Влияние солнечной активности на вариации количества облаков

Чукин В. В.

Российский государственный гидрометеорологический университет

В работе приведены результаты корреляционного анализа между потоком галактических космических лучей (ГКЛ) и количеством облаков. ГКЛ представляют собой заряженные частицы, двигающиеся по спиральным траекториям вдоль силовых линий межзвездного и межпланетного магнитного поля. ГКЛ образуются в результате вспышек сверхновых звезд и заполняют все пространство Галактики. При попадании в атмосферу Земли частицы взаимодействуют с атомами и молекулами, в результате чего образуются вторичные космические лучи, и происходит ионизация атмосферы. В период высокой солнечной активности появляются сильные неоднородности межпланетного магнитного поля, что приводит к рассеянию потоков частиц ГКЛ, и как следствие, к уменьшению интенсивности ГКЛ у поверхности Земли.

Данные по космическим лучам получены с помощью нейтронного монитора в Оулу (Финляндия). В данные внесена поправка на давление, в результате чего значения пропорциональны потоку космических частиц на верхней границе атмосферы.

Для оценки глобального распределения облаков использованы данные международного проекта спутниковой климатологии облаков (ISCCP). В данном проекте для выделения трех ярусов облаков приняты следующие значения давления на верхней границе облаков: верхний ярус – менее 440 гПа; средний ярус – от 440 до 680 гПа; нижний ярус – более 680 гПа [1]. Совместно анализировались данные за 21 год наблюдений: с 1984 по 2004 гг.

Результаты анализа показывают, что коэффициент корреляции между потоком ГКЛ и средним по земному шару количеством облаков нижнего яруса равен +0.80 (критическое значение равно 0.45 при уровне значимости 0.05). Исследование зависимости коэффициента корреляции от широты показало увеличение значений коэффициента корреляции в диапазоне от 30 до 60 градусов в северном и южном полушариях.

В тоже время для облаков среднего и верхнего яруса отмечается менее отчетливая отрицательная корреляция с потоком космических лучей: -0.54 и 0.48, соответственно. Обнаружение наличия статистически значимой отрицательной корреляции между потоком ГКЛ и количеством облаков среднего и верхнего ярусов стало возможным благодаря увеличению длины ряда данных примерно в два раза по сравнению с полученными ранее данными [2].

Из представленных выше данных о связи между потоком ГКЛ и количеством облаков следует, что положительная корреляция наблюдается для облаков, в верхней части которых содержится значительное количество переохлажденных капель, а отрицательная – для облаков, содержащих значительную долю кристаллов.

Возможным физическим механизмом воздействия ГКЛ на процессы в облаках может быть влияние вторичных частиц ГКЛ на процесс кристаллизации переохлажденных облачных капель. В этом случае, увеличение потока ГКЛ сопровождается наиболее благоприятными условиями кристаллизации облаков нижнего яруса и, как следствие, увеличением времени существования облаков (положительная корреляция).

С другой стороны, дополнительная кристаллизация облаков среднего и верхнего яруса сопровождается уменьшением размеров кристаллов и, как следствие, уменьшением времени существования облаков (отрицательная корреляция).

Анализ полученных данных показывает, что изменению потока космических лучей в течение 11 летнего цикла солнечной активности на ±10% от среднего значения, соответствует изменение количества облаков более чем на ±1% (процент облачности). Такие изменения глобального количества облаков вызывают модуляцию потока солнечного излучения, поступающего к поверхности Земли, с амплитудой около 10 Вт/м2, что на порядок больше 11-летней вариации солнечной постоянной (около 0.5 Вт/м2).

Литература

1. Hahn C.J., Rossow W.B., Warren S.G. ISCCP cloud properties associated with standard cloud types identified in individual surface observations // J. Climate. – 2001. – Vol.14. – P.11-28.

2. Svensmark H. Influence of cosmic rays on climate // Phys. Rev. Lett. – 1998. – Vol.81. – P.5027.