

9. H. Karimabadi, P. L. Pritchett, W. Daughton et al., J. Geophys. Res. 108, 1401 (2003).
10. L. M. Zeleni, A. V., Artem'ev, A. A. Petrukovich et al., Ann. Geophys. 27, 861 (2009).
11. I. V. Golovchanskaya and Y. P. Maltsev, Geophys. Res. Lett., 32, L02102 (2005).
12. N. V. Erkaev, V. S. Semenov, and H. K. Biernat, Geophys. Res. Lett. 35, L02111 (2008).
13. C. Forsyth, M., Lester, R. C. Fear et al., Ann. Geophys. 27, 2457 (2009).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ ОБЛАЧНОСТИ И ИНТЕНСИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

RESEARCH OF VARIATIONS OF CLOUDINESS AND INTENSITY OF COSMIC RAYS

В.И. Козлов, В.С. Соловьев

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

Results of research of cloudiness variations depending on change of cosmic rays carried out by method of epoch imposing for 2000 (year of a maximum of solar activity) are presented. The area of territory with continental climate is considered: 34 degrees on width (40-74N) and 95 degrees on a longitude (80-175E). The cloudiness was calculated for three latitudinal zones defined by orographical features (by basic latitudinal watersheds): southern zone 40-56N; central zone 56-66N; northern zone 66-74N.

The correlation of a cloudy cover of the North-Asian region with cosmic ray for decreases of cosmic ray intensity when index AE > 300 nT are obtained. There is the anti-correlation of cloudy cover and intensity of cosmic ray flux for the 18 events of Forbush-decrease when AE < 300 nT. Correlation coefficient between variations of cosmic rays intensity and total cloudiness of all three zones for Forbush-decrease event in 21.05.2000 was $R = -0.68$.

Under variations of cosmic ray flux the variations of ratio between cloudiness of zones are observed. It can be explained by latitudinal displacement of western cyclone ways on the depending on solar activity.

Изучению вариаций облачного покрова земли при изменениях интенсивности потока космических лучей посвящен ряд работ группы М.И. Пудовкина - пионеров исследования влияния космических лучей на процесс формирования облачности [1, 2].

Анализ облачности нами проводился по данным спутников NOAA, полученным на станции в Якутске [3, 4, 5]. Рассмотрена площадь покрытия облачностью региона с континентальным климатом: 34° по широте (40° - 74° с.ш.) и 95° по долготе (80° до 175° в.д.). Данные по облачности рассчитывались для трех широтных зон, определяемых орографическими границами – основными широтными водоразделами: южная зона от 40° до 56° с.ш.; центральная зона от 56° до 66° с.ш. и северная зона от 66° до 74° с.ш.

Был проведен анализ вариаций плотности облачного покрова за 2000 г. (год максимума солнечной активности в 23-ем цикле) в зависимости от изменения интенсивности космических лучей (КЛ) методом наложения эпох, когда в день начала Форбуш-понижения среднесуточный AE- индекс не превышал 300 нТл (18 событий) и при AE > 300 нТл (12 событий). За нулевой день $t=0$ был взят первый день начала Форбуш-понижений. Использовались данные нейтронного монитора ст. Москва [<http://helios.izmiran.rssi.ru/cosray/events00.htm>] и Института космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН [http://www.ysn.ru/ipm/neutron_ykt.htm].

Наиболее значимая зависимость плотности облачного покрова от интенсивности КЛ наблюдалась нами в центральной зоне. Эта зависимость приведена на Рис.1, где приведены вариации полной облачности в центральной зоне, вариации интенсивности космических лучей и даты Форбуш-понижений КЛ (критические дни). Видно, что всем Форбуш-понижениям КЛ соответствуют понижения плотности общей облачности. А коэффициент корреляции между общей облачностью и интенсивностью КЛ для июля -

августа составляет 0.39 ($p < 0.05$). Это объясняется большим количеством Форбуш-понижений, наблюдаемых в эти месяцы.

Коэффициент корреляции между интенсивностью потока космических лучей и полной облачностью всех трех зон для Форбуш-понижения (3%) 21 мая 2000 г. $R = -0.68$. Это указывает на антикорреляцию плотности облачного покрытия Северо-азиатского региона с интенсивностью потока КЛ, принимая во внимание усредненные данные по всем 12 Форбуш-понижениям при $AE < 300$ нТл.

На Рис. 2 показаны вариации общей облачности в трех широтных зонах 21 мая 2000 года. Из графика видно, что в северной зоне рост плотности облачного покрова начинается сразу после начала Форбуш-понижения, и максимум плотности наблюдается через сутки. Через двое суток после начала Форбуш-понижения начинается рост облачности в центральной и южной зоне. Максимум облачности в южной зоне наступает на четвертые, а в центральной - на пятые сутки. На наш взгляд, продолжение роста облачности до пятых суток после начала Форбуш-понижения и его более мягкий спад можно объяснить широтным смещением облачности.

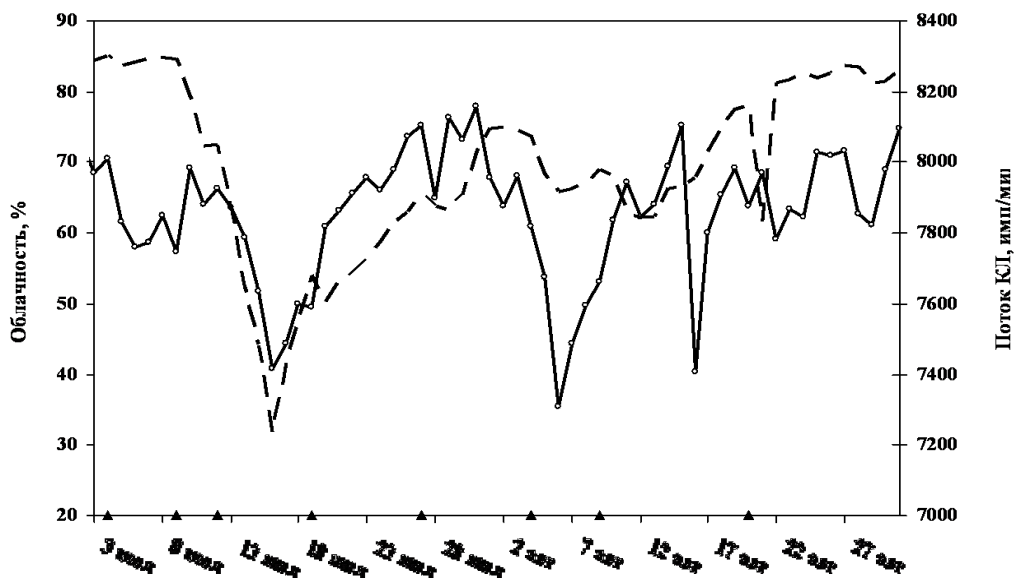


Рис. 1. Вариации облачного покрова в центральной зоне и интенсивности потока космических лучей 03.07-31.08.2000 г. Треугольниками отмечены даты начала Форбуш-понижений потока КЛ (критические дни).

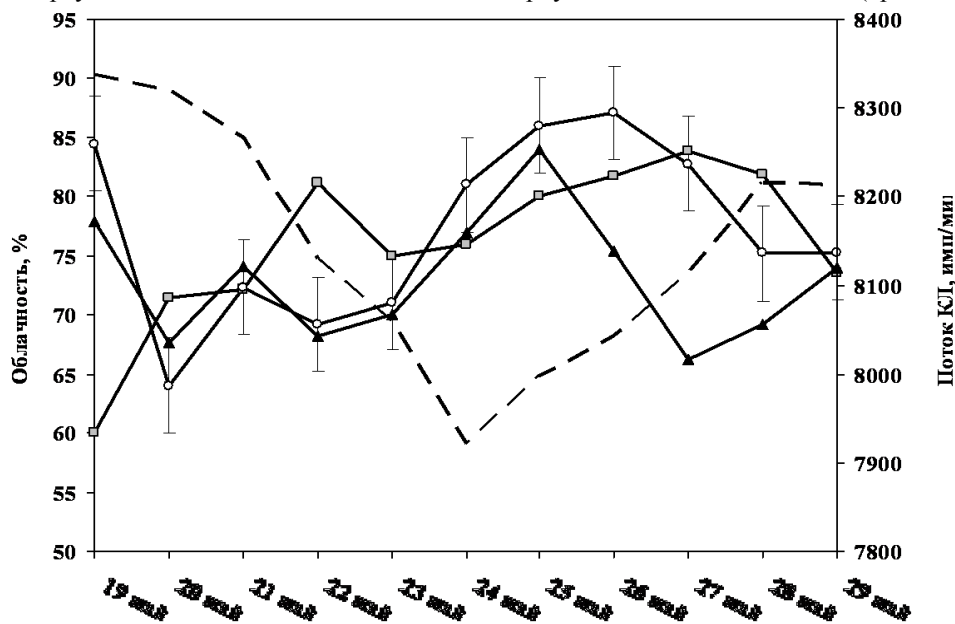


Рис. 2. Вариации полной облачности в трех широтных зонах и интенсивности потока космических лучей 19-29 мая 2000 г.

Рассмотрены отношения плотности облачности в центральной зоне к плотности облачности в северной и южной зоне. Причем, из отношений вычтены средние значения на временном интервале эпохи (19 – 29 мая 2000 г.). Эти преобразованные отношения характеризуют широтный сдвиг облачности (рис. 3).

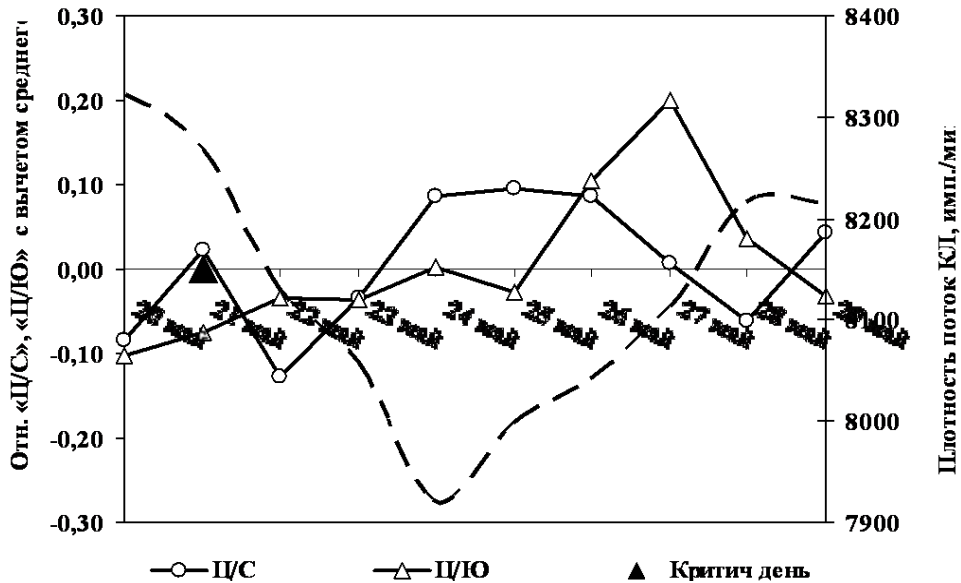


Рис. 3. Отношения облачности «Ц/С», «Ц/Ю» с вычетом средних значений на интервале эпохи, показывающие сдвиг облачности с северной и южной зон к центру во время Форбуш-понижения ГКЛ. Треугольником на горизонтальной оси обозначен критический день.

Из Рис. 3 видно, что сдвиг облачности с севера к центру начался на третьи сутки после начала Форбуш-понижения, а в первые сутки наблюдался незначимый сдвиг от центра к северу. Сдвиг с юга к центру наблюдался на четвертые сутки. Этим можно объяснить более мягкий спад облачности после максимума в центральной зоне. Реакция плотности облачного покрытия на Форбуш-понижение КЛ для разных широтных зон несколько смещена по времени. Аналогичная картина отношения облачности в широтных зонах наблюдается для усредненных 12 событий Форбуш-понижений при $AE > 300$ нТл.

Отношения облачности в широтных зонах для усредненных 12 событий Форбуш-понижений при $AE > 300$ нТл показано на Рис. 4, на котором наблюдается широтное смещение реакции плотности облачного покрова на изменение интенсивности потока КЛ по времени с северной и южной зон к центральной.

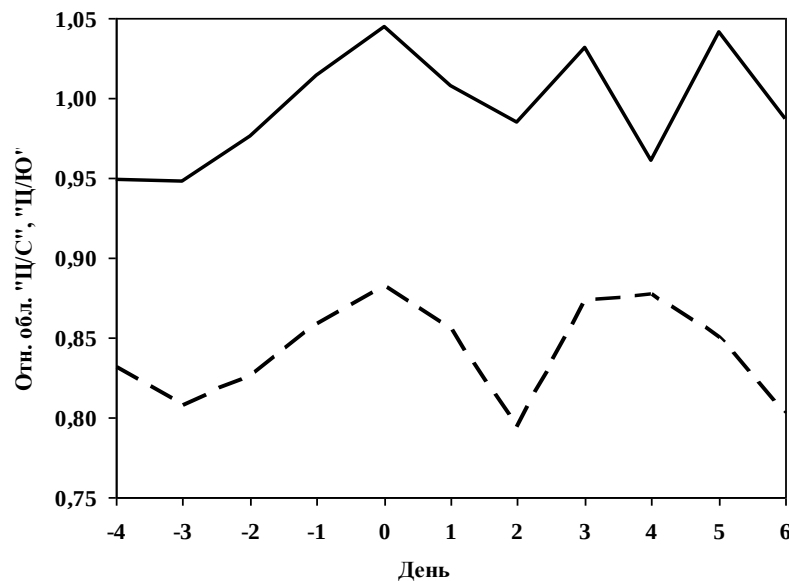


Рис. 4. Отношения облачности в широтных зонах для усредненных 12 событий Форбуш-понижений при $AE > 300$ нТл. Нулевой день – начало Форбуш-понижений космических лучей

Вывод о широтном смещении находится в соответствии с выводами работы А.Л. Морозовой и М.И. Пудовкина [6], сделанными по данным метеостанций в Северной Евразии за предыдущий нашим спутниковым наблюдениям тридцатилетней период и с выводами обзорной работы О.М. Распопова и С.В. Веретененко [7]. Выявлена корреляция степени облачного покрова Северо-азиатского региона с интенсивностью потока космических лучей (при Форбуш-понижениях более 3% и антикорреляция при более слабых Форбуш-понижениях).

Для $AE > 300$ нТл наблюдается понижение облачности после начала Форбуш-понижения интенсивности космических лучей, что соответствует положительной корреляции, и при $AE < 300$ нТл наблюдается антикорреляция плотности облачного покрытия Северо-Азиатского региона с интенсивностью потока космических лучей.

При Форбуш-понижениях на территории Северной Азии наблюдается изменение соотношения облачного покрова на северных центральных и южных широтах, что может быть объяснено широтным смещением путей западных циклонов в зависимости от солнечной активности.

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. Веретененко С.В., Пудовкин М.И. Широтная зависимость эффектов солнечной активности в вариациях прихода суммарной радиации // Геомагнетизм и аэронавигация. 1999. Т. 39. №6. С. 131-134.
2. Thejll P., Morozova A. L., Pudovkin M. I. Variations of atmospheric pressure during solar proton events and Forbush decreases for different Latitudinal and synoptic zones. //International journal of geomagnetism and aeronomy. 2002 Vol. 3, NO.2. P. 181-189.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Морозова А. Л., Пудовкин М. И. Климат Центральной Европы XVI-XX вв. и вариации солнечной активности // Геомагнетизм и Аэронавигация. 2000.Т. 40. № 6. С. 68-75.
7. 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 Аэронавигация. 2009.Т. 49. № 2. С. 147-155.