

О СУТОЧНОЙ ВАРИАЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В СТРАТОСФЕРЕ

Г.А. Асатрян*, В.Х. Бабалян*, М.Б. Крайнев, Ю.И. Стожков

Приводятся экспериментальные данные об измерениях суточной вариации космических лучей в стратосфере в различные годы. Обсуждаются различные механизмы образования сильной ($\sim 4\%$) наблюдаемой вариации.

Исследования суточной вариации интенсивности космических лучей (КЛ) в стратосфере на средних широтах проводились в периоды 1981 (в г. Ереване, жесткость геомагнитного обрезания $R_c = 7,6$ ГВ /1/) и 1984 (в г. Ереване и в г. Алма-Ате, $R_c = 6,7$ ГВ /2/) годов. Аналогичный эксперимент с меньшей статистической точностью проводился ранее в 1972 году на высоких широтах с $R_c = 0,5$ ГВ в Норильске /3/. Во всех измерениях амплитуда суточной волны в стратосфере получилась на порядок больше, чем на нейтронных мониторах. В данной статье приводятся экспериментальные данные и предварительные результаты исследования причины наблюдаемых вариаций.

Результаты экспериментов. В периоды проведения экспериментов интенсивность космических лучей не испытывала существенных временных флуктуаций. Среднее значение планетарного индекса $K_p \leq 2+$. Таким образом, указанные периоды времени оказались благоприятными для исследования суточной волны в стратосфере. Детекторами заряженных частиц в радиозондах были газоразрядные счетчики типа СТС-6. Вся аппаратура, используемая при проведении эксперимента на средних широтах, была проверена и градуирована по одной методике.

На рис. 1 показана зависимость относительного отклонения вертикальной интенсивности КЛ от средне-суточной, $\delta(x,t) = [N(X,t) - \bar{N}(X)]/\bar{N}(X)$, от местного времени (LT) для разных пунктов, периодов измерения и интервалов давления X. Видно, что амплитуда волны $\approx 3 \div 4\%$ с максимумом в 23-24 часа для Алма-Аты в 1984 г. и в 11-12 часов для остальных измерений. В глобальной интенсивности эффект суточной волны примерно вдвое меньше и по фазе совпадает с данными телескопа. Амплитуда суточной волны по данным тбилисского нейтронного монитора в 1984 году была $\approx 0,4\%$ с максимумом на 18 ч LT.

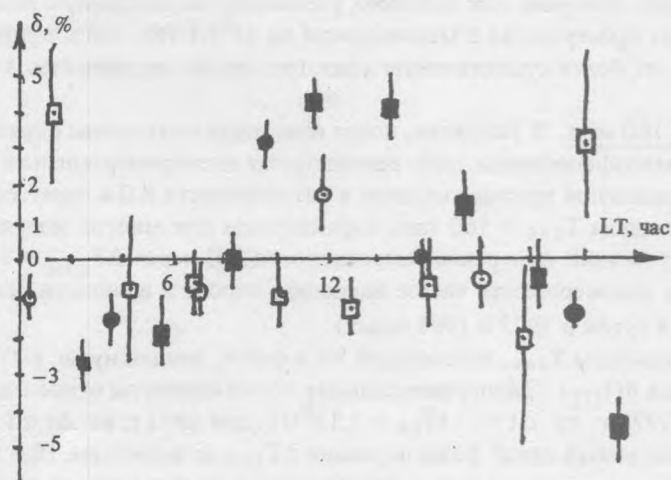


Рис. 1. Зависимость относительного отклонения вертикальной интенсивности КЛ от средне-суточной от местного времени: о — Норильск, 1972 г., $X = 70$ г/см²; □ — Алма-Ата, 1984 г., $X = 10 \div 200$ г/см²; ● — Ереван, 1981 г., $X = 10 \div 140$ г/см²; ■ — Ереван, 1984 г., $X = 5 \div 50$ г/см².

* Ереванский физический институт, Ереван.

Возможные объяснения наблюдаемых эффектов: Геомагнитные и метеорологические эффекты. Определенный вклад в результаты измерений может внести снос радиозонда с изменением жесткости геомагнитного порога обрезания R_c . Анализ метеорологических данных показал, что этот снос составляет $\approx 12 \div 15$ км в направлении север – юг и ≈ 50 км в направлении восток – запад. Изменение жесткости обрезания, вызванное таким сносом, незначительно и им можно пренебречь. Используя данные метеорологических наблюдений, оценивалась температурная поправка, которая составила $(-0,25\%)$, т.е. учет температурного эффекта приводит к увеличению амплитуды суточной волны. Таким образом, наблюдаемую в стратосфере суточную волну трудно объяснить геомагнитными и метеорологическими эффектами.

Анизотропия КЛ в межпланетном пространстве. Для исследования влияния анизотропии интенсивности КЛ в межпланетном пространстве на высотные кривые КЛ в стратосфере задавалась интенсивность космических лучей в межпланетном пространстве в виде

$$J(R, \theta) = J_0(R) [1 + \delta(R) \cos \theta],$$

где $J_0(R)$ – глобальная интенсивность КЛ, $\delta(R)$ – амплитуда анизотропии КЛ, а θ – угол между импульсом частиц и направлением тока космических лучей.

Затем рассчитывалась вертикальная интенсивность КЛ в стратосфере на глубине X в момент времени t согласно выражению

$$N(X, t) = \int_{R_c}^{\infty} m(R, X) J_0(R) [1 + \delta(R) \cos \theta(R, t)] dR,$$

где $m(R, x)$ – дифференциальная кратность, а $m(R, x) J_0(R)$ – величина, полученная из широтных измерений интенсивности КЛ в стратосфере /4/. При определении $\theta(R, t)$ принималась во внимание зависимость сноса частиц в геомагнитном поле Земли от жесткости /5/. Интегрирование проводилось численно на ЭВМ. Расчеты показали, что экспериментально полученную суточную волну с амплитудой $\sim 4\%$ и временем максимума ~ 12 ч LT в 1984 году в Ереване можно получить при 10%-й анизотропии, и направлении на максимум интенсивности $\approx 18^h$ LT. Для Алма-Аты суточную волну с амплитудой $\approx 4\%$ и временем максимума ~ 24 ч LT можно объяснить наличием 10%-й анизотропии с направлением на максимум интенсивности $\approx 8^h$ LT.

Таким образом, объяснению суточной волны в интенсивности КЛ в стратосфере наличием их анизотропии в межпланетном пространстве противоречат как разные фазы этой вариации в Ереване и в Алма-Ате в 1984 году, так и данные нейтронных мониторов, которые, как известно, указывают на небольшую величину ($\approx 0,5\%$) анизотропии КЛ в межпланетном пространстве с максимумом на 18^h LT /6/, либо, в другой модификации метода глобальной съемки /7/, на более существенную анизотропию по направлению вдоль регулярного межпланетного магнитного поля.

Пульсации интенсивности КЛ с периодом 160 мин. В условиях, когда известные механизмы образования суточной волны КЛ в стратосфере либо малоэффективны, либо противоречат экспериментальным данным, позволительно предложить в качестве возможной причины наличие в интенсивности КЛ в стратосфере сильных (с амплитудой $\approx 5\%$) вариаций с периодом $T_{160} = 160$ мин, характерным для многих явлений в Солнечной системе /8/. При наличии таких пульсаций измерение интенсивности КЛ через $\Delta T_{\text{изм}} = 3$ или 6 ч приведет к выводу о суточной волне из-за соизмеримости частот вариаций, опроса и вращения Земли: $T_{160} = 1/9$ суток, $\Delta T_{\text{изм}} = 1/8$ суток (либо $1/4$ суток в 1972 и 1981 годах).

На рис. 2 на гармоническую вариацию с периодом T_{160} , амплитудой 5% и фазой, равной нулю, в $t_{160}^0 = 0^h$ UT наложены экспериментальные значения $\delta(t_{\text{UT}})$. Экспериментальные точки сдвинуты относительно реального мирового времени измерений для 1972 г. на $\Delta t = -t_{160}^0 = 1,13^h$ UT, для 1981 г. на $\Delta t = 1,5^h$ и для 1984 г. на $\Delta t = 0^h$, что отражает предполагаемый сдвиг фазы вариации с T_{160} со временем. При этом важно, что сдвиг фазы вариации с T_{160} в КЛ для различных лет не произволен, а согласуется с известной закономерностью монотонного изменения от года к году мирового времени максимума шестидесятиминутных пульсаций Солнца /8/. Видно, что вариации КЛ в стратосфере неплохо укладываются в изложенную выше схему.

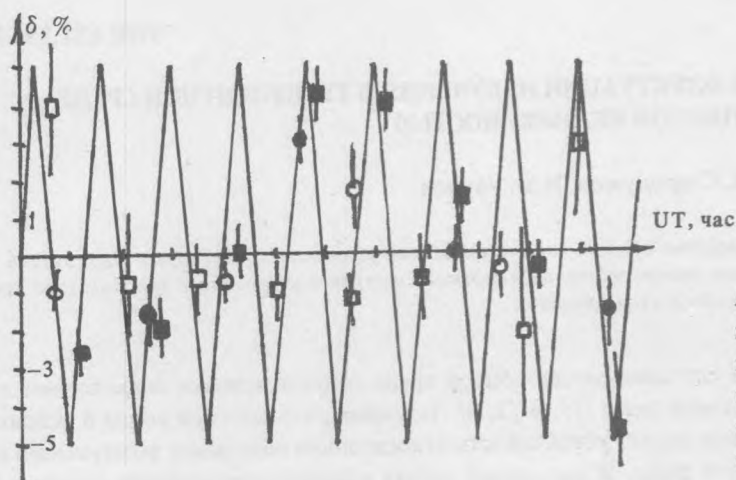


Рис. 2. Зависимость относительного отклонения вертикальной интенсивности КЛ от среднемесячной от мирового времени. Обозначения те же, что на рис. 1; сплошная кривая – гипотетическая гармоническая вариация с периодом 160 мин и амплитудой 5%.

Что касается механизма образования гипотетической вариации КЛ в T_{160} , наличие сильной вариации в стратосферных данных и практическое отсутствие ее в нуклонной компоненте можно понять, предположив, что ответственный за эти вариации агент воздействует на компоненту КЛ, регистрируемую гейгеровским счетчиком и не регистрируемую нейтронным монитором, например, электронно-фотонную. Таким агентом могут быть вариации земного магнитного и электрического полей на уровне стратосферы. Отметим, что в некоторых характеристиках геомагнитного поля вариации с периодом ≈ 160 мин уже обнаружены [8].

Выводы. Неожиданно сильные вариации в течение суток интенсивности космических лучей в стратосфере не укладываются в рамки известных механизмов возникновения суточных вариаций (температурный эффект, влияние анизотропии КЛ).

В качестве причины суточной вариации предполагается существование гипотетических пульсаций в интенсивности космических лучей в стратосфере с периодом 160 мин, с которым меняются многие важные для космических лучей характеристики Солнца и магнитных полей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Asatryan G. A., Stozhkov Yu. I. Proc. 18th ICRC, Bangalore, India, 1983, v. 3, p. 299.
2. Asatryan G. A., Babayan V. Kh., Stozhkov Yu. I. Proc. 19th ICRC, Sun Diego, USA, 1985, v. 5, p. 120.
3. Карпов В. П. Канд. диссертация, Норильск, 1979, с. 121.
4. Стожков Ю. И. Докт. диссертация, М., 1980, с. 70.
5. Shea M. A. et al. Preprint AFCRL-TR-75-0042, Hanscom, Mass., USA, 1975.
6. Крымский Г. Ф. Модуляция космических лучей в межпланетном пространстве. М., Наука, 1969, с. 99.
7. Дворников В. М., Сдобнов В. Е., Сергеев А. В. Препринт 25-84, СибИЗМИР, Иркутск, 1984.
8. Котов В. А., Северный А. Б., Цап Т. Т. Изв. Крымской астрофизической обсерватории, т. 66, М., Наука, 1983, с. 3.

Поступила в редакцию 21 июля 1986 г.