

ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ  
ПОТОКОВ СОЛНЕЧНЫХ НЕЙТРИНО

Е. А. Гаврюсева, В. Г. Гаврюсев

УДК 539.123

Проведен фурье-анализ данных Р. Дэвиса по потокам солнечных нейтрино. Показано, что спектр возможных вариаций потоков нейтрино неустойчив во времени и может быть объяснен влиянием случайных экспериментальных ошибок.

Потоки высокоэнергичных нейтрино, измеряемые более 10 лет группой Р. Дэвиса, в принципе позволяют судить о внутреннем строении Солнца и о процессах, происходящих в его недрах, например, о нестационарных явлениях с временами приблизительно от 1 года до 10 лет. Поэтому представляется интересным проанализировать экспериментальные данные с целью выявления возможных вариаций нейтринных потоков во времени. В нескольких работах уже указывалось на наличие квазидвухлетних и одиннадцатилетнего периодов в результатах Р. Дэвиса /1-4/.

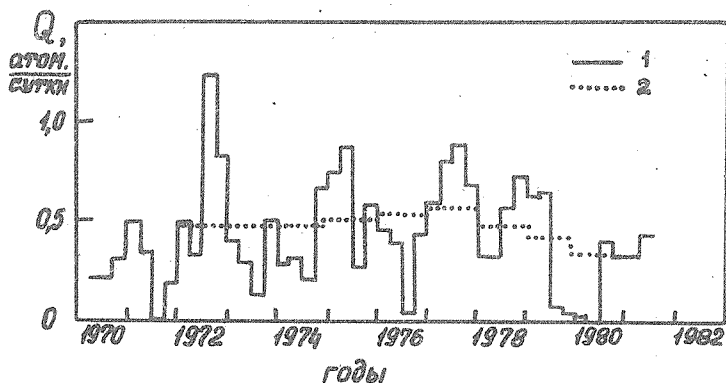
Мы провели усреднение экспериментальных значений скорости образования  $Q$  атомов  $^{37}\text{Ar}$  в хлорной установке под действием высокоэнергичных нейтрино по трем месяцам и трем годам. Сглаживание по трем годам пришлось повторять дважды, чтобы подавить короткопериодную составляющую вариаций  $Q$ . Из сравнения полученных гистограмм, представленных на рис. 1, видно, что амплитуда вариаций с характерными временами 1-2 года гораздо больше, чем 10-летних (если таковые вообще имеются).

Для более детального изучения наличия вариаций в потоках нейтрино был проведен фурье-анализ кривой скорости образования  $^{37}\text{Ar}$  путем разложения  $Q(t)$  в интеграл Фурье:

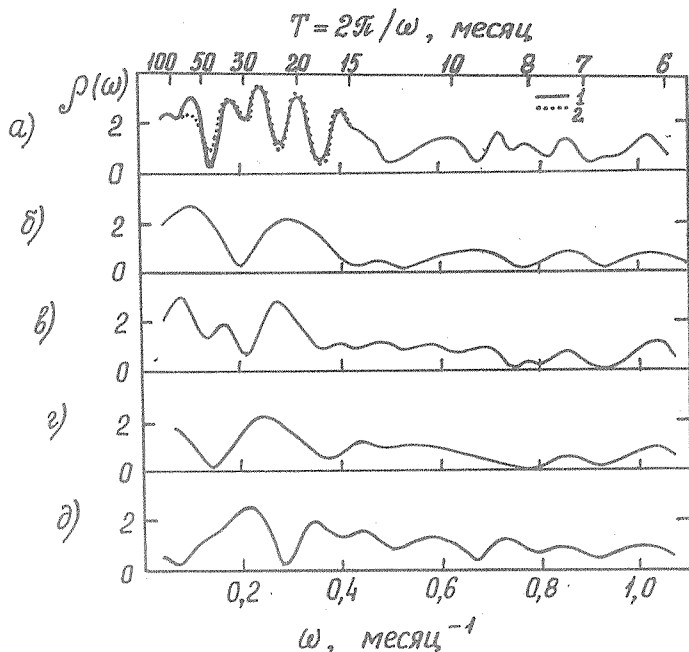
$$Q(t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} d\omega \int_{-\infty}^{\infty} dz Q(z) \cos \omega(z - t) = \int_0^{\infty} d\omega \rho(\omega) \cos(\omega t - \varphi).$$

При этом были выявлены следующие свойства временного спектра кривой  $Q(t)$ . Спектральная плотность  $\rho(\omega)$  кривой  $Q(t)$ , включающей измерения 1970–1981 гг., имеет пять максимумов на частотах 0,4; 0,32; 0,24; 0,18; 0,11 мес.<sup>-1</sup>, соответствующих периодам 15,6; 19,5; 26; 35; 60 месяцев. Из рис. 2а видно, что положения этих максимумов и амплитуда спектральной плотности почти не зависят от способа интерполяции (гистограммного или линейного) между экспериментальными точками.

Расщепление между соседними частотами таково, что позволяет предположить существование несущих частот 0,32 и 0,18 мес.<sup>-1</sup>, модулированных 6,5-летними и 8-летними циклами. Интересно отметить, что 78-месячный период модуляции ровно в 4 раза превышает 19,5-месячный несущий. Имеются сообщения, что в вариациях геомагнитного поля выделяются 78-месячная и 19-месячная гармоники, промодулированные с периодом 11 лет /5/, в изменениях скорости вращения Земли также присутствует 6,5-летний период /6/.



Р и с. 1. Скорость образования атомов  $^{37}\text{Ar}$  под действием солнечных нейтронов в установке Р. Дэвиса, оглаженная трехмесячным интервалом (кривая 1) и дважды сглаженная трехлетним скользящим средним (кривая 2)



Р и с. 2. Спектральная плотность кривой скорости образования  $37_{Ar}$ , соответствующей ряду Р. Дэвиса: а) включающему сеансы № 18-69 с линейной интерполяцией между наименее вероятными за сеанс значениями  $Q$  (кривая 1) и с гистограммной интерполяцией (кривая 2); б) без 20 первых сеансов; в) без 10 первых сеансов; г) без 10 первых и 10 последних сеансов; д) без 20 последних сеансов

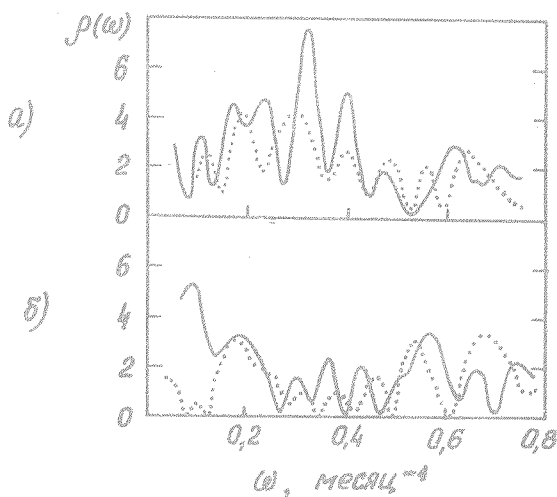
Проведенное нами специальное исследование показало, что период модуляции 78 месяцев не является следствием численной обработки данных Р. Дэвиса, связанным с недостаточной длительностью экспериментального ряда.

Сравнение данных по геомагнитному полю с потоками нейтрино показало, что корреляция между ними неустойчива. Поэтому было проведено изучение влияния длины кривой  $Q(t)$  на ее частотный состав, которое подтвердило предположение о неустойчивости ва-

риаций потоков нейтрино на протяжении 1970-1981 гг. Иллюстрацией этого вывода служит рис. 2, на котором различные кривые соответствуют спектральной плотности исходного ряда Р. Дэвиса, включающего сеансы № 18-69, и укороченных рядов.

Весь описанный выше анализ базировался на наиболее вероятных за сеанс значениях скорости образования  $^{37}\text{Ar}$ . Однако необходимо помнить, что дисперсии измерений потоков нейтрино достаточно велики. Поэтому было важно выяснить, насколько надежно могут быть выявлены вариации нейтринных потоков и могут ли эти вариации обуславливаться ошибками измерений.

В связи с этим интересно мысленно провести эксперимент по регистрации нейтрино на нескольких установках, аналогичных брукгейвенскому детектору Р. Дэвиса. К примеру, каждому сеансу измерений поставить в соответствие число, произвольно выбранное из совокупности случайных чисел, распределенных по нормальному закону (отрицательные числа заменять на ноль). Дисперсию считать равной дисперсии в соответствующем сеансе. В качестве наиболее вероят-



Р и с. 3. Спектры случайных рядов, построенных около: а) наиболее вероятных за сеанс значений скорости образования  $^{37}\text{Ar}$ ; б) средней за все время измерений скорости образования  $^{37}\text{Ar}$

нейшего значения каждого распределения принимать либо наимвероятнейшее экспериментальное соответствующего сеанса, либо среднее по всем измерениям Р. Дэвиса.

Первый способ построения отвечает ситуации проведения эксперимента на установке, аналогичной бруккейвенской, при потоках нейтрино в действительности равных их наимвероятнейшим значениям, зарегистрированным Р. Дэвисом. Спектральная плотность полученного таким образом ряда изображена на рис. 3а. Видно, что разброс в пределах экспериментальной дисперсии не может полностью исказить картину вариаций наимвероятнейших за сеанс значений потоков нейтрино.

Второй способ дает представление о том, какими могли бы быть результаты измерения, если бы потоки нейтрино были строго постоянны, а их регистрируемая величина менялась бы лишь вследствие экспериментальной погрешности. Спектры двух случайных рядов, построенных по этому методу, оказались похожими по своей структуре на спектр наблюдательных данных. Но положение максимумов спектральной плотности имело чисто случайный характер (рис. 3б).

Полученные результаты говорят о том, что имеющиеся большие ошибки измерений могут создавать видимость вариаций потоков нейтрино. Однако, судя по наимвероятнейшим за сеанс значениям  $\Phi$ , нерегулярные во времени вариации, возможно, имеются.

Параллельные измерения скорости образования  $^{37}\text{Ar}$  на установке, аналогичной детектору Р. Дэвиса, или повышение точности измерений, а также удлинение общего времени проведения наблюдений позволяли бы проверить надежность экспериментальных значений потоков солнечных нейтрино и решить вопрос о наличии вариаций в них.

В заключение авторы выражают признательность Р. Дэвису, представившему последние результаты по измерению потоков нейтрино, и искренне благодарят Г. Т. Зецепина за полезные советы и обсуждение данной работы.

Поступила в редакцию  
5 апреля 1983 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. A. Subramanian, *Curr. Sci.*, **48**, 705 (1979).

2. K. Sakurai, Publ. Astron. Soc. Japan, 32, 547 (1980).
3. Г. А. Базилюкская, Ю. И. Стожков, Т. Н. Чарахчян, Письма в ЖЭТФ, 35, 273 (1982).
4. В. Н. Гаврин, Ю. С. Копысов, Н. Т. Макеев, Письма в ЖЭТФ, 35, 491 (1982).
5. Ю. Р. Ривин, Т. И. Зверева, Тезисы докладов II Всесоюзного съезда "Постоянное геомагнитное поле, магнетизм горных пород и палеомагнетизм", Тбилиси, 1981 г., ч. I, с. 19.
6. D. Djurovic, Astron. Astrophis., 100, 156 (1981).