

КОРОТКОПЕРИОДИЧЕСКИЕ ПУЛЬСАЦИИ ПОТОКА АТМОСФЕРНЫХ ГАММА-КВАНТОВ

*А.М.Гальпер, В.Г.Кириллов-Угрюмов, А.В.Курочкин,
Н.Г.Лейков, Б.И.Лучков, Ю.Т.Юркин*

Анализ временных вариаций потока γ -квантов с энергией больше 40 Мэв в верхних слоях атмосферы выявил существование периодических пульсаций с периодами $11,7 \pm 0,1$, $12,7 \pm 0,1$, $15,8 \pm 0,2$, $23,2 \pm 0,2$ и 33 ± 1 мин, которые хорошо совпадают с периодами колебаний солнечной поверхности, открытыми недавно Хиллом и др. Пульсации γ -квантов характеризуются большими относительными амплитудами (до 80%).

Хорошо известны долго периодические пульсации космических лучей – от одиннадцатилетних, связанных с цикличностью солнечной активности, до суточных, возникающих в связи с перезамыканием магнитных силовых линий из-за вращения Земли. Существование более коротких периодов, кроме высших гармоник суточных колебаний, пока надежно не установлено [1 – 3]. Указание на квазипериодические пульсации электронов и γ -квантов с периодом 25 – 30 мин было получено в работах [4, 5].

В настоящей статье описываются результаты поиска короткопериодических пульсаций (с периодами от 10 до 40 мин) потока γ -квантов с энергией $E > 40$ Мэв в верхних слоях атмосферы. γ -кванты таких энергий генетически связаны как с протонно-ядерной компонентой космических лучей – через рождение и распад нейтральных пионов, так и с электронами, дающими в атмосфере тормозное излучение. Пульсации потока атмосферных γ -квантов могут происходить в результате

периодических вариаций первичных космических лучей, а также вследствие периодических изменений в земной магнитосфере.

Измерения проводились с помощью широкоапертурного γ -телескопа с искровыми камерами [6] на высотном аэростате с 18 час 30 мин мирового времени 10 мая (начало дрейфа на максимальной высоте) до 4 час 30 мин мирового времени 11 июля 1974 г. Высота аэростата фиксировалась барографом и во время дрейфа плавно изменялась в пределах $7 - 9 \text{ г/см}^2$ остаточной атмосферы (относительная ошибка высоты не превышала 2,5%). Прибор регистрировал случаи конверсии γ -квантов в стальных пластинах — электродах верхней искровой камеры. По углу раствора конверсионной пары и образуемому в нижней искровой камере электронному ливню оценивалась энергия γ -кванта. Картина события вместе с показаниями часов, интенсиметров и навигационных приборов фотографировалась специальным фоторегистратором. За 10 час измерений было зарегистрировано ~ 7600 событий, 90% которых составляли γ -кванты.

Поиск периодических пульсаций сначала проводился по полному счету прибора с помощью метода линейного селективного преобразования [7]. Для выяснения, являются ли отклонения от среднего за период статистически значимыми, использовался критерий χ^2 . Вычисления проводились на ЭВМ для последовательных значений периода τ в интервале 11 — 35 мин. Шаг смещения периода возрастал с τ . Полученная периодограмма $\chi^2(\tau)$ имеет 5 статистически значимых выбросов, для которых $\chi^2 > 20$ (при семи степенях свободы), тогда как ожидаемое их число ≤ 1 . Значения периодов приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№№ пп	Период, мин	Шаг изменения периода, мин	Значение χ^2	Область, перио- дов, для которых $\chi^2 > 10$, мин
1	11,7	0,03	24,5	11,6 ÷ 11,8
2	12,7	0,04	21,6	12,6 ÷ 12,8
3	15,8	0,05	21,3	15,6 ÷ 16,0
4	23,2	0,11	21,4	23,0 ÷ 23,4
5	33	0,22	25,2	32 ÷ 34

Относительные амплитуды составляют $\sim 10\%$ и значительно превосходят те, которые можно было бы ожидать из-за неконтролируемых колебаний высоты аэростата ($\leq 2,5\%$). Приведенные результаты указывают на существование длительных периодических пульсаций в потоке атмосферных γ -квантов с периодами $11,7 \pm 0,1$, $12,7 \pm 0,1$, $15,8 \pm 0,2$, $23,2 \pm 0,2$ и 33 ± 1 мин.

Дальнейший анализ проводился для одного из найденных периодов (№4 в табл. 1) и разных типов событий, регистрируемых в искровых камерах:

1. Малоэнергичные γ -кванты (МГК) — эффективная область энергий 40 — 150 Мэв — образуют конверсионные пары с большим ($> 4^\circ$) углом раствора.

2. Высокоэнергичные γ -кванты (ВГК) – эффективная область энергий $\gtrsim 800$ Мэв; образуют ливни с большим числом частиц в нижней искровой камере.

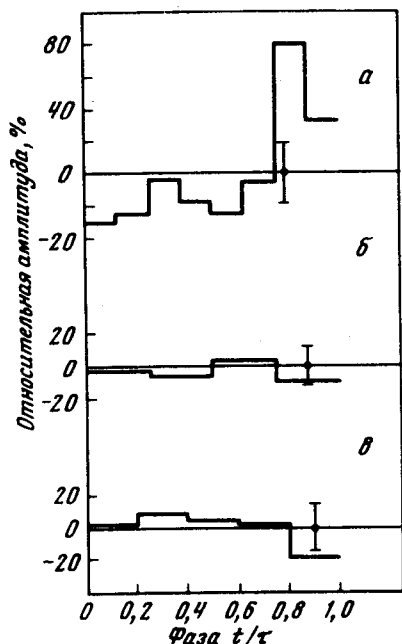


Рис. 1. Усредненный счет прибора по периоду $\tau \approx 24$ мин для событий разных типов: а – малоэнергичные γ -кванты ($E = 40 - 150$ Мэв); б – высокоэнергичные γ -кванты ($E \gtrsim 800$ Мэв); в – фоновые события

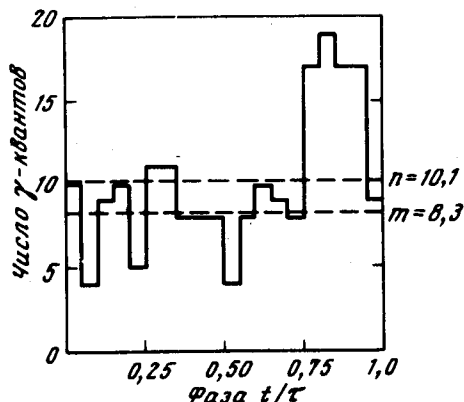


Рис. 2. Усредненная по девяти периодам ($\tau \approx 24$ мин) форма импульса; среднее по всем каналам равно $n = 10,1$; среднее по 16 каналам (без пика) составляет $m = 8,3$

3. Фоновые события (ФС) – без треков в искровых камерах. На рис. 1 приведены результаты анализа. В то время, как для ВГК и ФС эффект отсутствует, для МГК он выражен очень сильно – амплитуда отклонения от среднего уровня достигает 80%! Наибольший эффект наблюдался в течение ~ 3 час вблизи местной полночи. Усредненная за это время форма импульса показана на рис. 2. Наилучший период пульсаций, определенный по МГК – событиям, равняется $23,7 \pm 0,9$ мин. Соответствующие этому периоду значения χ^2 и вероятности случайного отклонения составляют: $\chi = 35$, $p \approx 10^{-5}$. Проведенный анализ определенно указывает на физическое, а не методическое происхождение обнаружен-

ных периодических пульсаций. Однако совершенно ясно, что пульсации атмосферных γ -квантов — это всего лишь следствие периодических пульсаций родительских компонент — протонно-ядерной или электронной. Анализ данных ряда супермониторов выявил пульсации с периодами в десятки минут, но с малыми относительными амплитудами [8]. Что же касается пульсаций электронной компоненты, то по предварительным данным аэростатных работ группы МИФИ они наблюдаются в потоке электронов в верхних слоях атмосферы, причем относительная амплитуда достигает десятков процентов.

Для выяснения природы эффекта и условий его возникновения требуются дополнительные исследования. Уместно все же уже сейчас указать на удивительное совпадение измеренных периодов с периодами колебаний солнечной поверхности [9, 10]. В табл. 2 проведено сравнение наших данных, полученных в 1974 г., с данными [9], которые относятся к 1973 и 1975 гг. Наблюдается полное совпадение периодов

Т а б л и ц а 2

Периоды колебаний на Солнце, <i>мин</i> (Хилл и др., 1975)		Периоды пульсаций потока атмосферных γ -квантов (1974), <i>мин</i>
1973 г.	1975 г.	
52	47,9	—
33	30,3	33 ± 1
23,8	21,0	23,2 ± 0,2
16,7	17,1	15,8 ± 0,2
13,3	14,6	12,7 ± 0,1
11,9	11,8	11,7 ± 0,1
10,4	10,5	—
9,2	8,8	—
7,6	7,9	—
7,0	7,2	—

пульсаций атмосферных γ -квантов с периодами солнечных колебаний 1973 года (относительная ошибка их измерения составляла $\sim 5\%$). Периоды больше 35 *мин* и меньше 11 *мин* не проверялись в наших измерениях.

Естественно предположить, что переносчиком колебаний от Солнца к Земле является солнечный ветер. Действительно, в межпланетной среде наблюдались периодические колебания магнитного поля с близкими периодами ($\lesssim 10$ *мин*) [11]. Необходимо провести поиск подобных колебаний и в магнитосфере Земли.

Обнаружение периодических пульсаций потоков частиц в атмосфере Земли с "солнечными" периодами, несомненно, представляет интерес для выявления солнечно-земных связей, а также, возможно, для решения задач солнечной сейсмологии.

Московский
инженерно-физический институт

Поступила в редакцию
13 августа 1976 г.

Литература

- [1] M.S.Dhanju, V.A.Sarabhai. Phys. Rev. Lett., 19, 252, 1967.
 - [2] Z.Fujii, S.Mori, S.Yasue, K.Nagashima. 13-th Intern. Cosmic Ray Confer., 2, 783, 1973.
 - [3] M.Komada, T.Sakai, E.Tamai, S.Kogami, M.Kato. 14-th Intern. Cosmic Ray Confer., Munchen, 3, 1120, 1975.
 - [4] I.M.Martin, D.B.Ray, J.M. da Costa, R.Palmaira, N.B.Trivedi. Nature Phys. Sci., 240, 84, 1972.
 - [5] I.M.Martin, D.B.Ray, R. Palmaira, N.Trivedi, M.Abdu, J.M. da Costa, Nature, 252, 25, 1974.
 - [6] А.М.Гальпер, А.В.Курочкин, Н.Г.Лейков, Б.И.Лучков, Ю.Т.Юркин, ПТЭ, №1, 50, 1974.
 - [7] М.Г.Серебрянников, А.А.Первозванский. Выявление скрытых периодичностей, М., 1965.
 - [8] Н.П.Чирков, В.И.Ипатьев, Космические лучи, №15, 100, 1975.
 - [9] H.A.Hill, R.T.Stebbins, T.M.Brown. Preprint SCLERA, University of Arizona; Science News, 108, 5, 1975.
 - [10] J.Christensen-Dalgaard, D.O.Gough. Nature, 259, 89, 1976.
 - [11] N.F.Ness, C.S.Scarce, S.Cantarano. J.Geophys. Res., 71, 3305, 1966.
-