

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

УДК 537.591.15

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАЖЕННОГО ОТ СНЕГА ЧЕРЕНКОВСКОГО СВЕТА ШАЛ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРА ПЕРВИЧНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Р. А. Антонов, Е. А. Петрова, А. Н. Федоров

(НИИЯФ)

Приводятся экспериментальные данные об энергетическом спектре первичных космических лучей в области энергий 10^{16} — 10^{17} эВ, полученные черенковским методом по отражению от снега.

Имеющиеся в настоящее время экспериментальные данные о форме спектра первичных космических лучей в области энергии 10^{15} — 10^{19} эВ плохо согласуются друг с другом. Вследствие этого актуальным остается проведение дальнейших экспериментов в этой энергетической области с использованием различных методик.

В настоящей работе использована оригинальная методика, предложенная в 1972 г. А. Е. Чудаковым [1]. Была разработана и изготовлена установка «Сфера» [2—5], позволяющая регистрировать с большой высоты в период безлунных ночей вспышки (световые пятна на заснеженной поверхности земли) черенковского света ШАЛ, являющегося хорошей мерой энергии первичной частицы. Особенности такого метода является возможность получения большой эффективной площади регистрации (до сотен квадратных километров при подъеме на высоту 20—30 км) при использовании достаточно простого и малогабаритного прибора.

Первая попытка проведения измерений по этой методике была предпринята G. Navarra [6]. Были зарегистрированы несколько событий с частотой $4,2 \text{ ч}^{-1}$, сравнимой с ожидаемой величиной (2 — 10 ч^{-1}), после чего работа была прекращена.

Схема установки «Сфера» приведена на рис. 1. Изображение све-

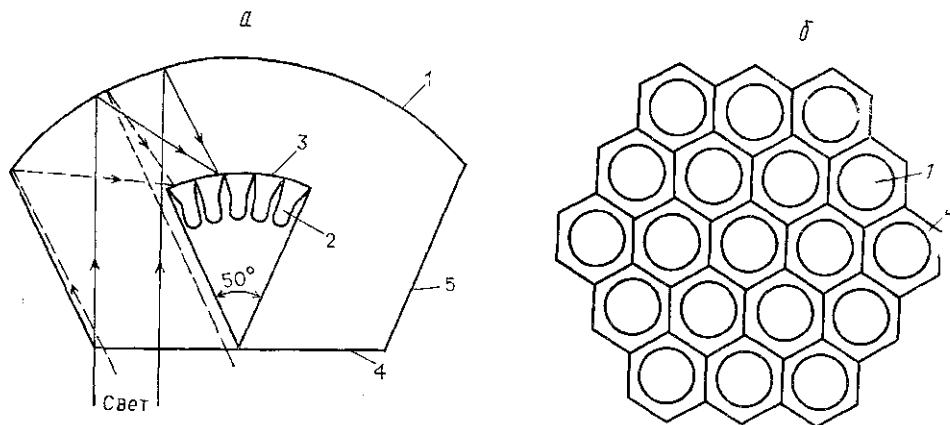


Рис. 1. *а* — Схема установки: 1 — поверхность зеркала ($R=0,75 \text{ м}$), 2 — ФЭУ, 3 — фокальная поверхность, 4 — отверстие диафрагмы ($R=0,32 \text{ м}$), 5 — ограничивающие шторки. *б* — Схема расположения ФЭУ на фокальной поверхности: 1 — ФЭУ, 2 — шестигранный светосборник

тогового пятна регистрируется мозаикой из 19 фотоумножителей ФЭУ-110, расположенных на фокальной поверхности сферического зеркала диаметром 1,2 м. Полный угол зрения установки $\sim 50^\circ$. Подробное описание установки и методики приведено в работе [5].

В работе [3] методом математического моделирования проверялась возможность получения неискаженного энергетического спектра и определялась величина энергетического порога для варианта измерений с помощью аэростата.

В настоящей работе приведены результаты измерений, проведенных в 1993 г. на заснеженной поверхности Большого Алма-Атинского озера, расположенного на высоте 2500 м над уровнем моря. Площадь озера составляет $\sim 0,7$ км². Установка размещалась на уступе горы высотой 160 м над уровнем озера, так что средний угол наклона оптической оси к горизонту составлял 10° .

Для снижения величины энергетического порога, обусловленного световым фоном звездного неба, фотокатоды ФЭУ были прикрыты темно-синими светофильтрами УФС-1. На фотокатоды были нанесены пленки, переизлучающие свет в область максимальной чувствительности ФЭУ.

Контроль прозрачности атмосферы и стабильности аппаратуры производился путем периодических измерений анодного тока каждого ФЭУ, а также по темпу счета событий.

На рис. 2 приведен дифференциальный спектр по сумме амплитуд импульсов в четырех центральных ФЭУ — в этом случае регистри-

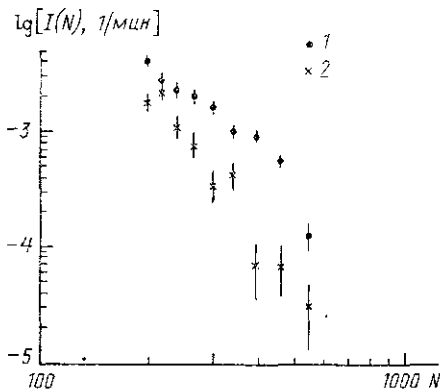


Рис. 2. Амплитудные спектры зарегистрированных событий (по числу фотоэлектронов N): 1 — открытые ФЭУ (4871 событие, экспозиция — 1510 мин), 2 — закрытые ФЭУ (1613 событий, экспозиция — 956 мин)

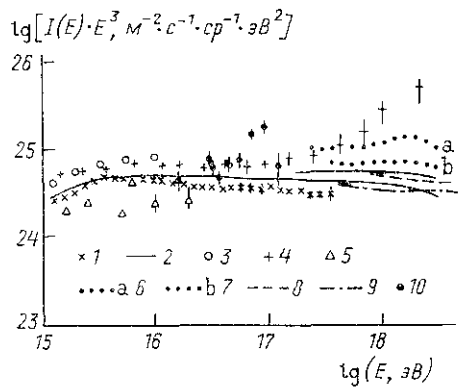


Рис. 3. Дифференциальный энергетический спектр: 1 — МГУ [9], 2 — Акепо [10], 3, 4 — Тянь-Шань [11], 5 — Самарканд [12], 6 — Якутск [13], 7 — Якутск [14], 8 — Haverah Park [15], 9 — USA, UTAH, («Fly's Eye») [16], 10 — настоящая работа (экспозиция 25 ч)

ровалась большая часть площади светового пятна. На этом же рисунке приведен контрольный спектр закрытых ФЭУ от событий, обусловленных генерацией черенковского света в стекле колбы ФЭУ и светофильтра при прохождении одиночных заряженных частиц и мюонов, сопровождаемых δ -электронами.

При переходе от измеренного числа черенковских фотонов к энергии первичной частицы проводилось математическое моделирование работы установки для реальной геометрии проведения эксперимента,

при этом использовались результаты измерений средних функций пространственного распределения черенковского света для первичных частиц в интервале энергий 10^{15} — 10^{19} эВ, выполненных в Якутске [7].

Для получения энергетического спектра необходимо учесть, что часть светового пятна выходит за пределы поверхности озера, и определить величину эффективной площади регистрации. Для этого при моделировании разыгрывались положение оси ливня равномерно по площади, превышающей площадь озера, и энергия первичной частицы по спектру с показателем дифференциального спектра, равным 3. Для каждого события вычислялась амплитуда во всех ФЭУ и проверялось выполнение условия превышения порога в центральном и соседнем с ним ФЭУ. При построении энергетического спектра принималось, что угловое распределение падающих ливней пропорционально $\cos^3\theta$ [8], при этом эффективный телесный угол $\Omega=1,6$ ср.

Полученные в настоящем эксперименте значения абсолютных потоков частиц первичных космических лучей в области энергий 10^{16} — 10^{17} эВ согласуются с совокупностью результатов других экспериментов (рис. 3). Величина показателя энергетического спектра меньше, чем это следует из экспериментов [9, 10], и лучше согласуется с результатами [11].

Энергетический порог в нашем случае оказался обусловленным не фоновым светом звездного неба, а низким быстродействием регистрирующей аппаратуры. В аэростатном варианте при использовании аппаратуры, обеспечивающей регистрацию событий с частотой ~ 100 Гц, можно рассчитывать получить данные о спектре в области энергий от $\sim 10^{15}$ эВ до $\sim (3-5) \cdot 10^{19}$ эВ (при подъеме на высоту от 1 до 20—30 км) единым квазикалориметрическим методом с помощью одной установки.

Авторы выражают искреннюю благодарность А. Е. Чудакову, Г. Б. Христиансену и Л. А. Кузьмичеву за ценные обсуждения, а также руководству Тянь-Шаньской высокогорной научной станции ФИАН, дирекции ГАИШ МГУ и Тянь-Шаньской астрономической обсерватории ГАИШ, в особенности А. М. Черепашуку и А. В. Миронову, за помощь в проведении работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чудаков А. Е. // Тр. конф. по космическим лучам. Якутск, 1972. С. 69.
2. Antonov R. A., Ivanenko I. P., Rubtsov V. I. // Proc. 14 ICRC. München, 1975. V. 9. P. 3360.
3. Антонов Р. А., Иваненко И. П., Кузьмин В. А. // Изв. АН СССР, сер. физ. 1986. 50, № 11. С. 2217.
4. Антонов Р. А., Иваненко И. П., Кузьмин В. А., Федоров А. Н. // Исследования на высотных аэростатах: Кр. сообщ. по физике ФИАН. 1989. С. 78.
5. Антонов Р. А., Петрова Е. А., Федоров А. Н. Препринт НИИЯФ МГУ № 95-4/368. М., 1995.
6. Castagnoli C., Morello C., Navarra G. // Proc. 17 ICRC. Paris. 1981. V. 6. P. 103.
7. Дьяконов М. Н., Ефимов Н. Н., Кнуренко С. П. и др. // Изв. АН, сер. физ. 1993. 57, № 4. С. 86.
8. Чудаков А. Е., Нестерова Н. М., Зацепин В. И., Тукиш Е. И. // Тр. Междунар. конф. по космич. лучам. М., 1960. Т. 2. С. 47.
9. Fomin Yu. A., Christiansen G. B., Kulikov G. B. et al. // Proc. 22 ICRC. Dublin, 1991. V. 2. P. 87.
10. Nagano M., Teshima M., Matsubara Y. et al. // J. Phys. G: Nucl. Phys. 1992. 18. P. 423.
11. Вильданова Л. И., Дятлов П. А., Нестерова Н. М. и др. // Изв. АН, сер. физ. 1994. 58, № 12. С. 79.
12. Алимов Т. Дис. ... канд. физ.-мат. наук (Ленингр. политехн. ин-т). Л., 1985.

13. Glushkov A. V., Efimov N. N., Egorov T. A. et al.//Proc. 19 ICRC. La Jolla, 1985. V. 2. P. 198.
14. Dyakonov M. N., Efimov N. N., Egorov T. A. et al.//Proc. 22 ICRC. Dublin, 1991. V. 2. P. 93.
15. Lawrence M. A., Reid R. I. O., Watson A. A.//Proc. 21 ICRC. Adelaida, 1990. V. 3. P. 159.
16. Cassidy G. L., Cooper R., Corbato S. C. et al.//Ibid. P. 163.

Поступила в редакцию
20.02.95

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1995. Т. 36, № 4

ОПТИКА И СПЕКТРОСКОПИЯ

УДК 621.375.826

РАДИАЛЬНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ СО₂-СОДЕРЖАЩИХ СРЕД В ТЛЕЮЩЕМ РАЗРЯДЕ

И. Ю. Павловский, В. А. Спажанин

(кафедра оптики и спектроскопии)

Исследованы радиальные распределения коэффициента усиления СО₂-содержащих газовых сред в условиях тлеющего разряда. Измерения выполнены методом просвечивания резонансным излучением на длине волны 10,4 мкм. Показана возможность значительного изменения коэффициента усиления при изменении радиальной координаты. В периферийных зонах разряда возможно усиление в безгелиевых смесях.

Экспериментальные измерения коэффициентов усиления (КУ) и поглощения методом просвечивания позволяют проводить относительно простую диагностику неравновесных молекулярных газов [1, 2]. Однако в большинстве работ исследовались характеристики газовых смесей, усредненные по приосевой области газоразрядных трубок, наиболее существенной для генерации излучения. Вместе с тем использование неравновесных газов в различных технологических процессах выдвигает задачу регистрации пространственных распределений параметров среды [3]. Имеющиеся экспериментальные результаты подобных исследований в значительной степени противоречивы, что обусловлено трудностями достижения хорошего пространственного разрешения, а детальный теоретический расчет моделей таких сред крайне затруднителен [4, 5].

В данной работе найдено радиальное распределение КУ в центре линии P(18) перехода 10,4 мкм в условиях тлеющего разряда в смесях СО₂:N₂:He с пространственным разрешением порядка 2—3 мм. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. В качестве источника зондирующего излучения использовался стабилизированный СО₂-лазер типа ЛГ-74 (1), позволявший с помощью системы автоподстройки частоты получать одномодовый пучок излучения с относительной нестабильностью мощности не более 1% за минуту. Луч лазера через модулятор (2) и диафрагму (3) направлялся в кювету (4) с исследуемой смесью газов. Кювета представляла собой охлаждаемую проточной водой трубку из молибденового стекла диаметром 2 см и длиной активной части 90 см. Торцы герметизировались брестеровскими окошками из КС1.

Для определения радиальных зависимостей КУ осуществлялось параллельное оси смещение трубки в горизонтальном направлении.