

Изменение облачности Северной Азии в зависимости от вариаций интенсивности космических лучей

В.И. Козлов, В.С. Соловьев

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

Рассмотрено распределение плотности облачного покрова региона с континентальным климатом и пространственным размером: 34° по широте (40° - 74° с.ш.), 95° по долготе (80° - 175° в.д.). Выявлена корреляция плотности облачного покрова Северо-Азиатского региона с интенсивностью потока космических лучей при Форбуш-понижениях более 3% и антикорреляция при более слабых Форбуш-понижениях. При рассмотрении отношения облачности в широтных зонах для усредненных Форбуш-понижений при $AE > 300$ нТл наблюдается широтное смещение реакции плотности облачного покрова на изменение интенсивности потока КЛ по времени.

Введение

Изучению вариаций облачного покрова земли при изменениях интенсивности потока космических лучей посвящен ряд работ [1, 2]. Эти исследования выявили влияния длиннопериодных и короткопериодных вариаций солнечной активности на состояние нижней атмосферы, погоду и климат. Упомянутые исследования проводились по данным метеостанций. Спутниковые наблюдения, по сравнению с наземными методами визуальной оценки облачности по 10-ти балльной шкале в пунктах расположения метеостанций, позволяют практически мгновенно рассчитать количественную карту облачности на большом пространстве.

Исследовалось изменение облачного покрова над Северной Азией в зависимости от интенсивности космических лучей (КЛ) за летние месяцы 1998-2000 гг. Анализ облачности проводился по данным спутникового мониторинга приемной станции «Якутск» [3, 4, 5]. В течение светлого времени суток осуществляется несколько сеансов приема данных со спутников NOAA.

Методика

Рассмотрена относительная 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. Из спутниковых данных выделялись площади открытых участков земной поверхности и покрытых облачностью для каждой из трех зон. Рассмотрено отношение площади, занятой облачностью в зоне к общей площади зоны. Значения облачности усреднялись за сутки.

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 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 космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН [http://www.ysn.ru/ipm/neutron_ykt.htm].

Вариации облачности Северной Азии

На графиках рис. 1 видно, что при $AE < 300$ нТл (а) после начала Форбуш-понижений облачность слегка уменьшается (статистически недостоверно), но в основном наблюдается возраста-

ние относительно дней до Форбуш-понижения. Существует временное различие в вариациях облачности на разных широтах. При $AE > 300$ нТл (б) после Форбуш-понижения наблюдается уменьшение облачности во всех широтных зонах, как и в работе С.В. Веретененко и М.И. Пудовкина [1].

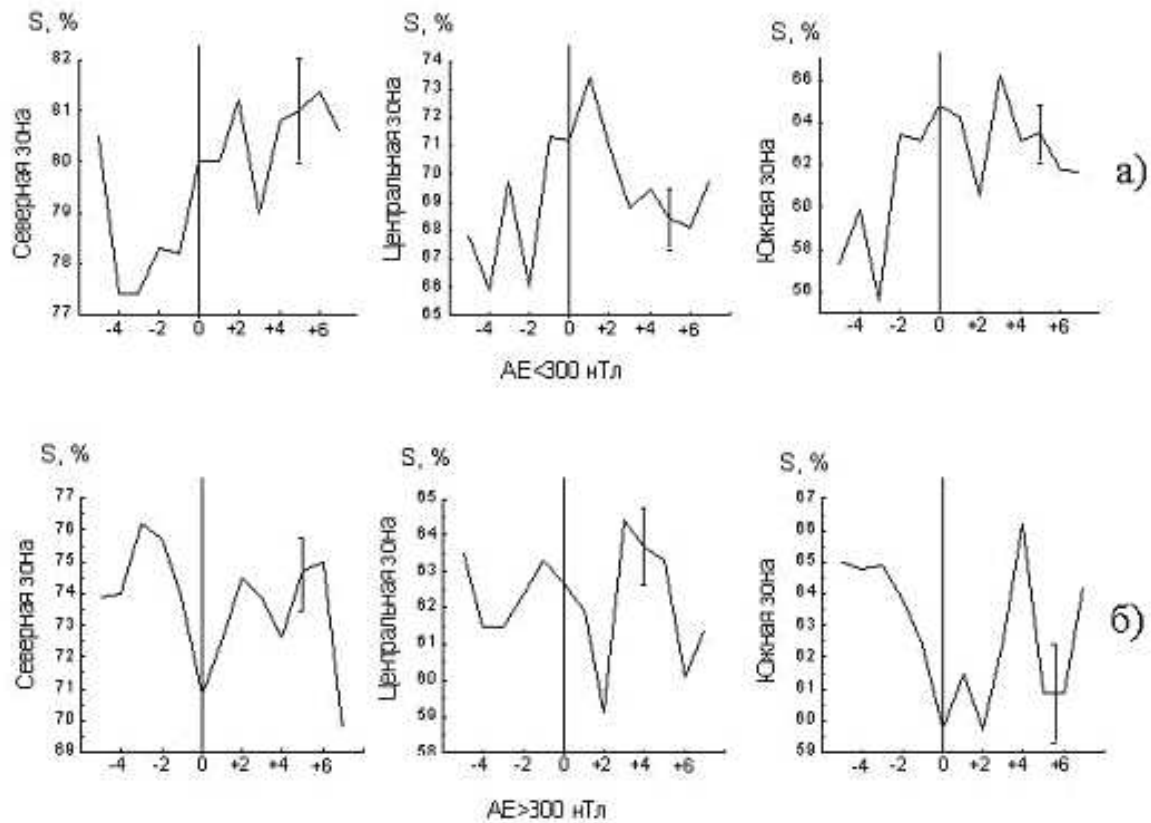


Рис. 1. Вариации общей облачности над Северо-азиатским регионом во время Форбуш-понижений при значении индекса авроральной активности $AE < 300$ нТл и $AE > 300$ нТл

Рассмотрена также зависимость плотности облачного покрова от интенсивности КЛ. В зависимости от возрастания солнечной активности для трех широтных зон наблюдаются различные знаки корреляции плотности облачного покрова и интенсивности КЛ. Значимые значения ($p < 0.05$) корреляции в таблице отмечены затемненными ячейками (табл. 1). Из приведенной таблицы видна некая зеркальная симметрия поведения знаков корреляции высокой, низкой и полной облачности в северной и южных зонах в зависимости от интенсивности КЛ для рассмотренного временного периода. Хотя значения этой корреляции не всегда статистически значимы, обратим внимание на эту симметрию. Для центральной зоны наблюдается рост корреляции с увеличением солнечной активности, а для северной и южной зон наблюдается смена знака корреляции через год. Причем знаки корреляции в северной и южной зонах для высокой облачности находятся в противофазе. Такое же противофазное состояние знаков корреляции для северной и южной зон мы наблюдаем и для низкой и полной облачности. Отметим, что внутри южной и северной зон знаки корреляции высокой и низкой облачности с КЛ находятся в противофазе. В полную облачность для рассматриваемого региона определяющий вклад вносит верхняя облачность. Для центральной зоны наблюдается рост полной облачности с ростом солнечной активности соответствующий росту как нижней, так и высокой облачности. Для южной зоны знак корреляции полной облачности совпадает со знаком нижней облачности, а для северной зоны – верхней. Это объясняется тем, что для северной и центральной зон в полную облачность основной вклад вносит высокая облачность, а для южной зоны вклад нижней облачности более значителен.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между вариациями облачности и КЛ

год	Сев. зона, низ. облач.	Цент. зона, низ. облач.	Южн. зона, низ. облач.	Сев. зона, выс. облач.	Цент. зона, выс. облач.	Южн. зона, выс. облач.	Сев. зона, полн. облач.	Цент. зона, полн. облач.	Южн. зона, полн. облач.
1998	0,096	0,130	- 0,279	- 0,236	- 0,032	0,021	- 0,179	0,033	- 0,155
1999	- 0,081	0,149	0,216	0,145	0,091	- 0,148	0,117	0,198	0,038
2000	0,379	0,319	-0,247	-0,201	0,259	0,087	- 0,007	0,388	- 0,045

Наиболее значимая зависимость плотности облачного покрова от интенсивности КЛ наблюдалась нами в центральной зоне в 2000 г. Эта зависимость приведена на рис. 2, 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 мощных Форбуш-понижений, наблюдаемых в эти месяцы.

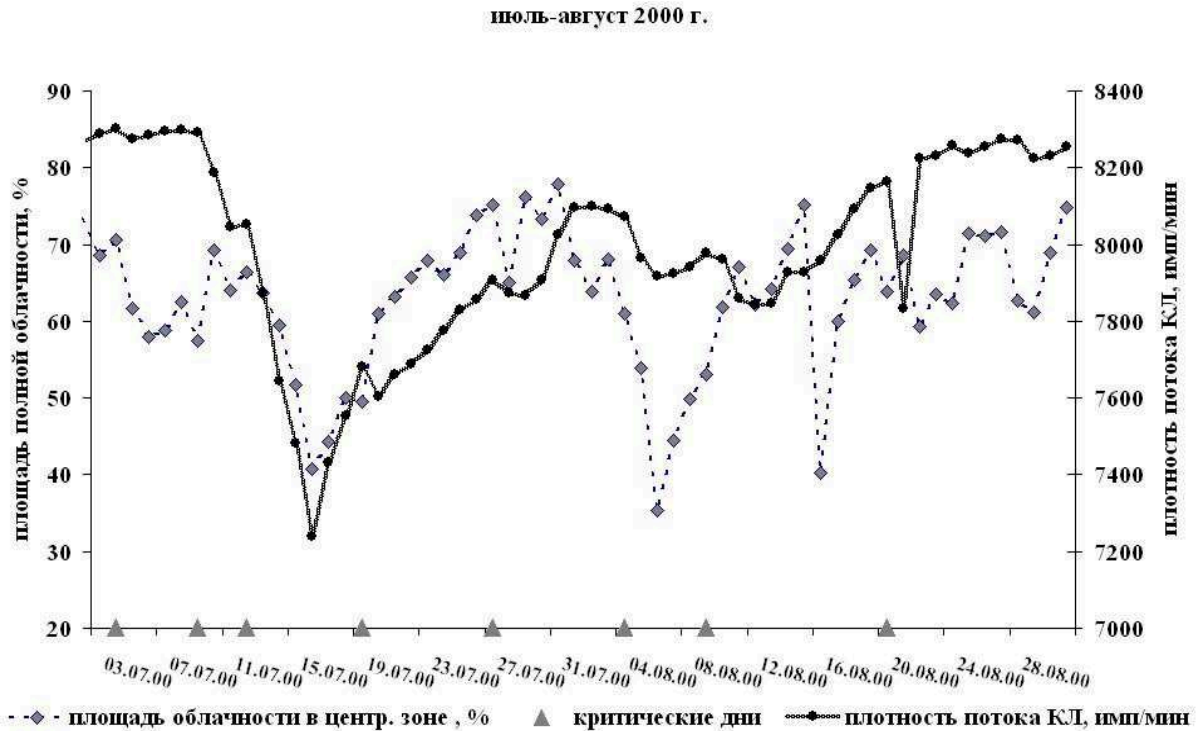


Рис. 2. Вариации плотности облачного покрова и КЛ в центральной зоне в июне-июле 2000 г. Критические дни - даты Форбуш-понижений КЛ

Более детально поведение плотности облачного покрова рассматриваемого региона в зависимости от интенсивности потока космических лучей показано на примере случая Форбуш-понижения космических лучей (КЛ) имевших место 21 мая 2000 г. Форбуш-понижение составляло 3%.

Данные по интенсивности потока КЛ и облачного покрова для рассматриваемого региона и выделенных в нем трех широтных зон 21 мая 2000 г. представлены на рис. 3.

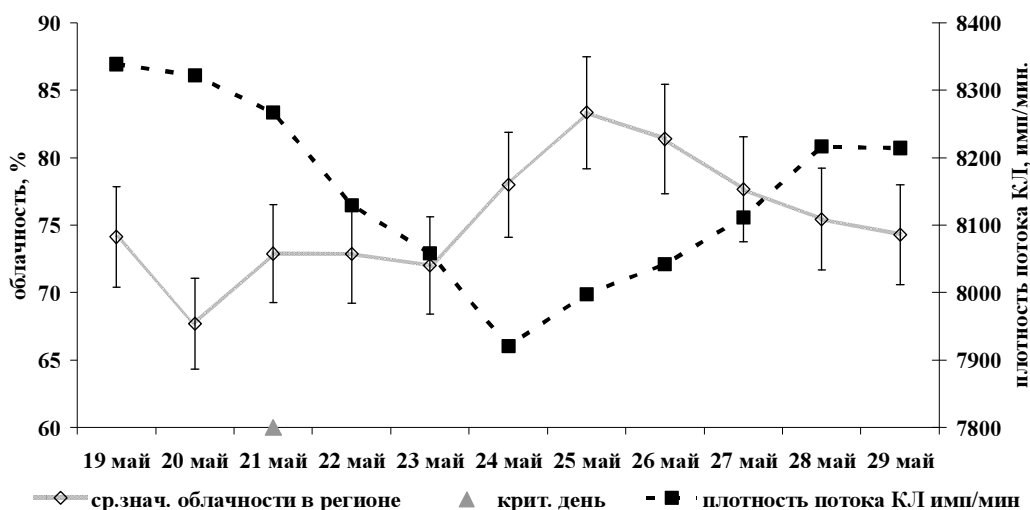


Рис. 3. Вариации общей облачности всего региона и интенсивности потока КЛ 21 мая 2000 г.

Коэффициент корреляции между интенсивностью потока космических лучей и полной облачностью всех трех зон для этого случая: $R=-0.68$. Это указывает на антикорреляцию плотности облачного покрытия Северо-азиатского региона с интенсивностью потока КЛ, принимая во внимание усредненные данные по всем Форбуш-понижениям, представленными на рис. 1а при $AE < 300$ нТл. Однако наблюдаемое нами уменьшение облачности после начала Форбуш-понижения, соответствующее выводам работы С.В. Веретененко и М.И. Пудовкина [1] очень мало, а последующее повышение облачности на 3–5 сутки, видимое на графиках, приведенных в этой работе, но не упомянутое в ней, превосходит погрешности. Для $AE > 300$ нТл (рис. 1б) наблюдается понижение облачности после начала Форбуш-понижения интенсивности космических лучей, что соответствует положительной корреляции.

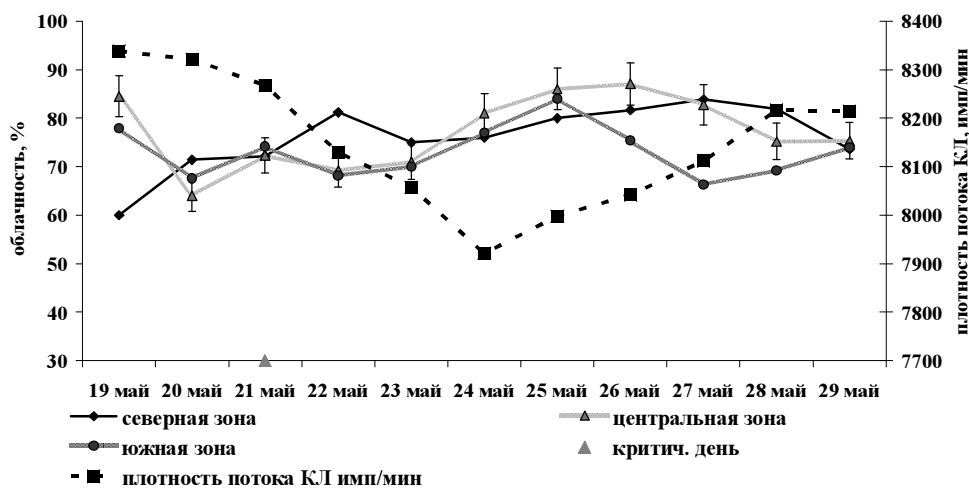


Рис. 4. Вариации общей облачности трех широтных зон и вариация интенсивности потока КЛ 21 мая 2000 г.

На рис. 4 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 с северной и южной зон к центральной.

Нами были рассмотрены отношения плотности облачности в центральной зоне к плотности облачности в северной и южной зоне. Причем, из отношений были вычтены средние значения на временном интервале эпохи (19–29 мая 2000 г.). Эти преобразованные отношения характеризуют сдвиг облачности в данном случае с севера и юга к центру (рис. 5).

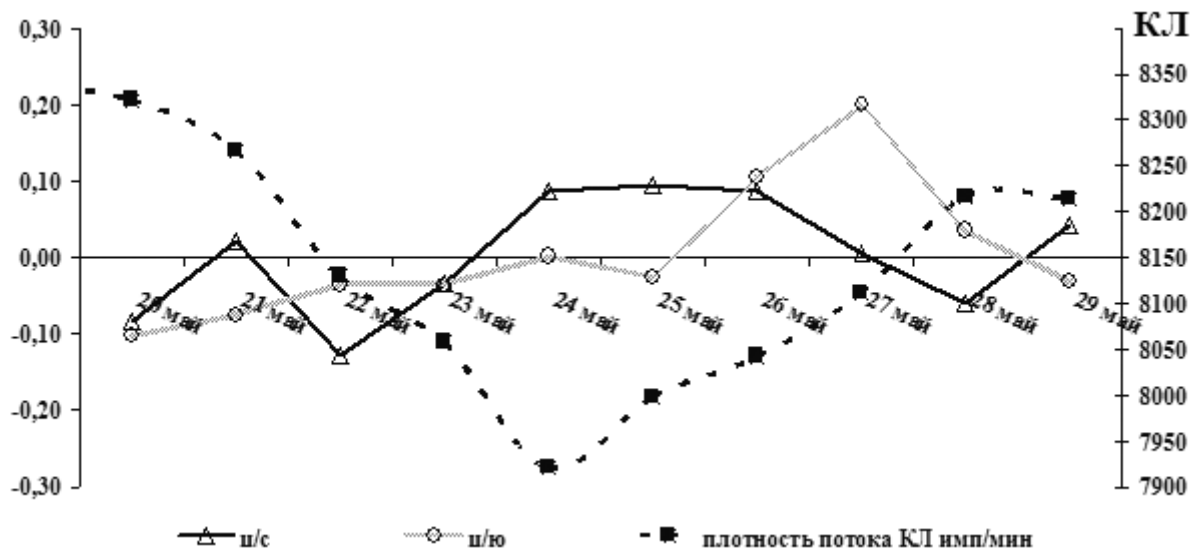


Рис. 5. Отношения облачности в широтных зонах с вычетом средних значений на интервале эпохи

Из рис. 5 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.

Отношения облачности в широтных зонах для усредненных 12 событий Форбуш-понижений при $AE > 300$ нТл показано на рис. 6. Наблюдается широтное смещение реакции плотности облачного покрова на изменение интенсивности потока КЛ по времени с северной и южной зон к центральной.

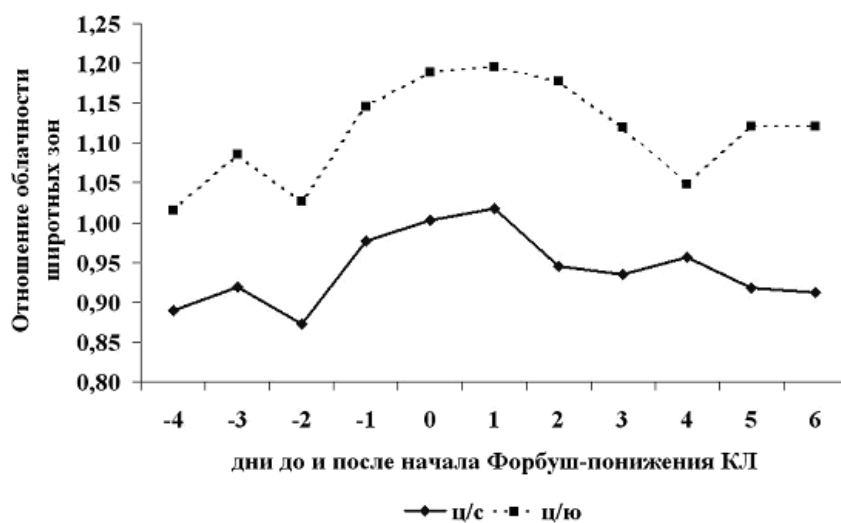


Рис. 6. Отношения облачности в широтных зонах для усредненных 12 событий Форбуш-понижений при $AE > 300$ нТл. Нулевой день – начало Форбуш-понижений космических лучей

Выводы

Наблюдаемое широтное смещение 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.

Выявлена корреляция степени облачного покрова Северной Азии с интенсивностью потока космических лучей (при Форбуш-понижениях более 3%) и антикорреляция при более слабых Форбуш-понижениях. Однако наблюдаемая нами антикорреляция потоков КЛ и облачности не подтверждает выводы работы об экранировке эффекта нижней облачностью [1], что может быть следствием летнего периода наших наблюдений, в отличие от зимних наблюдений этой работы и низким порогом нашего отбора Форбуш-понижений (>1%) с АЕ меньше 300 нТл.

Широтное смещение облачности наблюдалось и в Европе [7]. Таким образом, при переходе от фазы минимума к фазе максимума солнечной активности на территории Европы и 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 грантом РФФИ 06-05-96021-р_восток_a и программой президиума РАН №16.

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 объектов и явлений. Сборник научных статей. М.: ООО «Азбука-2000», 2006. Т.1. С. 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. Svensmark H., E. Friis-Christensen. Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage – a missing link in solar-climate relationships // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 1997. Vol.59. No.11. P.1225-1232.