

УДК 523.165

Н. Н. Володичев, Н. Л. Григоров, В. Е. Нестеров,  
О. Ю. Нечаев, А. Н. Подорольский, И. Д. Рапопорт,  
И. А. Савенко

### ИЗУЧЕНИЕ ЯДЕРНОЙ КОМПОНЕНТЫ ПЕРВИЧНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ НА ИСЗ «ПРОТОН-2»

Описываются результаты измерений ядерной компоненты первичных космических лучей, выполненных на ИСЗ «Протон-2» с помощью черенковского спектрометра СЭЗ-1 на 105—113 витках траектории спутника.

Изучение ядерной компоненты первичных космических лучей на ИСЗ «Протон-2» проводилось с помощью прибора СЭЗ-1, описанного в [1]. За все время активного существования ИСЗ «Протон-2» — около трех месяцев — получена обширная информация о составе ядерной компоненты вплоть до ядер с зарядом  $Z \simeq 40 \div 50$ . ИСЗ «Протон-2» не имел определенной ориентации в пространстве, поэтому подробный анализ результатов измерений (вид энергетического спектра частиц различных зарядов) может быть выполнен только после завершения очень трудоемких расчетов ориентации ИСЗ. В настоящее время подсчитана ориентация на небольшой части траектории, позволяющая установить специфику вращения ИСЗ на 105—113 витках и понять характер изменения интенсивности потоков ядер, измеренной прибором СЭЗ-1.

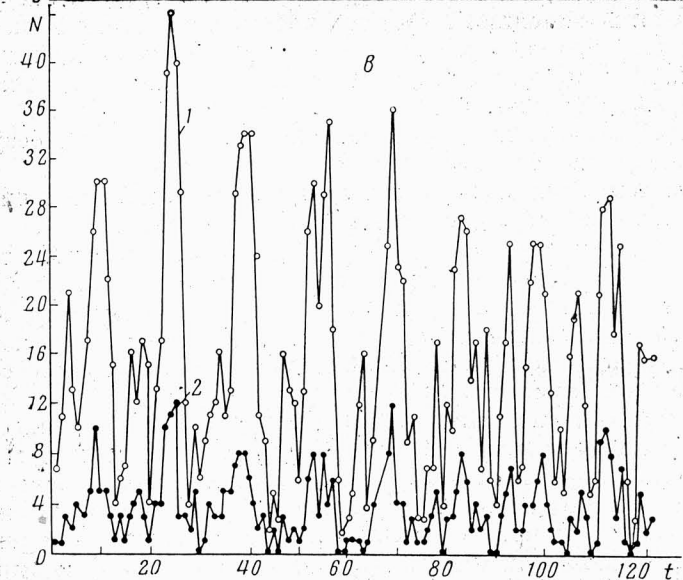
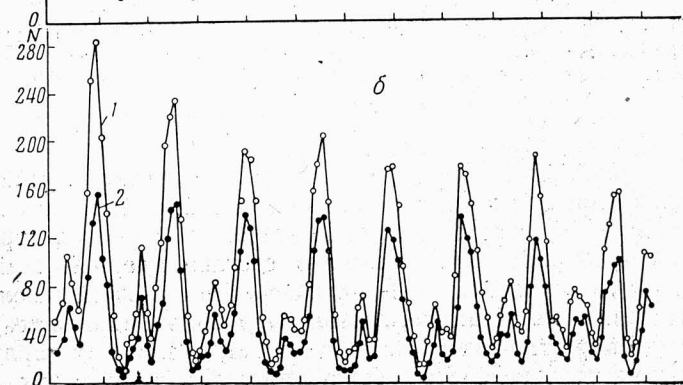
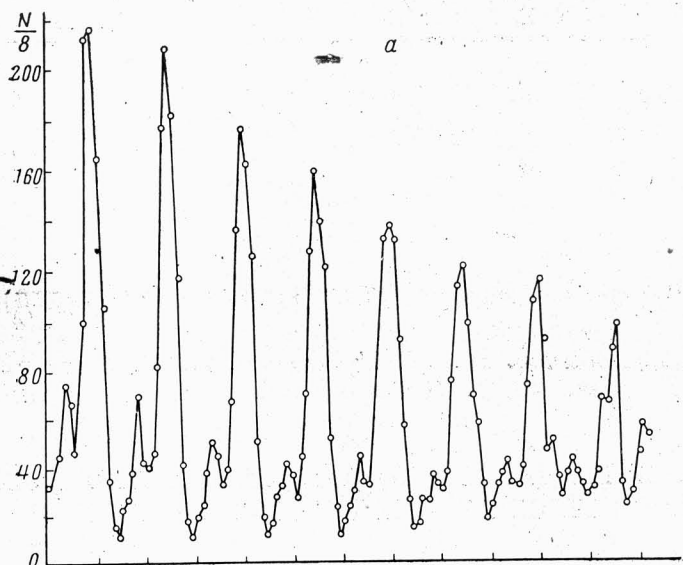
В настоящей заметке мы ограничиваемся рассмотрением результатов измерений, выполненных на 105—113 витках траектории.

На рисунке показана зависимость от времени измерения  $t$  числа различных ядер с кинетической энергией  $E \geq 400$  Мэв/нуклон.

Из рисунков видно, что интенсивности ядер с различными  $Z$  с течением времени изменяются одинаково, достигая максимума и минимума через  $\sim 15 \Delta t$ . Максимумы интенсивности соответствуют пролету ИСЗ через высокие широты, а минимумы — через экватор, т. е. периодическое изменение интенсивности с периодом  $15 \Delta t$ , равным времени обращения спутника вокруг Земли, обусловлено широтным эффектом космических лучей.

Обращает на себя внимание то, что вслед за большим максимумом (пролет высоких широт в южном полушарии) следует малый максимум (пролет высоких широт в северном полушарии). Аналогичная картина наблюдается и с минимумами интенсивности: один минимум «глубже» соседнего минимума. Причем с течением времени наблюдается тенденция к уменьшению высоты максимумов (в южном полушарии) и выравниванию интенсивностей в минимумах.

Такой характер изменения интенсивности обусловлен тем, что за время усреднения 387 сек. «Протон-2» совершал несколько оборотов вокруг оси собственного вращения, причем ось вращения за это время успевала существенно изменить свое положение относительно вертикали. В резуль-



Зависимость от времени измерения  $t$  числа ядер  $N$  с кинетической энергией  $E \geq 400$  Мэв/нуклон, зарегистрированных за интервал времени  $\Delta t = 387$  сек (принятый за единичный) для различных зарядовых групп.  
 а — для  $Z \geq 2$ , б — для  $Z \geq 4$  (кривая 1) и  $Z \geq 6$  (кривая 2),  
 в — для  $Z \geq 10$  (кривая 1) и  $Z \geq 21$  (кривая 2)

тате этого  
 излучение  
 Анали  
 траектори  
 рии экра  
 Однако с  
 лей, приче  
 При пр  
 шую част  
 глубина м  
 ной аперт  
 и с севера  
 Таким  
 ных участ  
 мени  $t$  эф  
 ядер реги  
 ности, обу  
 ядрах вне  
 ношения  
 Чтобы  
 $N(Z \geq 2)$ ,  
 из 15 инт  
 ника, при  
 магнитной  
 усредненн

Но  
 интер

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15

Из таб  
 значений  
 т. е. у всех  
 Поэтому  
 состава я  
 зарегистри  
 витков.  
 За это  
 $Z \geq 4$ ; 62  
 получить

тате этого часть времени прибор СЭЗ-1, регистрирующий направленное излучение, оказывался экранированным Землей.

Анализ характера вращения показал, что на рассматриваемом участке траектории в начале при пролете через высокие широты в южном полушарии экранирования Землей не было, так как прибор «смотрел» вверх. Однако с течением времени в южном полушарии он стал затеняться Землей, причем время затенения постепенно возрастало.

При пролете через высокие широты в северном полушарии прибор большую часть времени «смотрел» вниз, т. е. был затенен Землей. Различная глубина минимумов объясняется разной степенью затенения Землей входной апертуры СЭЗ-1 в районах экватора при движении ИСЗ с юга на север и с севера на юг.

Таким образом, различная степень затенения прибора Землей на разных участках траектории полета равносильна изменению с течением времени  $t$  эффективной угловой апертуры прибора. Так как различные группы ядер регистрируются одновременно, то изменение измеряемой интенсивности, обусловленное вращением ИСЗ, одинаково сказывается на всех ядрах вне зависимости от  $Z$ . Поэтому этот эффект не может изменить отношения групп ядер с различным  $Z$ .

Чтобы в этом убедиться, мы определили отношения различных групп  $N(Z \geq 2, t) / N(Z \geq 4, t)$ ,  $N(Z \geq 4, t) / N(Z \geq 6, t)$  и т. д. для каждого из 15 интервалов времени, составляющих полный период обращения спутника, привязав к ним соответствующие диапазоны значений вертикальной магнитной жесткости, определенных по Квенби и Венку [2]. Отношения усреднены по 8 периодам. Результаты приведены в таблице.

Номер интервала	Интервал вертикальной магнитной жесткости, $B\epsilon$	$N(Z \geq 2, t)$	$N(Z \geq 4, t)$	$N(Z \geq 6, t)$	$N(Z \geq 10, t)$
		$N(Z \geq 4, t)$	$N(Z \geq 6, t)$	$N(Z \geq 10, t)$	$N(Z \geq 21, t)$
1	3-1	6,8±0,4	1,6±0,1	2,3±0,3	7,5±2,2
2	1-3	4,8±0,2	1,6±0,1	1,9±0,2	6,1±1,3
3	3-6	5,0±0,2	1,5±0,1	3,9±0,4	4,2±0,9
4	6-13	6,3±0,3	1,8±0,2	2,7±0,3	6,5±1,9
5	13-15	6,6±0,4	1,8±0,2	3,0±0,4	2,9±0,7
6	15-12	5,8±0,3	1,6±0,1	2,9±0,4	2,8±0,6
7	12-6	5,6±0,2	1,6±0,1	2,3±0,2	5,5±1,0
8	6-3	6,0±0,2	1,5±0,1	2,6±0,2	5,9±0,8
9	3-1	6,4±0,2	1,5±0,1	2,3±0,1	7,2±1,0
10	1-3	6,2±0,2	1,5±0,1	2,3±0,1	8,2±1,3
11	3-6	6,6±0,2	1,5±0,1	2,4±0,2	8,7±1,8
12	6-13	6,7±0,3	1,8±0,1	2,9±0,4	4,7±1,2
13	13-15	6,0±0,4	1,9±0,2	2,5±0,4	4,2±1,3
14	15-9	6,3±0,4	1,5±0,2	2,6±0,4	3,6±1,1
15	9-3	5,2±0,3	1,7±0,2	3,2±0,5	6,1±2,1

Из таблицы видно, что отношения групп различных ядер не зависят от значений магнитной жесткости и ориентации прибора относительно Земли, т. е. у всех ядер от гелия до ядер с  $Z \geq 21$  спектры по жесткостям подобны.

Поэтому с целью увеличения статистики для определения химического состава ядерной компоненты мы использовали все частицы с различными  $Z$ , зарегистрированные прибором за все время полета в интервале 105-113 витков.

За это время было зарегистрировано 60 350 ядер с  $Z \geq 2$ ; 9886 ядер с  $Z \geq 4$ ; 6280 ядер с  $Z \geq 6$ ; 1836 ядер с  $Z \geq 10$  и 422 ядра с  $Z \geq 21$ . Чтобы получить истинное число ядер с указанными значениями  $Z$ , в результаты

измерений были введены следующие поправки, обусловленные специфической аппаратурой.

1. Порог амплитудного дискриминатора, отделяющего протоны от  $\alpha$ -частиц, был установлен на величине, соответствующей  $3V_B$ , где  $V_B$  — наиболее вероятная амплитуда импульса, создаваемого частицей с  $Z = 1$ . Исходя из экспериментально определенной в лаборатории ширины распределения импульсов, создаваемых на выходе черенковского счетчика  $\mu$ -мезонами космических лучей, мы рассчитали долю  $\alpha$ -частиц, которая могла давать импульсы  $V < 3V_B$ . Она оказалась равной 32%. Т. е. эффективность прибора для регистрации ядер He рана 68%.

2. При регистрации ядер с  $Z \geq 10$  через интервал времени  $\sim 9$  сек. опрашивалось положение триггера, «запоминающего» факт регистрации прибором ядра с  $Z \geq 10$ . Поэтому, если за время 9 сек. в прибор попадало 2, 3, 4 и т. д. частиц с  $Z \geq 10$ , то такие случаи просчитывались. На этот просчет были введены поправки.

Группа легких ядер (L-группа) охватывает ядра с зарядами  $Z = 3 \div 5$ , группа VH — ядра с  $Z \geq 20$ . У нас в приборе выделялись легкие ядра с  $Z = 4 \div 6$  и в группе VH — ядра с  $Z \geq 21$ . Учитывая распределение по  $Z$  по данным работы [3] и указанные выше поправки, мы получили, что за время измерений ( $\approx 775$  мин.) было зарегистрировано 74 200 ядер He, 2790 ядер с  $3 \leq Z \leq 5$  (L-группа), 5800 ядер с  $6 \leq Z \leq 9$  (M-группа), 2100 ядер с  $Z \geq 10$  (H-группа) и 474 ядра с  $Z \geq 20$  (VH-группа). Отсюда отношение ядер He к S-группе ( $Z \geq 6$ )  $He/S = 9,4 \pm 2,0$ ; групп L/S =  $0,35 \pm 0,04$ ; H/M =  $0,36 \pm 0,08$  и VH/H =  $0,23 \pm 0,04$ .

Ошибки в отношениях в основном обусловлены учетом возможного изменения порогов амплитудных дискриминаторов, которое не превышает 10%.

Мы не рассматриваем здесь группу частиц с  $Z = 1$ , так как в ней помимо первичных протонов содержится значительная примесь вторичных частиц, доля которых зависит от широты места наблюдения и ориентации прибора [4].

Дата поступления  
9 августа 1966 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Н. Володичев, Н. Л. Григоров, О. В. Кисляков, Ю. В. Минеев, В. Е. Нестеров, О. Ю. Нечаев, И. Д. Рапопорт, И. А. Савенко, А. В. Смирнов, Б. М. Яковлев. Космич. исслед., наст. вып., стр. 119.
2. J. Quenby, G. T. Wenk, Philos. Mag., 7, 1457, 1962.
3. W. R. Webber. Handbuch der Physik, 46/2, 1965.
4. Н. Н. Володичев, Н. Л. Григоров, В. Е. Нестеров, И. Д. Рапопорт, И. А. Савенко, Б. М. Яковлев. Изв. АН СССР. Сер. физ., 30, № 11, 1966.

Черенко  
космически  
большой вы  
Несколько  
компоненты  
 $Z$  [2, 3]. В  
ных на кос  
были получ

Во всех  
на этом мет  
измерения  
тического к  
лых ядер с  
ния светоси

Разработ  
космически  
ния с помо  
ских лучей,  
вичного кос  
 $\geq 100$  Мэв,  
пользуя сво  
воляет, кро  
рию интенс  
измерять э  
ных ядер до

Описани  
счетчика, к  
ми, образу  
Черенко  
для ФЭУ-49  
Противопо  
краской, что  
мерения по