

**СЕЗОННЫЕ И СУТОЧНЫЕ ВАРИАЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ
КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ПО ИЗМЕРЕНИЮ
НА ГЛУБИНЕ $\sim 8.5 \cdot 10^4$ г/см²***

*Совместно с Ю. М. Андреевым, А. В. Воеводским, В. В. Закидышевым,
В. А. Козяриным, В. Я. Поддубным и Т. И. Тулуновой*

Для исследования вариаций интенсивности N мюонной компоненты КЛ с $E_\mu \geq 220$ ГэВ были использованы данные подземной сцинтилляционной установки Баксанской нейтринной обсерватории, расположенной на глубине $\sim 8.5 \cdot 10^4$ г/см² [1]. Конструкция установки позволяет организовать телескопы, регистрирующие частицы, приходящие из различных направлений. Обработывались данные шести телескопов, для которых измерены и рассчитаны диаграммы направленности, а также другие характеристики [2]. В настоящей работе анализируется экспериментальный материал, полученный за период с 1.I 1983 по 31.XII 1987 г. Чистое время наблюдения составило 78% от календарного. Обработка информации проводилась в местном солнечном времени.

Анализ поведения среднемесячных значений интенсивности за периоды, кратные году, и за полный период наблюдения показал, что существует сезонное изменение интенсивности на $\pm 1\%$ от среднего значения с максимумом в летние и минимумом в зимние месяцы. Такое поведение характерно для всех телескопов установки независимо от их характеристик. Для периода 1984 г. проведен совместный анализ сезонного поведения интенсивности и температуры верхних слоев атмосферы. Сезонные изменения температуры получены по данным измерения метеостанции, расположенной на удалении ~ 100 км от обсерватории.

Температурные данные представлены в виде эффективной температуры ($T_{эф}$) слоя в атмосфере с давлением 50-200 мбар:

$$T_{эф} = 0.50 T_{50} + 0.35 T_{100} + 0.15 T_{200},$$

где T_{50} , T_{100} и T_{200} - температуры на уровнях 50, 100 и 200 мбар. Коэффициенты при температурах слоев учитывают вклад каждого изобарического уровня и пропорциональны вкладу каждого уровня в полный температурный коэффициент. Они определяются из расчетов, выполненных в работах [3,4].

На рис. 1 показано сезонное поведение интенсивности и эффективной температуры за 1984 г. и средняя интенсивность за полный период наблюдения.

* *Известия АН СССР, сер. физ., т. 52, вып. 12, стр. 2432 (1988).*

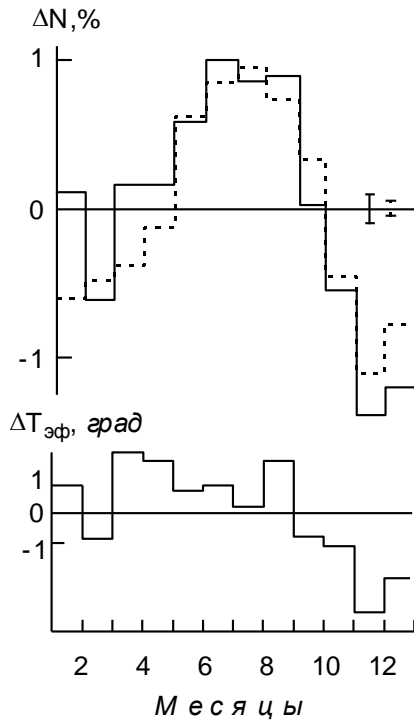


Рис. 1

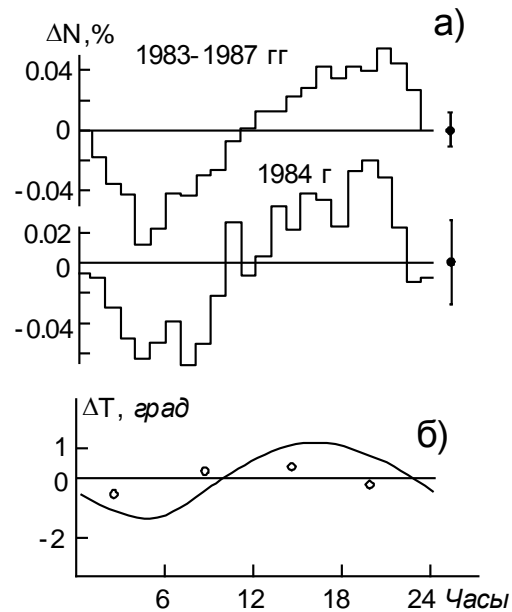


Рис. 2

Рис. 1. Сезонное поведение интенсивности мюонов с $E_\mu \geq 220$ ГэВ и эффективной температуры атмосферы на уровне 50-200 мбар за 1984 г. Для сравнения приведен усредненный сезонный ход интенсивности за период 1983-1987 гг. (штриховая линия).

Рис. 2. Среднее суточное изменение интенсивности мюонной компоненты КЛ с $E_\mu \geq 220$ ГэВ за периоды 1984 г. и 1983-1987 гг. (а) и средний суточный ход температуры на изобарическом уровне 900 мбар [5] (б). Точки - среднечасовые значения температуры $T_{эф}$ для уровня 50-200 мбар за 1984 г.

Определены коэффициент корреляции K интенсивности и $T_{эф}$ и температурный коэффициент $\alpha_{Tэф}$:

$$K = 0.845 \pm 0.086, \quad \alpha_{Tэф} = (0.383 \pm 0.039) \%/\text{град}.$$

Значение $\alpha_{Tэф}$, в пределах ошибок совпадает с ожидаемым для мюонов с $E_\mu = 220$ ГэВ: $\alpha_{Tож} = 0.34-0.36$ %/град, но больше $\alpha_{Tэф} = (0.27 \pm 0.01)$ %/град, полученного при обработке среднесуточных значений интенсивности и $T_{эф}$ [5]. Таким образом, мы можем заключить, что сезонное изменение интенсивности мюонов с $E_\mu \geq 220$ ГэВ можно объяснить сезонным изменением температуры верхних слоев атмосферы.

Проведен анализ поведения суточной волны интенсивности различных телескопов, усредненной за периоды, кратные году. В суточную волну входят заведомо известные составляющие, на которые можно ввести соответствующие поправки. Одна из составляющих, зависящая от орбитального движения Земли, имеет амплитуду $\sim 5.0 \cdot 10^{-4} \cos(\varphi)$ и время максимума 6 ч местного времени. Вторая, связанная со звездной анизотропией, обращается в нуль вследствие того, что усреднение проводилось за периоды, кратные году.

Определены первые гармоники суточной волны шести телескопов установки для всех периодов, вошедших в обработку. Все гармоники оказались в пределах ошибок равными и независимыми от характеристик телескопов и периодов наблюдения. В таблице приведены значения амплитуд A и времени максимума F для одного из телескопов за различные периоды.

Период	$A \cdot 10^4$	$F, ч$	Период	$A \cdot 10^4$	$F, ч$
1983	5.46 ± 1.01	18.92 ± 0.70	1986	2.96 ± 1.42	18.67 ± 1.72
1984	5.18 ± 1.11	17.64 ± 0.81	1987	5.86 ± 1.30	18.92 ± 0.84
1985	6.64 ± 1.25	18.03 ± 0.71	1983-1987	5.19 ± 0.56	18.41 ± 0.41

Проведен совместный анализ суточной волны интенсивности и $T_{эф}$, полученных за 1984 г. На рис. 2 показано среднее суточное поведение интенсивности, усредненной за полный период и за 1984 г., а также четыре усредненных часовых значения $T_{эф}$. Для сравнения приведен суточный ход температуры у поверхности Земли [6]. Видно, что характер поведения интенсивности отличается от хода $T_{эф}$ и подобен поведению температуры у поверхности Земли, время максимума первой гармоники которой приходится на 17-18 ч.

По четырем значениям $T_{эф}$ определена первая гармоника температурной волны:

$$A_{T_{эф}} = 0.396^{\circ}\text{C}, \quad F_{T_{эф}} = 13.07 \text{ ч}.$$

Если учесть, что температурный коэффициент, экспериментально измеренный для сезонных изменений, имеет значение $0.3 \text{ \%}/\text{град}$, то мы должны ожидать суточную волну интенсивности с амплитудой $\sim 12 \cdot 10^{-4}$ и временем максимума $F_{\text{макс}} \sim 13$ ч. Это значительно отличается от экспериментально измеренных значений для всех периодов наблюдения. Подобное различие получено и для других установок, расположенных на различных глубинах под землей [7-10]. Установки, расположенные на глубинах до 50 м. в. э., для которых температурный коэффициент отрицательный, регистрируют суточную волну интенсивности с $F_{\text{макс}} = 3 - 7$ ч (местное время). На станциях, расположенных на глубинах больше 100 м. в. э., где температурный коэффициент положительный, $F_{\text{макс}} = 17 - 19$ ч. А это противоречит представлению о том, как меняется температура верхних слоев атмосферы в течение суток. Такое противоречие можно объяснить, только предположив, что четырехразовое зондирование атмосферы не дает правильного представления о суточном температурном ходе верхних слоев атмосферы.

В заключение можно отметить следующее. Сезонные вариации интенсивности мюонной компоненты КЛ с $E_{\mu} \geq 220 \text{ ГэВ}$ вызваны температурными процессами в верхних слоях атмосферы. Суточная волна

интенсивности с $A \approx 5.0 \cdot 10^{-4}$ и $F_{\text{макс}} = 18$ ч, регистрируемая нашей установкой, не зависит от направленности телескопов. Получено незначительное отличие суточной волны, наблюдаемой для различных периодов, кратных году. Если считать, что причиной появления такой волны являются температурные процессы в верхних слоях атмосферы, то полученный нами результат находится в хорошем согласии с результатами других установок, для которых температурный коэффициент отличается не только величиной, но и знаком.

Литература

1. Алексеев Е. Н. и др., Изв. АН СССР, Сер. физ. 1980, т. **44**, с. 609.
2. Андреев Ю. М. и др., Изв. АН СССР, Сер. физ. 1987, т. **51**, с. 1784.
3. Дорман Л. И. Вариации космических лучей. М.: Физматгиз, 1957.
4. Волкова Л. В., ЯФ, 1970, т. **12**, с. 475.
5. Каминер Н. С., Труды ЦАО, 1956, Вып. 16, с. 48.
6. Andreyev Yu. M. et al., Proc. 20th ICRC, Moscow, 1987, v. **4**, p. 270.
7. Morishita J. et al., Proc. 20th ICRC, Moscow, 1987, v. **4**, p. 258.
8. Ueno H. et al., Proc. Intern. Symp. CR, Morioka, 1984, p. 109.
9. Yasue S. et al., Proc. Intern. Symp. CR, Morioka, 1984, p. 355.
10. Mory S. et al., Proc. 20th ICRC, Moscow, 1987, v. **4**, p. 160.