

Х. Белявская, А. Вротняк, З. Влодарчик, Я. Малиновский, А. Мацящик,
К. Мильчарек, А. Томашевский, Р. Юшкевич

Институт физики Лодзинского университета, ПНР

Т.Л. Асатиани, Л.Э. Генина

Ереванский физический институт

С.В. Зарацян

БАО АН АрмССР

УДК 539.171.017

При систематическом анализе 73 больших гамма-семейств в рентгеномульсионных камерах эксперимента "Памир" найдено 5 событий с необычной структурой центрального пятна на почернения (галло), разделяющегося на 3, 4 отдельных ствола. При этом каждый раз наблюдается квазилинейная выстроенность стволов галло и тенденция к вытянутости общего распределения частиц семейства вдоль той же линии.

Одно из современных направлений в исследовании ядерных взаимодействий при экстремально высоких энергиях связано с использованием больших рентгеномульсионных камер (РЭК) в экспериментах с космическими лучами /1/. В основе метода РЭК лежит регистрация электронно-фотонных каскадов (ЭФК), вызываемых гамма-квантами (или электронами) больших энергий в плотной среде (свинце), по фотографическому действию пучка электронов ЭФК на светочувствительный материал. Метод РЭК, который широко развивается в последние 15-20 лет в основном советскими и японскими физиками, позволяет создавать детекторы площадью в сотни квадратных метров и вести накопление статистики непрерывно в течение длительного времени. Основной объект исследований — группы генетически связанных частиц достаточно большой энергии, которые возникают в результате взаимодействий с ядрами атомов воздуха первичной частицы сверхвысокой энергии и последующего ядерно-электромагнитного каскада. Такие группы частиц принято называть семействами.

Особый интерес представляют гамма-семейства очень большой энергии ($\Sigma E_{\gamma} > 250$ ТэВ). В частности, интенсивно ведутся исследования галло — диффузных зон почернения на рентгеновской пленке (наряду с дискретными пятнами почернения от отдельных гамма-квантов больших энергий), наблю-

даемых обычно в центральной части больших гамма-семейств. О первом событии такого типа (суперсемейство "Андромеда") сообщили японские физики /2/. В работах сотрудничества "Памир" /3/ было установлено, что появление гало не имеет жесткого энергетического порога (при $\Sigma E_\gamma > 500$ ТэВ гало наблюдается примерно в половине случаев, но есть гамма-семейство с $\Sigma E_\gamma \sim 1000$ ТэВ без гало /4/) и можно рассматривать два типа гамма-семейств большой энергии – без гало и с гало, причем среди последних зарегистрированы события, в которых основную долю энергии в гало несут гамма-кванты с энергией $E_\gamma < 2$ ТэВ, не образующие дискретных пятен почернения на пленке (подпороговые частицы).

В последние годы в эксперименте "Памир" были проведены систематические исследования гало в гамма-семействах с энергией $\Sigma E_\gamma > 250$ ТэВ. Было выполнено денситометрическое сканирование центральных областей семейств на сканаторе PDS Бюраканской астрономической обсерватории по методике, разработанной сотрудниками ЕрФИ и ФИАН /5, 6/. Для пяти стандартных уровней плотности потока электронов, вызвавших почернение пленки, определялись площади гало S_i и числа электронов на этих площадях N_i . Для исследования структуры гало основным был выбран третий уровень с плотностью потока электронов $0,04$ $\mu\text{км}^2$. Было просканировано 73 гамма-семейства с $\Sigma E_\gamma > 250$ ТэВ, среди которых 35 оказались с гало.

Т а б л и ц а 1

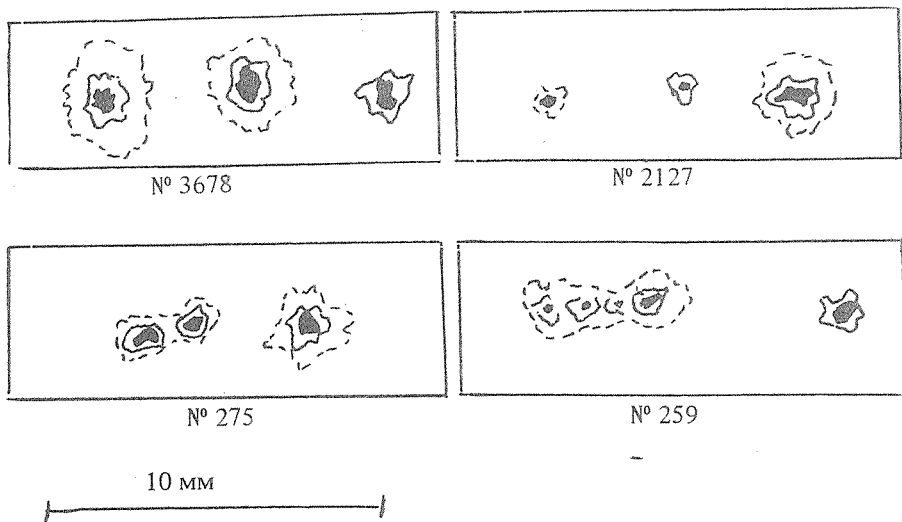
Средние значения выстроенности гало $\langle T_\Gamma' \rangle$ и гамма-квантов $\langle T_\gamma \rangle$

Число стволов гало	0	1	2	3	4
Число событий	38	20	10	4	1
$\langle T_\Gamma \rangle$	—	—	—	4,7	4,2
$\langle T_\gamma \rangle$	1,4±0,3	1,2±0,2	6,1±1,9	2,8±0,6	5,2
$\langle T_\gamma^{\text{max}} \rangle$	2,8±0,4	3,0±0,4	6,4±2,0	3,1±0,6	—

П р и м е ч а н и е. При $n = 0$ и $n = 1$ величины $\langle T_\gamma' \rangle$ определялись относительно некоторого произвольного направления и представляют собой фоновое значение $\langle T_\gamma' \rangle$, обусловленное флуктуациями.

Экспериментальные результаты (табл. 1) обнаруживают ряд интересных особенностей:

- 1) заметную долю составляют события с многоствольными гало, когда в семействе есть несколько хорошо разделенных между собой гало с хорошо выраженной осевой симметрией у каждого;
- 2) выстроенность гало, т.е. тенденция к компланарности осей гало в трех- и четырехосных событиях (рис. 1);
- 3) выстроенность наблюдаемых гамма-квантов в той же плоскости, что и гало.



Р и с. 1. Схематическое изображение денситограмм многоствольных гало.

Оценка показывает, что вероятность случайной имитации наблюдаемой компланарности во всех 5 событиях составляет $\sim 10^{-4}$.

В качестве количественной меры выстроенности гало или частиц используются величины $T' = \sum_{i \neq k} \frac{|Z_{ik}^{\parallel}|}{|\sum_{i \neq k} |Z_{ik}^{\perp}|}$, $Z_{ik}^{\parallel} = Z_{ik} \cos \vartheta_{ik}$, $Z_{ik}^{\perp} = Z_{ik} \sin \vartheta_{ik}$,

$$Z_{ik} = R_{ik} N_i^{(3)} N_k^{(3)} / (N_i^{(3)} + N_k^{(3)}) \quad (\text{для многоосных гало}) \quad \text{или} \quad Z_{ik} = R_{ik} E_i E_k / (E_i + E_k),$$

где E_i, E_k — соответственно энергии i -й и k -й частиц; $N_i^{(3)}, N_k^{(3)}$ — числа час-

тиц в i -й и k -й осях гало; ϑ_{ik} — азимутальный угол в плоскости мишенной диаграммы между отрезком, соединяющим i -ю и k -ю оси гало или частицы, и направлением выстроенности гало; R_{ik} — относительное расстояние между следами i -й и k -й частиц в плоскости мишенной диаграммы. Индекс Γ относится к гало, индекс γ — к наблюдаемым частицам семейства, уносящим энергию больше 4% суммарной энергии семейства.

В табл. 1 для сравнения приведены средние максимальные значения $\Gamma_\gamma (< \Gamma_\gamma^{\max} >)$, которые определяются варьированием направления оси. Как видно, значения $\langle \Gamma'_\gamma \rangle$ при $n \geq 2$ близки к $\langle \Gamma_\gamma^{\max} \rangle$, т.е. направление выстроенности гало близко к направлению, относительно которого величина Γ'_γ приобретает максимальное значение.

Объяснение этих результатов может потребовать гипотезы о существовании принципиально новых процессов при энергиях более 10^{16} эВ.

Поступила в редакцию 26 июля 1984 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байбурина С.Г. и др. Труды ФИАН, 154, 3 (1984).
2. Akashi I. et al. Proc. 12th ICRC, Hobart, 6, 2775 (1971).
3. Pamir Collaboration. Proc. 15th ICRC, Plovdiv, 11, 485 (1977).
4. Байбурина С.Г. и др. Изв. АН СССР, сер. физ. 46, 1790 (1982).
5. Genina L.E. et al. Preprint FIAN, № 54, Moscow, 1981.
6. Genina L.E. et al. Proc. 17th ICRC, Paris, 9, 372 (1981)