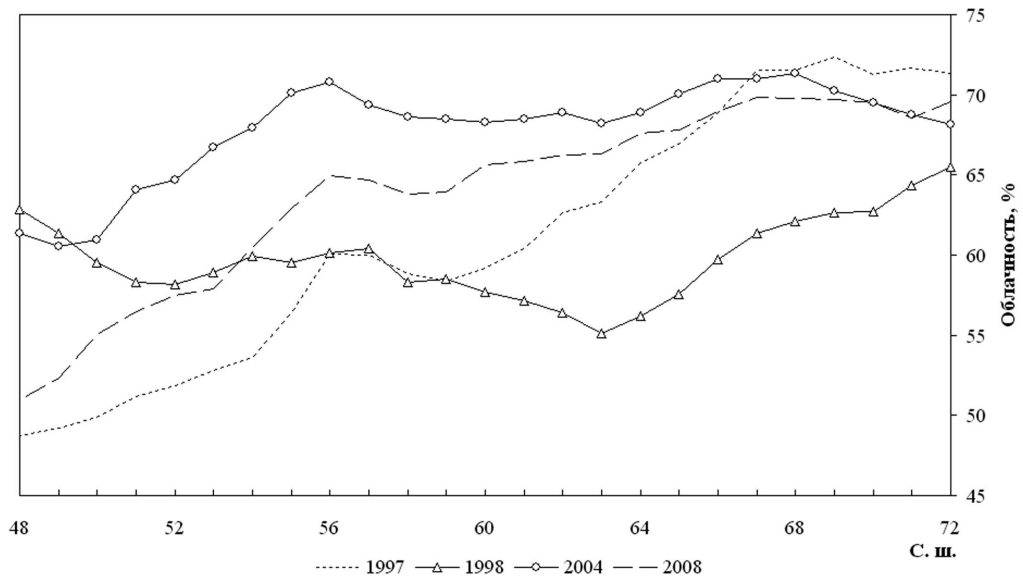


Рис.2. Широтные профили облачности в Восточной Сибири. По вертикальной оси отложена облачность в %, по горизонтальной оси – северная широта в градусах

На рис. 3 представлены межгодовые вариации тангенсов угла наклона линейных трендов облачности (в единицах облачность/широта), рассчитанные для Западной, Восточной Сибири и Дальнего Востока.

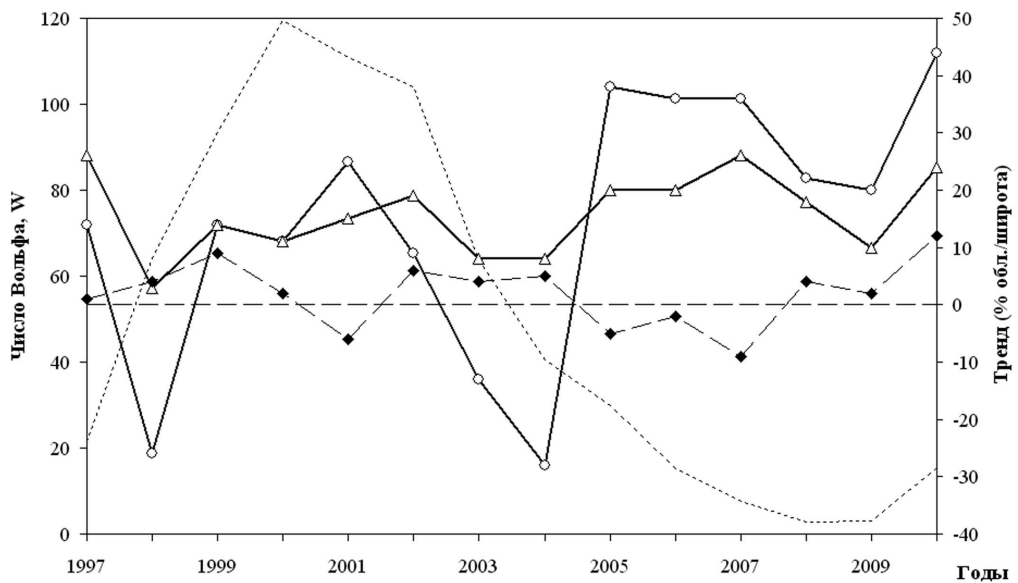


Рис. 3. Межгодовые вариации трендов облачности З.С., В.С. и Д.В. Значения чисел Вольфа отложены по левой вертикальной оси, облачности – по правой. Вариации наклонов трендов облачности З.С. показаны сплошной линией с круглыми маркерами, В.С. – сплошная линия с треугольными маркерами, Д.В. – пунктирной линией с черными квадратными маркерами. Вариацией чисел Вольфа показаны пунктирной линией

Межгодовые вариации углов наклона широтных трендов облачности показывают определенную периодичность, имеющую связь с поведением СА. Хорошее временное согласие наблюдается между вариациями трендов облачности в Западной и Восточной Сибири. Однако по амплитуде тренды облачности Восточной Сибири сильно уступают Западной Сибири.

Пространственно-временное распределение облачного покрова в целом формируется схемами путей перемещения западных циклонов, подверженных влиянию солнечно-земных связей. Изменение наклонов трендов, в таком случае, можно трактовать как смещение путей циклонических образований. Например, на фазе роста (1998) и спада (2004) СА наблюдается резкое смещение северных путей циклонов к югу в рассматриваемом диапазоне широт: в Западной Сибири тренды принимают отрицательные значения, в Восточной Сибири тренды становятся заметно положительными. На фазе максимума СА формы трендов принимают более классический вид – облачность нарастает с севера. На фазе затянувшейся фазы спада-минимума 23-го цикла (2005-2007) углы наклона трендов в Сибири принимают максимальные значения, но на дне фазы минимума СА (2008-2009) облачность вновь начинает смещаться в южном направлении. Однако с началом нового 11-летнего цикла наклоны широтных профилей вновь увеличиваются – повторяя ситуацию 1999 г.

Вариации трендов облачности Дальневосточной зоны показывают некоторую временную антикорреляцию с вариациями «сибирских трендов». Безусловно, на распределение облачности на Дальнем Востоке сказывается близость морей Тихого океана, а также сложная топография местности – наличие мощных горных массивов.

Выводы

В зависимости от фазы солнечного цикла происходит перераспределение широтного хода облачности.

На фазе спада активности 23-го солнечного цикла (2003, 2004) северные пути западных циклонов смещаются к югу. Особенно этот эффект заметен на равнинной территории Западной Сибири и, в меньшей степени, на Среднесибирском плоскогорье Восточной Сибири. Такой же эффект наблюдался в 1998 на фазе роста СА. Хорошее временное совпадение вариаций трендов облачности в Западной и Восточной Сибири указывает на единый механизм солнечно-земных связей, влияющий на положение траекторий циклонов, распространяющихся в восточном направлении. А то, что амплитуды вариаций наклонов тренда облачности в Восточной Сибири малы по сравнению с Западной Сибирью, может означать, что степень влияния этого механизма уменьшается к востоку.

Работа поддержана грантом РФФИ 09-05-98540-р_восток_a и программами АВЦП проект № РНП 2.1.1/2555 и ФАНИ г.к.02.740.11.0248.

Литература

1. Пудовкин М.И., Веретененко С.В. Вариации меридионального профиля атмосферного давления в ходе геомагнитного возмущения // Геомагнетизм и аэрономия. 1992. Т. 32. №1. С. 118-122.
2. Морозова А.Л., Пудовкин М.И. Климат Центральной Европы XVI-XX вв. и вариации солнечной активности // Геомагнетизм и аэрономия. 2000. Т. 40. № 6. С. 68-75.
3. Brown G.M., John J.I. Solar cycle influences in tropospheric circulation // Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics. 1979. № 41. P. 43-52.
4. Tinsley B.A. The solar cycle and the QBO influences on latitude of storm tracks in the North Atlantic // Geophysical Research Letters. 1988. V. 15. № 5. P. 409-415.

5. *Криволуцкий А.А., Куницын В.Е.* Атмосфера Земли / Модель космоса. МГУ. 2007. Т. 1. С. 668-726.
6. *Матвеев Л.Т.* Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. Л.: Гидрометеоздат, 1991. С. 63–108.
7. *Labitzke K., Van Loon H.* Association between the 11-Yr Solar Cycle, the QBO, and the Atmosphere. Part III: Aspects of the Association // *Journal of Climate*. 1989. V. 2. P. 554–565.
8. *Barry R.G., Coakley J. K.* Cloud Cover Determination in Polar Region From Satellite Imagery / NASA Grant: NAG-5-898, Final Report. Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences University of Colorado, 1989.
9. *Долгополов Б.Я., Захаров М.Ю., Луян Е.А.* Комплекс программ сегментации и классификации многоканальных спутниковых изображений // *Исследование земли из космоса* 1993, №6. С. 49-56.
10. *Соловьев В.С., Лиходед А.Н.* Экологический мониторинг окружающей среды по спутниковым данным // *Наука и образование, изд-во АН РС (Я)*, №1(17), 2000, С. 100-103.
11. *Соловьев В.С.* Спутниковый мониторинг в Якутии / *Космофизические исследования в Якутии*. – Якутск: ЯФ Изд-во СО РАН, 2001 г., стр. 302-308.
12. *Соловьев В.С., Козлов В.И.* Исследование пространственно-временной динамики лесных пожаров и облачности в Северо-Азиатском регионе по данным спутников NOAA // *Оптика атмосферы и океана*, 2005. Т.18, № 01-02. С.146-149.

Variations of cloudiness in the North-East Asia and the solar activity in 1997-2009 years

V.S. Solovyev, V.I. Kozlov, M.S. Vasiliev

*J.G. Shafer, Institute of Space Physics Research and Aeronomy SB RAS
677980, Russia, Yakutsk, Lenina, 31
E-mails: solo@ikfia.ysn.ru, v.kozlov@ikfia.ysn.ru*

The investigation of 23rd solar cycle activity (SA) influence on cloudiness distribution in Western and Eastern Siberia was carried out on data of long-term NOAA satellites observation for 1997-2010. In general, the interannual behavior of latitudinal profiles of cloud cover in Siberia has a complex character. The variations of cloudiness in Western and Eastern Siberia show good temporal coincidence, but amplitudes of cloudiness trends variations in Western Siberia noticeably greater than in Eastern Siberia. We believe that this means that influence of the mechanisms, acting upon paths of west cyclone weakens to the east.

Keywords: remote sensing, cloudiness, solar activity, Siberia.