

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԻՆՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄ НАУЧНОЕ СООБЩЕНИЕ

ЕФИ—188(34)-(76)

ՏԱԿ 704/56

Տ.Կ.ԱԿՕՍՅԱՆ, Խ.Ս.ԲԱԲԱՅԱՆ,

Ր.Վ.ՏԱՐԿԻՏՅԱՆ

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ
СОЛНЕЧНО-СУТОЧНОЙ ВАРИАЦИИ НЕЙТРОННОЙ
КОМПОНЕНТЫ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
НА ГОРЕ АРАГАЦ

ԱՐՄՍ

ԵՐԵՎԱՆ

1976



ԵՐԵՎԱՆ

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Научное сообщение ЕФИ-188(34)-76

С.К.АКОПЯН, Х.П.БАБАЯН,
Р.В.САРКИСЯН

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ
СОЛНЕЧНО-СУТОЧНОЙ ВАРИАЦИИ НЕЙТРОННОЙ
КОМПОНЕНТЫ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
НА ГОРЕ АРАГАЦ

Ереван 1976

© *Ереванский физический институт, 1976*

Важной характеристикой галактического космического излучения является его анизотропия, которая может быть вызвана различными физическими процессами, происходящими в окрестности Солнца и Земли и в межпланетном пространстве. По современным представлениям, в основном диффузия, конвекция, электрический дрейф и градиент плотности галактических космических лучей обуславливают их анизотропию, наличие которой в результате вращения земли приводит к суточным вариациям. С этой точки зрения представляет большой интерес изучение солнечно-суточной вариации космических лучей.

В данной работе приведены некоторые результаты изучения солнечно-суточной вариации нейтронной компоненты космического излучения по полученной информации 1973-1974 г.г. на г.Арагац с помощью супермонитора.

§ 1. Ошибки экспериментальных данных

При анализе полученной информации и контроля работы аппаратуры с применением статистических методов необходимо прежде всего выявить ошибки экспериментальных данных.

Как известно, приборы, обладающие конечной эффективной площадью, через которую проходит конечное число частиц за единицу времени измерения (обычно за единицу времени берутся сутки, час или минута), характеризуются систематическими ошибками.

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{J}} \cdot 100\% ,$$

где \bar{J} -среднее число частиц, зарегистрированных за единичный интервал времени измерения без учета аппаратурного влияния. Относительная точность отдельного измерения J нейтронной компоненты (σ на ст. Арагац, где среднечасовое значение (\bar{J}_4) порядка $2.43 \cdot 10^6$ будет $\sim 0,07\%$. Но обычно она несколько больше [1]. Как показано в работе [2], экспериментальные ошибки на различных пунктах земного шара в 1,5-2 раза больше, чем статистические ошибки.

В принципе, вероятность того, что за данный интервал времени пройдет J -частиц, а не \bar{J} (в предположении их независимости), определяется распределением Пуассона. Однако, для больших J это распределение можно заменить распределением Гаусса и с учетом флуктуации интенсивности (в относительных единицах)

$$\Delta = \frac{J - \bar{J}}{\bar{J}}$$

оно будет иметь вид

$$W(\Delta, \bar{J}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\bar{J}}} e^{-\frac{\bar{J}\Delta^2}{2}} . \quad (1)$$

Прежде всего, рассмотрим вид распределения экспериментальных значений по нашим данным, наблюдаемым на ст.Арагац, с учетом барометрического эффекта ($\beta = -0,72\%$ /мбар). Для этой цели построим кривую экспериментального частотного распределения флуктуации интенсивности Δ . На рис.1 приведены кривые зависимости $\ln W(\Delta, \bar{J})$ от Δ , согласно нашим экспериментальным данным и теоретически ожидаемым результатам для данной \bar{J} (сплошная кривая). Следует отметить, что при малых Δ , распределение по экспериментальным данным ($W_{\text{экс}}$) должно быть близко

к теоретическому распределению (W_T), которое определяется по формуле (1), так как малые изменения J в основном, носят статистический характер. Как видно из рис.1, действительно, в основной области, т.е. в значениях $-10\% \leq \Delta \leq +10\%$ $\ln W_3 \approx \ln W_T$. Это объясняется тем, что практически флуктуации интенсивности (Δ) больше чем $\pm 10\%$ редки. С этой точки зрения представляет интерес изучение отношения $\ln(W_3/W_T)$ в зависимости от величины Δ . На рис.2 показана соответствующая зависимость по тем же данным интенсивности нейтронной компоненты, что и на рис.1.

Как видно из рис.2, в области $\Delta \geq 1\%$ $W_3 \gg W_T$. Поэтому можно полагать, что при больших Δ действуют факторы, не связанные со статистическими флуктуациями. Отсюда вытекает, что имеются большие отклонения интенсивности, выходящие за пределы ошибок данных наблюдений и, по-видимому, они вызваны различными физическими процессами, которые в конечном счете обуславливают вариации космических лучей.

Из экспериментальной кривой частотного распределения Δ , приведенного на рис.1, получаем, что ошибка часовых измерений для станции Арагац составляет $\sim 0,12\%$, т.е. ошибка экспериментальных данных примерно в 1,7 раза больше, чем статистическая.

Этот вывод находится в согласии с работой [6], в которой Δ определялась по разностям показаний, близко расположенных друг от друга двух станций. Использованный нами метод, который был предложен в работе [2] более практичен. Этим же методом можно определить реальные ошибки данных наблюдений для любой конкретной станции, независимо от другой.

§ 2. Солнечно-суточные вариации нейтронов

Для детального изучения солнечно-суточной вариации как и других вариаций космических лучей периодического характера, часто используется метод гармониче-

ческого анализа.

Первичная информация интенсивности нейтронов, после соответствующей барометрической поправки подвергалась гармоническому анализу по 24 ординатам, т.е. представив совокупность экспериментальных данных J в определенном интервале времени T в виде ряда Фурье, с помощью формулы Бесселя [3], определялись коэффициенты Фурье a_0, a_1, b_1, \dots . При этом амплитуда K -ой гармоники определялась по формуле

$$\tau_K = \sqrt{a_K^2 + b_K^2} \quad (2)$$

а фаза из

$$\operatorname{tg} \psi_K = \frac{b_K}{a_K} \quad (3)$$

Для наглядного представления и удобства изучения полученных результатов гармонического анализа широко пользуются представлением их с помощью векторов на гармонической диаграмме. Для примера на рис.3 приведена гармоническая диаграмма солнечно-суточной вариации нейтронной компоненты по отдельным суткам ($T=24$ часам) за первую половину мая месяца 1973 г. Цифры у векторов первой гармоники (τ_1) означают дни, а угол между осью b и радиусом-вектором τ , отсчитываемый против часовой стрелки, есть фаза гармоники (ψ).

Изучение полученной информации указанного периода методом гармонического анализа показывает суточное изменение в амплитуде и фазе 1-гармоники.

Вид распределения амплитуды и фазы, по существу, обусловлен двумя факторами:

в) физическими процессами, связанными с изменением электромагнитных условий в межпланетном пространстве и в магнитосфере Земли, определяющих вариации космических лучей;

б) флуктуациями значений интенсивности нейтронов, обусловленными, главным образом, ошибками статистики -

ческого и аппаратного характера.

В некоторых работах (как например, [4]) указано, что так называемые "спокойные" солнечно-суточные вариации хотя и меняются ото дня ко дню (вне пределов статистических ошибок), однако, по-видимому, они носят статистический характер, обусловленный атмосферными эффектами. Несомненно, что в какой-то степени изменчивость наблюдаемой суточной вариации космических лучей связана с флуктуациями суточного хода температуры атмосферы. Однако, основная часть этой изменчивости, по-видимому, имеет внеатмосферное происхождение. С этой точки зрения, представляет большой интерес определение доли суточных вариаций, обусловленной первым и вторым факторами в экспериментально полученных вариациях. Количественное решение этой задачи можно провести путем сравнения экспериментальных и теоретических результатов частотных распределений амплитуды и фазы. Ожидаемое частотное распределение амплитуды для данной \bar{J} теоретически вычислялось по формуле [2]

$$W(\tau, \theta) = B \exp \left[-3 \tau^2 / \theta^2 \right]. \quad (4)$$

Из уравнения фазы суточных гармоник (уравнение (2)) легко понять, что любая фаза суток одинаково вероятна и распределение $W(\psi, \theta)$ будет носить изотропный характер.

На рис.4 приведено частотное распределение амплитуды первой гармоники солнечно-суточной вариации на основе экспериментальных данных нейтронной компоненты, наблюдаемых на ст.Арагац за изученный период. Для этого были проведены расчеты гармонических коэффициентов a_i и b_i и получены серии значений τ_i и ψ_i ($i = 1, 2 \dots 723$ номер суток).

Для сравнения на этом же рисунке приведено ожидаемое частотное распределение, вычисленное по формуле (3). При этом нормировка этой теоретической кривой проводилась сшиванием с экспериментальными данными

при $\tau_1 \rightarrow 0$, что позволяет сразу же определить количественно вклад флуктуации статистического характера в распределении наблюдаемых амплитуд суточных вариаций.

Из приведенных на рис.4 кривых следует, что в области $\tau_1 \leq 0,1\%$ для станции Арагац ($\sigma_k \approx 0,12\%$) суточная вариация имеет статистический характер. При $\tau_1 \approx 0,2\%$ доля статистической вариации составляет $\sim 15-20\%$, а при $\tau_1 \geq 0,3\%$ она становится очень малой, т.е. в этом случае вероятность того, что наблюдаемая вариация носит статистический характер меньше 1%. На рис.5 приведены частотные распределения фаз первой гармоники суточной вариации по тем же данным для всех τ_1 (сплошная кривая) и для $\tau_1 \leq 0,2\%$ (пунктирная кривая). Из рис.5 видно, что при $\tau < 0,2\%$ трудно выделить максимум распределения фаз. Этот результат находится в полном согласии с рис.4, из которого следует, что при $\tau < 0,2\%$ большой вклад должна вносить суточная вариация статистического характера с неопределенной фазой. Максимум распределения всех значений ψ попадает $\sim 13-14$ час. местного времени.

Как показано в работе [8], найденное выше частотное распределение амплитуд первой гармоники $W(\tau, \sigma)$ дает возможность определить ожидаемое значение амплитуды за счет флуктуации статистического характера $\tau \sim \frac{\sigma}{2}$. Согласно нашим данным, для нейтронной компоненты ст.Арагац $\sigma \approx 0,12\%$. Следовательно, ожидаемые колебания амплитуды будут $\sim 0,06\%$.

Следует отметить, что амплитуда Π гармоники по нашим данным (ст.Арагац) чрезвычайно мала и нами не рассматривается.

§ 3.0 сезонных изменениях суточного эффекта

На рис.6 приведено распределение среднемесячных значений амплитуд 1-ой гармоники солнечно-суточной вариации нейтронов для ст.Арагац (кривая а). Как видно

из рис.6, наблюдаются изменения суточной вариации от месяца к месяцу. Для сравнения на этом же рисунке приведен временной ход амплитуды 1-ой гармоники по данным ст.Норикура (Япония). Здесь также наблюдаются изменения в амплитуде суточной волны. Указанные изменения весьма значительны и, как показано в работе [1], по-видимому, носят мировой характер.

Интересно отметить, что в течение года меняется не только амплитуда, но и фаза среднемесячных суточных вариаций. В этом можно убедиться из рассмотрения гармонической диаграммы (рис.7) среднемесячного вектора 1-ой гармоники солнечно-суточной вариации. Экспериментальные данные показывают сложный характер изменения суточного вектора от месяца к месяцу и, по-видимому, существует закономерное сезонное изменение вектора суточного эффекта.

В принципе, эти кажущиеся изменения амплитуды и фазы солнечно-суточных вариаций, могут быть вызваны внеатмосферными причинами (изменением в течение года первичных суточных эффектов на границе атмосферы или наложением звездно-суточных вариаций). Однако, прежде всего следует выяснить, в какой степени эти сезонные изменения суточного эффекта связаны с соответствующими изменениями суточного температурного эффекта. Для этой цели была проведена статистическая обработка аэрологических данных четырехразового зондирования о температуре на ст.Арагац за 1973-74 г.г. и на рис.8 показан среднемесячный ход температуры на различных изобарических уровнях.

Подсчитав температурные поправки с использованием расчетных коэффициентов для нашей станции [5], получаем, что изотопный эффект среднемесячного значения амплитуд 1 гармоники в основном исчезает, т.е. можно сказать, что подавляющая часть наблюдаемых сезонных изменений суточных вариаций имеет атмосферное происхождение. Однако, по-видимому, имеется какая-то сравнительно небольшая часть сезонных изменений суточного

эффекта нейтронов, имеющая внеатмосферное происхождение. Ведь кроме амплитуды наблюдаются изменения и в фазе.

Интересно отметить, что наши данные также дают указание на некоторые изменения в амплитуде и фазе среднегодовой суточной вариации. По-видимому, эти изменения среднегодовой солнечно-суточной волны в нейтронной компоненте являются следствием изменения анизотропии в первичных космических лучах, связанных с солнечной активностью [1].

Сравнивая полученные результаты по солнечно-суточным вариациям с литературными данными [7, 2], можно сказать, что наблюдаемые суточные вариации нейтронной компоненты космических лучей вызваны несколькими источниками (причинами) разной природы.

Во-первых, одной из таких причин является температурный эффект, создающий суточную волну интенсивности. Этот эффект, по-видимому, практически не меняется от года к году, но существенно меняется от сезона к сезону.

Другой источник суточной вариации - внеатмосферного происхождения, эффективность которого существенно меняется со временем и связана с магнитной и солнечной активностью. По имеющимся данным нельзя отдать предпочтение какому - либо физическому процессу. Дело в том, что каждый предлагаемый механизм дает вполне определенные изменения энергетического спектра первичного потока $\delta \Delta(\xi) / \Delta(\xi)$. Если представить спектр суточной вариации в виде $\sim E^\gamma$, то с помощью коэффициентов связи для показателя степени (γ) получаем $\sim 2,5 \div 3,2$. Для более детального анализа необходимо иметь обширный экспериментальный материал по вариациям различных компонент из одной станции, или из нескольких пунктов наблюдения одной геомагнитной широты.

Выражаем глубокую благодарность Л.И.Дорману, М.В.Алания, Л.Х.Шаташвили и Я.Л.Блоху за ценные советы, а также сотрудникам лаборатории за участие в непрерывной регистрации информации на ст.Арагац и в обработке данных.

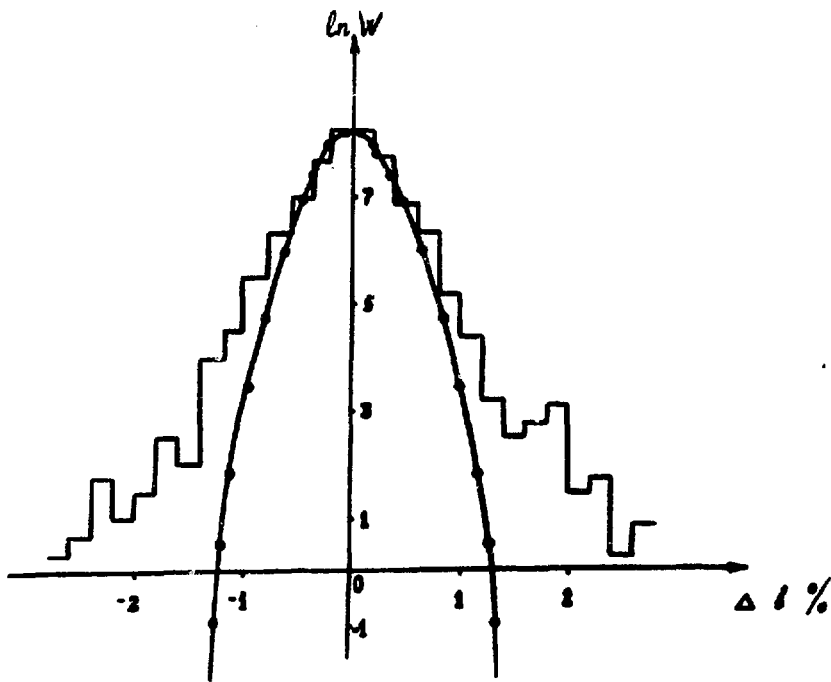


Рис.1 -Кривые экспериментального и теоретического (сплошная кривая) частотного распределения интенсивности нейтронов.

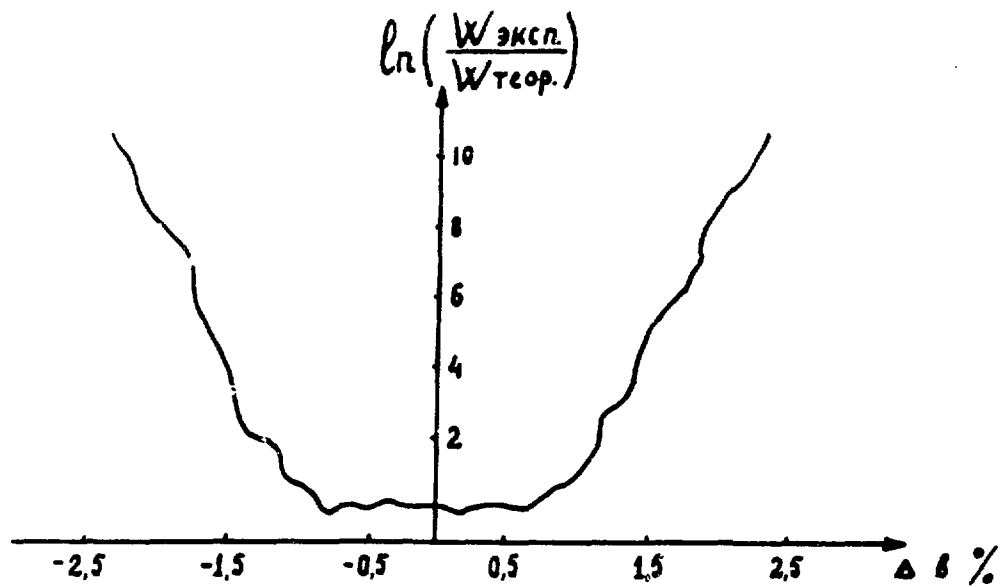


Рис.2 -Изменение отношения $\ln\left(\frac{W_{\text{эксп.}}}{W_{\text{теор.}}}\right)$ в зависимости от Δ .

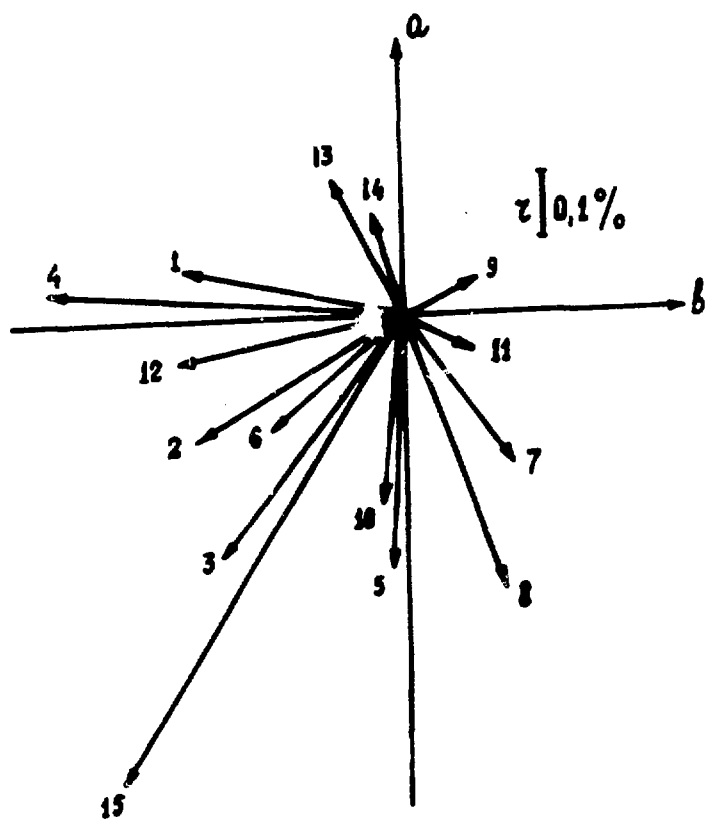


Рис.3 -Пример гармонической диаграммы для солнечно-суточной вариации по отдельным суткам за 1-половину мая м-ца 1973г.

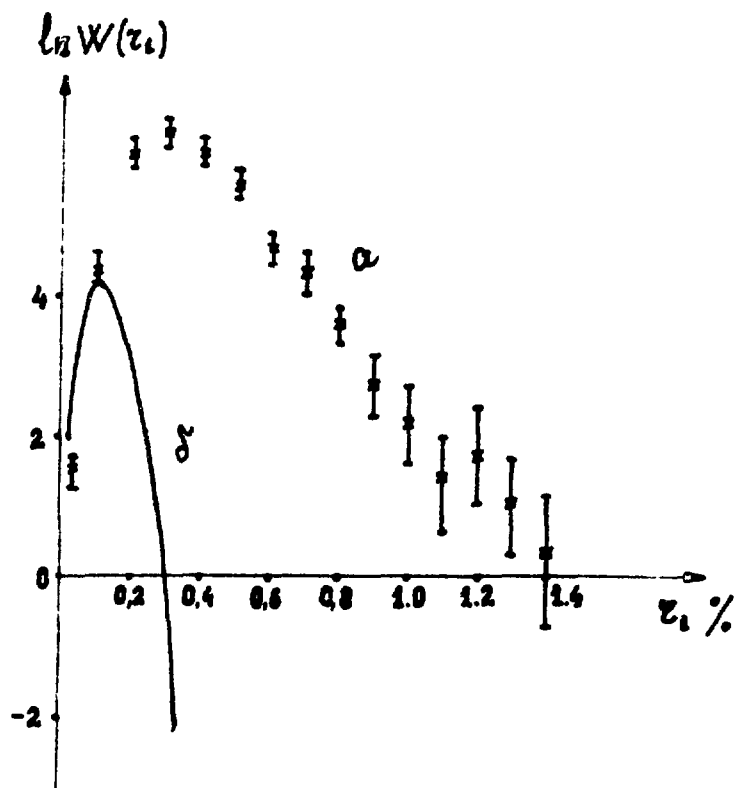


Рис 4

Рис.4 -Частотные распределения амплитуд 1-ой гармоники солнечно суточной вариации:а-экспериментальное распределение, б-теоретически ожидаемое распределение.

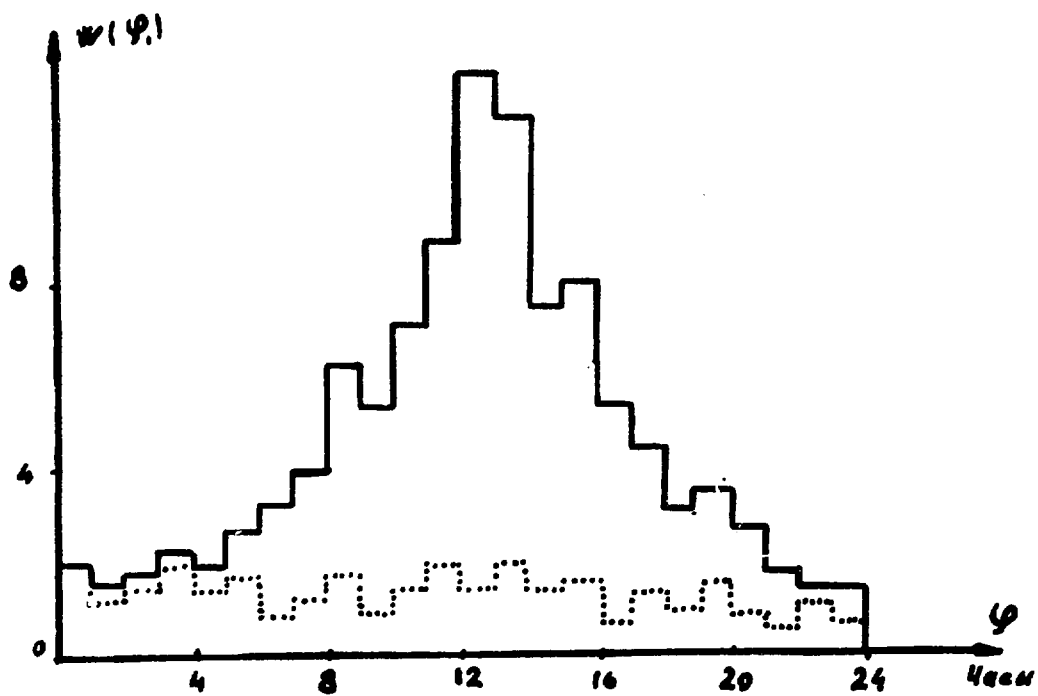


Рис.5 -Частотные распределения фаз 1-ой гармоники су-
точной вариации: для всех ζ - сплошная кривая,
для $\zeta \leq 0,2\%$ - пунктирная кривая.

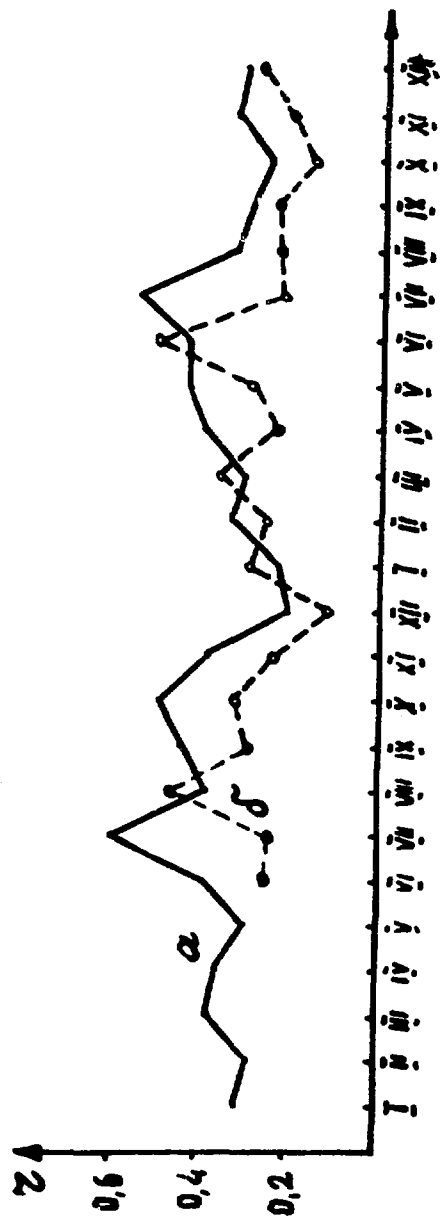


Рис.6 -Изменение среднесуточной амплитуды 1-ой гармоники с. гочной вариации нейтронов:

а) по данным ст.Арагац за 1973-74 г.г.

б) по данным ст.Норикута за 1957 -58 г.г.

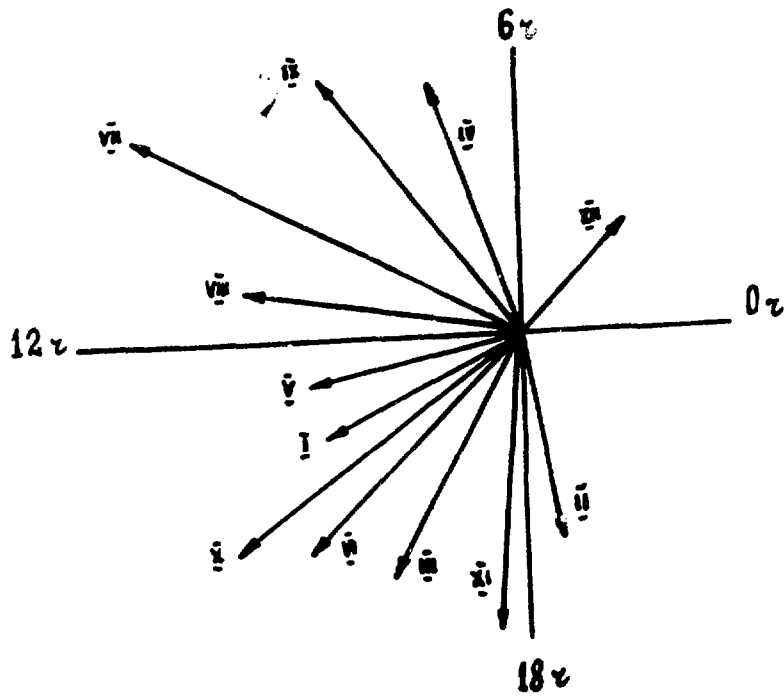


Рис.7 -Гармоническая диаграмма вектора суточной волны ускоренной за месяц. Нумерация векторов соответствует месяцам 1973 г.

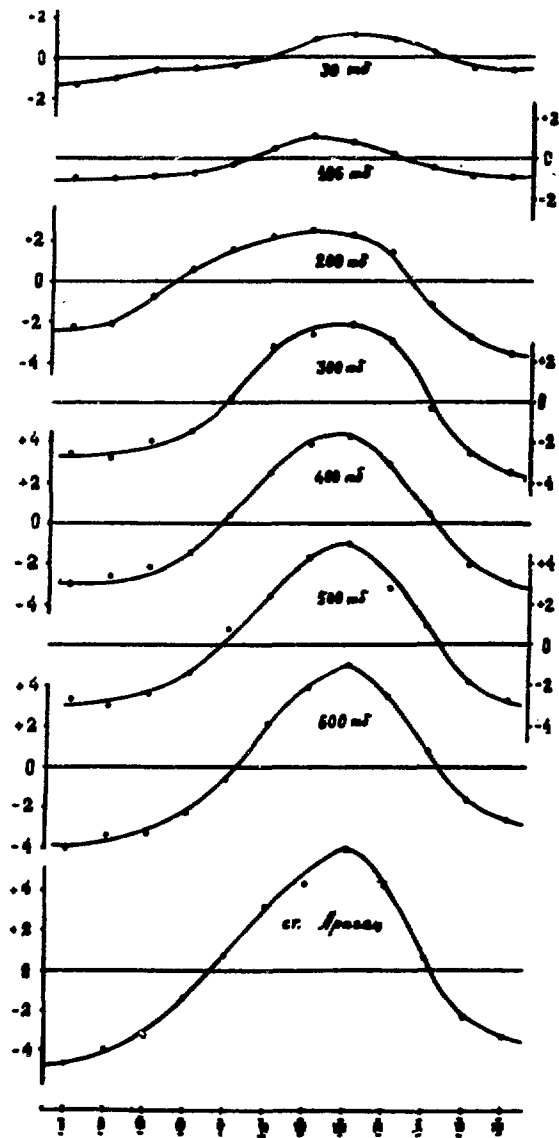


Рис.8 - Среднемесячный ход температуры на различных изобарных уровнях.

Рис.8

ЛИТЕРАТУРА

1. Л.И.Дорман. Вариации космических лучей Гостехиздат, М., 1957.
2. М.В.Алания, Л.Х.Шаташвили. Квазипериодические вариации космических лучей. Тбилиси, 1974.
3. М.Г.Серебренников. Гармонический анализ. Гостехиздат, 1948.
4. Y.Sekido, S.Joshido. Rep.Jon.Res.Japan.4,37,1950.
5. С.К.Акопян, Г.А.Асатрян, Х.П.Бабаян. Препринт ЕФИ-106 (75).
6. R.Kane.Proc.Indian.Acad.Sci. A52,2,69,1960.
7. Л.И.Дорман. Вариации космических лучей и исследование космоса, М., 1963.
8. М.В.Алания. Труды института геофизики АН ГССР Тбилиси, 28,90(1972).

Рукопись поступила 26-го мая 1976 г.



