Представленные модельные расчеты демонстрируют фотохимический отклик полярной озоносферы на воздействие корпускулярных потоков (электронов и протонов). Совместный анализ результатов моделирования и спутниковых наблюдений [6] показал достаточно хорошее соответствие. В тоже время модельные расчеты дают несколько завышенное изменение содержания азотных окислов, что требует, вероятно, уточнения значений эффективности их образования на каждую пару ионов, образующихся при торможении частиц космического происхождения в атмосфере Земли.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект № 09-05-009949) и в рамках контракта № 1-6-08 с ААНИИ Росгидромета (подпрограмма "Изучение и Исследование Антарктики" ФЦП «Мировой океан»).

Литература

- 1. Криволуцкий А.А., Куминов А.А., Репнев А.И. Влияние космических лучей на озоносферу Земли (обзор)// Геомагнетизм и аэрономия, Т.З9. №3. С. 243-252. 1999.
- 2. Heath D. F., Krueger A. J., Crutzen P. J., Solar proton event: Influence on stratospheric ozone, // Science, V. 197. P. 886. 1977.
- 3. Jackman, C., R. D. McPeters, G.J. Labow, and E.L. Fleming, Northern Hemisphere atmospheric effects due to the July 2000 solar proton event // Geophys. Res. Lett., V. 28, №15. P. 2883-2886. 2001.
- 4. Krivolutsky A.A., History of cosmic ray influence on ozone layer of the Earth key steps // Adv. in Space Res., V. 31, P. 2127-2138. 2003.
- Krivolutsky, A.A., Klyuchnikova A.V., Zakharov G.R., Vyushkova T.Yu., Kuminov A.A. Dynamical response of the middle atmosphere to slar proton event of July 2000: Three-dimensional model simulations // Adv. in Space Res., V.37. P. 1602-1613. 2006.
- Lopez-Puertas, M., Funke, B., Gil-Lopez, S., et al., Observation of NOx enhancement and ozone depletion in the Northern and Southern Hemispheres after the October-November 2003 solar proton events // J. Geophys. Res., V.110. A09S43. doi:10.1029/2005JA01 1050/ 2005.
- 7. Porter, H.S., C. Jackman, and A.E.S. Green, Efficiences for production of atomic nitrogen and oxygen by relativitic proton impact in air // J. Chem. Phys., V.65. P.154. 1976.
- Wissing J.M., Kallenrode M.-B., Atmospheric Ionization Module Osnabruck (AIMOS): A 3-D model to determine atmospheric ionization by energetic charged particles from different populations. J. Geophys. Res., V.114. A06104. doi:10.1029/2008JA013884. 2009.

ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ОБЛАЧНОСТЬ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ

INFLUENCE OF SOLAR ACTIVITY ON CLOUD COVER IN NORTH-EASTERN ASIA В.С. Соловьев, В.И. Козлов, М.С. Васильев

Институт космофизических исследований и аэрономии им. Ю.Г. Шафера СО РАН, г. Якутск E-mail: <u>v.kozlov@ikfia.ysn.ru</u>

Influence of solar-terrestrial relationships on spatial-temporal dynamics of cloudiness in northeastern Asia in IKFIA SB RAS.

NOAA satellite data (1997-2009) are processed. Summary maps of low, high and total cloud cover with resolution 1x1 degree are constructed. Variation cloud cover depending on phases of minimum (1997-1998, 2008-2009) and maximum (2000-2002) of 23rd solar cycle is studied.

A noticeable influence of solar activity on spatial-temporal dynamics of cloudiness is shown.

По данным спутников NOAA рассмотрены общая, низкая и высокая облачность над территорией Северо-Востока Азии (80°-170° в.д. и 40°-80° с.ш.) за период 1997-2009 гг. Анализ облачности нами проводился по данным спутников NOAA, полученным на станции в Якутске [1-3].

Фаза роста 23-го солнечного цикла началась в 1997 г., а последний пик максимума пришелся на 2001 г. Регулярный прием спутниковой информации по облачности в ИКФИА начался с 1997 г.

Построены обобщенные карты плотности облачного покрытия для общей, низкой и высокой облачности с разрешением в 1° как за весь период 1997-2009 гг., так и для периодов минимума СА (1997) и (2007-2008) и максимума СА (2001-2004 гг.) в 23-ем солнечном цикле и карта относительных изменений облачности в зависимости от СА. Облачность в масштабах сотен километров ведет себя по-разному, в зависимости от широты и орографии местности, определяясь изменением траекторий циклонов и антициклонов.



В зависимости от солнечной активности происходит широтное смещение областей с меньшей облачностью. На картах для максимума и минимума СА выделяются изменения интенсивности нескольких зональных «полос» [3], соответствующих смещению путей циклонов. Нужно также отметить, что восточнее 130-го меридиана, за горными хребтами наблюдается более сложная картина смещения облачности в периоды максимума и минимума солнечной активности, хотя основные зональные «полосы», соответствующие смещению путей движения западных циклонов, также просматриваются.

Таким образом, представления об изменении облачности в северной, центральной и южной Европе в зависимости от солнечной активности [4,5], определяющиеся смещением к центру южных и северных путей движения атлантических циклонов на восток с увеличением солнечной активности могут быть распространены на всю Евразию.

Широтный ход общей облачности для годов, выбранных в периоды максимума и минимума солнечной активности, приведен на Рис. 1. Как видно из рисунка, в годы максимума солнечной активности (2001 г. и 2002 г.) наблюдался менее крутой широтный ход, по сравнению с годами двух минимумов (1997 г., 2007 г. и 2008 г.).



Рис. 2. Широтный ход верхней и нижней облачности для периодов минимума и максимума СА.

Верхние три линии относятся к трендам широтных профилей верхней облачности в: 1997-1998 гг. (сплошная линия), 2000-2002 гг. (штриховая) и 2005-2006 гг. (пунктирная линия). Тренды нижней облачности показаны тремя нижними линиями, обозначения аналогичны.



Рис. 3. Линейные тренды широтного хода верхней (верхние три линии) и нижней (нижние три линии) облачности в 1997-1998 гг. (сплошная линия), 2000-2002 гг. (штриховая линия) и 2005-2006 гг. (пунктирная линия).

Широтный ход верхней и нижней облачности для периодов минимума и максимума солнечной активности 23-го цикла приведен на Рис. 2 и Рис.3, на котором показаны линейные тренды. Следует отметить особенность отличий широтных профилей облачности для двух соседних минимумов солнечной активности. Верхняя облачность в фазе минимума 2005-2006 гг. имеет более резкую тенденцию увеличения с широтой по сравнению с облачностью в 1997-1998 гг., аналогичное поведение, но с отрицательным трендом демонстрирует и нижняя облачность.

На фазе перехода от минимума к максимуму СА в широтном диапазоне $45^{\circ}-70^{\circ}$ с. ш. наблюдаются более заметные вариации плотности верхнего облачного покрова по сравнению с широтами расположенными южнее или севернее этого интервала: причем, на широтах $55^{\circ}-70^{\circ}$ с. ш. наблюдается рост облачности на ~ 5%, в то время как на широтах $45^{\circ}-55^{\circ}$ с. ш. – наблюдается снижение на ~ 5%. Картина изменения нижней облачности носит иной характер: облачность севернее 50-й широты во время максимума СА выше, чем в минимуме, а южнее – наблюдается обратная картина. Таким образом, можно отметить, что широтные вариации облачности верхнего и нижнего ярусов антикоррелируют.

Реальная картина путей движения циклонов имеет более сложную структуру, несколько отклоняясь при своем движении на запад севернее или южнее, при столкновении с более устойчивыми блокирующими антициклоническими зонами. Тем не менее, можно отметить, что наблюдавшиеся широтные смещения облачности для Европы, в зависимости от солнечной активности в 22-м цикле [6-7], сохраняют на масштабах более тысячи километров свой характер и в 23-ем цикле от 80° до 140° в.д.

Для исследования эффектов широтной динамики облачности были использованы отношения полной облачности в центральной зоне к облачности южной и северной зон. Вариации отношений облачного покрова трех широтных зон показаны на Рис. 4.



Рис. 4. Вариации отношений облачного покрова для трех широтных зон и их нелинейная аппроксимация. Ломаная линия с черными круглыми маркерами – отношение облачности «Ц/Ю», с белыми квадратными маркерами – отношение «Ц/С», соответствующие аппроксимационные кривые – сплошная и штриховая линии. Пунктирная линия – индекс солнечной активности (*R*).

Для исследования эффектов широтной динамики облачности были использованы отношения полной облачности в центральной зоне к облачности южной и северной зон. Вариации отношений облачного покрова трех широтных зон показаны на Рис. 4. Ломаной линией, отмеченной круглыми черными маркерами, показаны вариации отношения облачности центральной зоне «Ц/Ю», а нижней линией с белыми квадратными маркерами – отношение облачности центральной зоны к облачности в северной зоне «Ц/С». Пунктирной линией показан индекс солнечной активности в числах Вольфа (W); гладкие линии – аппроксимационные кривые: верхняя (сплошная), соответствует отношению «Ц/Ю», нижняя (штриховая) – «Ц/С».

Учитывая, что доминирующая доля облачности в Североазиатском регионе приносится западными циклонами, вариации отношений облачности («Ц/Ю» и «Ц/С») можно интерпретировать как широтные смещения циклонических путей. Уменьшение отношения «Ц/Ю» и увеличение «Ц/С» с начала наблюдений до 2003-2006 гг. говорит о смещении циклонических путей с юга на север на всем диапазоне рассматриваемых широт. В 2003-2008 гг. соотношение «Ц/Ю» возрастает, восстанавливаясь к исходному значению, что можно интерпретировать, как смещение траекторий циклонов в обратном направлении – к югу. С некоторым запаздыванием (2006 г.) аналогичное поведение – возвращение к исходным значениям – показывает соотношение «Ц/С», т.е. облачность (циклонические пути) с севера смещается к югу. Следовательно, можно обоснованно говорить о широтной реакции облачности (смещении путей западных циклонов) в Восточной Сибири на уровень солнечной активности в 23-м цикле.

Такая картина широтной динамики облачного покрова соответствует представлениям об изменении облачности в северной, центральной и южной Европе в зависимости от фазы солнечной активности [6,8] и определяется меридиональным смещением южных и северных путей движения атлантических циклонов на восток с ростом солнечной активности. Реальная картина путей движения циклонов имеет более сложную структуру.

Таким образом, представления об изменении облачности в северной, центральной и южной Европе в зависимости от солнечной активности [6,8], определяющиеся широтным смещением южных и северных путей движения атлантических циклонов на восток с изменением солнечной активности могут быть распространены на всю Евразию.

Работа поддержана грантами РФФИ 08-02-00348-а, 09-05-98540-р_восток_а и программами Президиума РАН 16, ФАНИ г.к. 02.740.11.0248 и РНП 2.1.1/2555.

Литература

- 1. 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.
- V.S. Solovyev, V.I. Kozlov, M.S. Vasil'ev, N.B. Andreev, V.V. Belov, S.V. Afonin, M.V. Angel. Investigation of Forest Fires in Yakutia (1998-2005) on Data of Remote Sensing // Proceedings of International Workshop on "Tropical Rain Forest and Boreal Forest Disturbance and Their Affects on Global Warming", University of Palangka Raya, Indonesia, 16-18 September 2006, pp. 8-14.
- Соловьев В.С., Козлов В.И. Облачное покрытие Северо-Восточной Азии в максимуме и минимуме 11-летнего солнечного цикла // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов // Москва, ООО «Азбука-2000». Сборник научных статей, Вып. 3, 2006, Т.1, стр. 321-325.
- 4. 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.
- 5. Распопов О.М., Веретененко С.В. Солнечная активность и космические лучи: влияние на облачность и процессы в нижней атмосфере (памяти и к 75-летию М.И. Пудовкина) // Геомагнетизм и Аэрономия. 2009.Т. 49. № 2. С. 147-155.
- 6. Brown G.M. and John J.I. Solar cycle influences in troposphere circulation // Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics. 1979. № 41. P.43-52;
- Svensmark H., Friis-Christensen E.. Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage a missing link in solar-climate relationships. // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics.1997. V. 59. No. 11. P.1225-1232.
- 8. 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.