

УДК 525.235

Вариации интенсивности солнечных нейтрино как проблема физической химии. Эксперименты с галлий-германием GALLEX-SAGE

Б.М. Владимирский, А.В. Брунс

Крымская Астрофизическая Обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 24 апреля 2003 г.

Аннотация. Накопленные к настоящему времени данные измерений в галлий-германиевых экспериментах GALLEX (1991 – 97 гг., 65 экспозиций) и SAGE (1989 – 2000 гг. 80 экспозиций) сопоставлены с индексами солнечной активности и магнитной возмущенности для последних 7 суток каждой экспозиции. Обнаружено, что результаты измерений чувствительны к знаку межпланетного магнитного поля. Данные GALLEX антикоррелируют с индексом магнитной активности. Все корреляции для эксперимента GALLEX похожи на соответствующие корреляции хлор-аргоновых измерений, данные SAGE обнаруживают противоположные тенденции. Найдено, что для синхронно заканчивающихся экспозиций интенсивность установок Брукхевен – GALLEX коррелируют, а установок GALLEX-SAGE – антикоррелируют. Делается заключение, что все вариации интенсивности в радиохимических измерениях являются фиктивными. Они, вероятно, обусловлены изменениями эффективностей регистрации из-за влияния на вещество мишени электромагнитных полей крайне низких частот, контролируемых солнечной активностью. Радиохимические измерения, видимо, дают заниженное значение интенсивности нейтрино (в случае хлор-аргоновых измерений на множитель 1.7).

VARIATIONS OF INTENSITY OF SOLAR NEUTRINO AS A PROBLEM OF PHYSICAL CHEMISTRY. EXPERIMENTS GALLEX AND SAGE, by *B.M. Vladimirovsky and A.V. Bruns*. The results of the measurements in Gallium-Germanium experiments GALLEX and SAGE accumulated up to now (correspondingly 65 and 80 runs) were analyzed along with the indexes of solar and magnetic activity for last seven days of the exposition. It was found that the data are sensitive to the sign of interplanetary magnetic field for both installations. There is anticorrelation between GALLEX results and Ap-index. These variations of GALLEX experiment are similar to corresponding changes for Brookhaven's measurements, the SAGE data demonstrate opposite tendencies. So there is correlation between Brookhaven – GALLEX synchronous finishing runs and vice versa for those of GALLEX-SAGE. The conclusion is made that all variations of the neutrino intensity are fictitious for radiochemical measurements. These variations are caused probably by the changes of effectiveness of registration via influence upon the target's substance of extremely low frequency electromagnetic fields controlled by solar activity's variations. All radiochemical measurements give the intensity values below than real, up to 1.7 for chlor – argon method.

Ключевые слова: Вариации интенсивности солнечных нейтрино; солнечно-земные связи

1 Введение

В предыдущей публикации (Владимирский, Брунс, 2001) были представлены аргументы и соображения, показывающие, что вариации интенсивности солнечных нейтрино в хлор-аргоновом эксперименте (измерения 1970 – 94 гг.) являются фиктивными и представляют собой изменения эффективности регистрации Брукхвенской установки. Было обнаружено, что все известные из литературы свойства упомянутых вариаций интенсивности воспроизводятся, если соответствующие гелиофизические индексы берутся только для заключительных этапов экспозиции, когда продукт реакции с нейтрино (изотоп Ar^{37}) уже накоплен в веществе мишени. В частности, найдено, что интенсивность существенно (множитель 1.6) отличается для противоположных полярностей межпланетного магнитного поля (ММП), измеряемого для последних 20% длительности экспозиции. Этот эффект дополнительно акцентируется (интенсивности отличаются втрое $= 2 \cdot 10^{-3}$), когда рассматриваются только короткие (менее 50^d) экспозиции. Влияние знака ММП полностью исчезает, если используются не последние, а начальные этапы экспозиции.

Перечисленные закономерности можно понять, если предположить, что переменные геофизические поля, контролируемые солнечной активностью, влияют на состояние жидкости мишени (перхлорэтилена) таким образом, что изменяется вероятность связывания продукта реакции с нейтрино (“горячего” иона Ar^{37}) с веществом. Тогда в некоторые экспозиции (когда вероятность обратимого связывания Ar^{37} возрастает) не все продукты реакции поступают в счетную систему. Вероятно, наиболее важным физическим агентом, вызывающим в жидкости упомянутые изменения, являются электромагнитные поля крайне низкой частоты, в основном магнитосферной природы (частоты ниже 10 Гц). Такие поля с малым затуханием проникают в подземные лаборатории, где могут присутствовать также низкочастотные поля литосферного происхождения. Параметры всех этих полей сильно зависят от солнечной активности, магнитной возмущенности, существенно меняются при смене полярности ММП. В настоящее время установлено, что на некоторых частотах магнитные поля с индукцией порядка десятков нТ могут влиять на водные растворы, изменяя их макроскопические параметры (при этом время их действия должно составлять часы). Все эти данные и идеи первоначально были заимствованы из биофизики, где было достоверно установлено, что фоновые электромагнитные поля низких-сверхнизких частот влияют на биологические системы (подробный обзор исследований в указанной области см. Владимирский, Темурьянц, 2000). Изложенные выше данные по хлор-аргоновому эксперименту, полученные для ограниченной статистики, нуждаются, конечно, в подтверждении. Одним из вариантов проверки может быть анализ галлий-германиевых экспериментов. В этих измерениях также обнаружены вариации интенсивностей нейтрино, которые можно истолковать как воздействие солнечной активности на эффективность регистрации: найдена тенденция к около 28-дневной повторяемости потока (Стэррок и др., 1999), причем найденный период – в соответствии с гелиосейсмологическими данными – совпадает со скоростью углового вращения поверхностных, солнечных структур (Стэррок, Вебер, 2002). Частотное распределение результатов галлий-германиевых измерений обнаруживает странный бимодальный характер (Стэррок, Скаргл, 2001). Именно такое распределение можно было ожидать, если бы получаемые данные оказались бы модулированными секторной структурой ММП или геомагнитной возмущенностью. Технология извлечения продуктов реакций галлия с нейтрино в эксперименте GALLX в значительной мере повторяет процедуру, применяемую в хлор-аргоновых измерениях. Поэтому в этих двух экспериментах можно было бы ожидать наличия однотипных закономерностей. Результаты поиска таких закономерностей составляют предмет данного сообщения.

2 Исходный материал, применяемая методика

Для эксперимента GALLEX материалом для анализа послужили данные, опубликованные в (GALLEX Collaboration, 1993 94 – 96,99). Они приходятся на 22-й цикл активности и содержат 65 экспозиций 1991 – 97 гг. Для сопоставления с магнитной активностью использовались также данные 19-ти экспозиций (1998 – 99 гг.) – продолжение этого эксперимента (GNO). Данные SAGE были предоставлены авторами эксперимента (1989 – 2000 гг., 22-й и 23-й циклы, 80 экспозиций). Геофизические

данные брались из бюллетеня Solar-Geophysical Data. Методика анализа была аналогичной применяемой в предыдущем сообщении. Для заключительных 7 суток экспозиции (отсчитывались от дня окончания экспозиции назад) подсчитывались средние значения относительного числа солнечных пятен, индекса магнитной активности A_p и полярности ММП. Далее, экспозиции с данными значениями перечисленных индексов можно было классифицировать в зависимости от их значений (знак ММП, величина A_p – индекса и т.д.).

Поскольку оценка полярности ММП для использования семидневного интервала может содержать существенную ошибку из-за неверного определения знака поля какого-либо одного дня в каталоге ИЗМИРАН, данные проверялись по независимым прямым измерениям системы данных OMNI. Пропуски в этих данных заполнялись интерполяцией. Знак ММП считался определенным надежно только тогда, когда он совпадал в обоих каталогах. Для интервала измерений GALLEX знак ММП оказался определенным не вполне надежно для 25% экспозиций, для измерений SAGE – 10%. Данные каталогов, как правило, расходились в дни геомагнитных возмущений. Хотя на первый взгляд статистика экспозиций галлий-германиевых экспериментов сопоставима с таковой хлор-аргоновых измерений, анализ данных GALLEX-SAGE встречается с дополнительными трудностями. На весну 1996 года приходится переход от 22-го (четного) цикла солнечной активности к нечетному 23-му, так что эти измерения не перекрывают полностью цикла одного типа. Возможные вариации по упомянутым двум каналам солнечно-земных связей происходят в значительной мере независимо. Поэтому для того, чтобы обнаружить связь интенсивности нейтрино с данным космофизическим показателем, необходимо рассматривать только те данные, которые получены при неизменных значениях другого показателя. Последовательно реализовать такой подход при накопленном объеме данных невозможно.

3 Зависимость интенсивности нейтрино от гелио-геофизических индексов в конце экспозиции

Можно напомнить, что наиболее интересной и статистически значимой результат хлор-аргонового эксперимента – зависимость величины потока нейтрино от знака ММП и продолжительности экспозиции. Для коротких экспозиций в дни положительной полярности ММП величина потока примерно втрое выше. Из рис. 1 (верхний график) видно, что этот эффект полностью воспроизводится в эксперименте GALLEX. В измерениях SAGE эта закономерность – если реально присутствует – имеет другой знак (нижняя часть рис. 1). Соответствующий цифровой материал сведен в Табл. 1 (приведенный разброс среднеквадратичные отклонения; в крайней правой колонке – вероятность получить приведенные различия средних случайно согласно критерию Манна-Уиттн).

В среднем интенсивность несколько выше для коротких экспозиций в обоих рассматриваемых экспериментах (как в хлор-аргоновых экспериментах, примерно 20%). Более существенно, что для коротких экспозиций характерно значительное (в 1.7 раза) увеличение дисперсии. Это можно рассматривать как указание на более высокую чувствительность измерений к влиянию неконтролируемого фактора именно для коротких экспозиций. На рис. 2 показана диаграмма рассеяния в координатах “ $A_p(7^d)$ – интенсивность” в измерениях GALLEX. Имеет место слабая тенденция к антикорреляции (-0.22 ± 0.09), наблюдаемая, отдельно и для 19-ти экспозиций GNO. Она более ясно выражена для коротких экспозиций и определенно отсутствует для данных SAGE. Это можно видеть из Таблицы 2, где представлены значения средних с их среднеквадратичными отклонениями при разбиении всего массива данных на группы для “спокойных” и “возмущенных” условий. Условие граница соответствует $A_p(7^d)=12.5$.

Значения A_p -индекса выше 25 с высокой степенью вероятности соответствуют попаданию в применяемый 7-дневный интервал магнитной бури с внезапным началом. Это – совершенно особый тип глобального электромагнитного возмущения. Такие события следует рассматривать отдельно. Соответствующие данные суммированы в Таблице 3.

Для облегчения сравнения между различными экспериментами в правой колонке Таблицы 3 представлены данные, нормированные на соответствующие средние. Как видно, во всех случаях

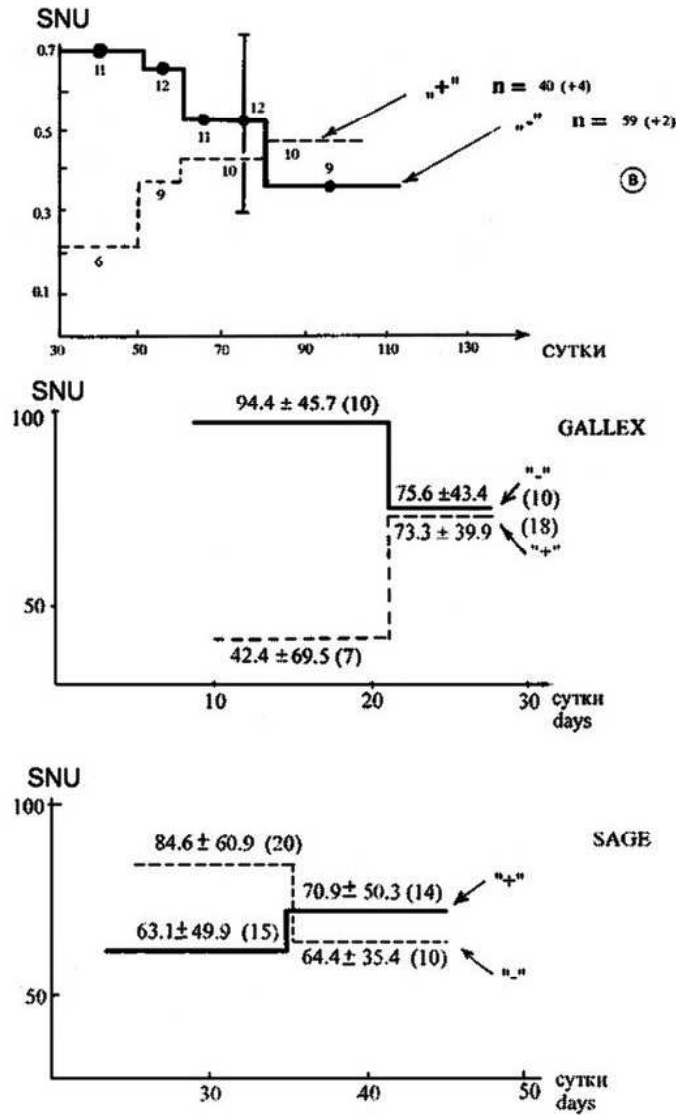


Рис. 1. Поток нейтрино (SNU) для данного интервала длины экспозиции для разных знаков ММП в последние 7 суток экспозиции. Штриховая линия – знак “плюс”, сплошная – знак “минус”. Цифры – соответствующие средние с их стандартными отклонениями в скобках – число экспозиций. Сверху вниз: 1) эксперимент Брукхевен (диаграмма из предыдущего сообщения); 2) эксперимент GALLEX; 3) эксперимент SAGE

Таблица 1.

Измерения	Экспозиция	+ММП	n	-ММП	n	P(U*)
GALLEX	$\lesssim 21^d$	69.5 ± 42.4	7	94.4 ± 45.7	10	0.13
	$\cong 28^d$	39.9 ± 73.3	18	75.6 ± 43.4	10	-
SAGE	$\cong 35^d$	60.9 ± 44.6	20	63.1 ± 49.9	15	0.24
	$\cong 45^d$	35.4 ± 64.4	10	70.9 ± 50.3	14	-

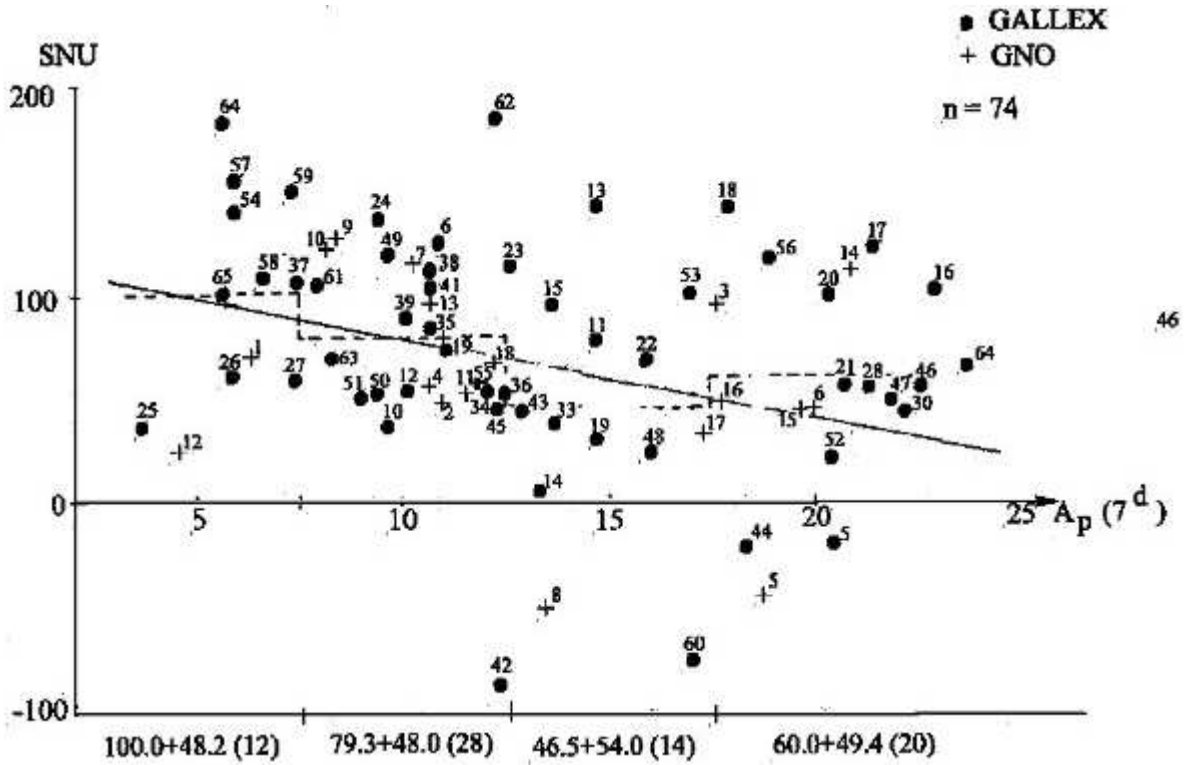


Рис. 2. Диаграмма рассеяния результатов измерений GALLEX (кружки) и GNO (кресты) в координатах "интенсивность (SNU) – A_p индекс в последние 7 суток экспозиции". Цифры около точек – номера экспозиции. Штриховой гистограмме отвечают значения средней нижней строки рисунка; ошибки – стандартные отклонения, в скобках – число экспозиций в данном интервале. Коэффициент корреляции $r = 0.22 \pm 0.09$

Таблица 2.

Измерения	Экспозиция	Все данные	Условия		(PU*)
			Спокойные $A_p < 12.5$	Возмущенные $A_p \geq 12.5$	
GALLEX	$\lesssim 21^d$	82.5 ± 75.5 n=28	86.1 ± 62.0 n=13	41.4 ± 75.6 n=7	0.18
	$\cong 28^d$	74.6 ± 44.9 n=37	89.1 ± 46.7 n=16	67.1 ± 38.6 n=19	0.20
SAGE	$\cong 35$	86.1 ± 75.4 n=51	73.1 ± 55.8 n=30	85.3 ± 74.6 n=15	–
	$\cong 45^d$	70.4 ± 43.3 n=29	72.4 ± 43.4 n=17	62.1 ± 40.2 n=11	–

Таблица 3.

Эксперимент	n	Интенсивность SNU	Нормированные значения
Букхевен	18	3.09 ± 1.49	1.19 ± 0.58
GALLEX	10	95.9 ± 79.1	1.30 ± 1.08
SAGE	7	136.6 ± 115.7	1.77 ± 1.50

наблюдается однотипный эффект (средние значения $Ar(7^d)$ во всех случаях превышает 30.0). Если выявленные закономерности случайны, то имеет смысл еще раз вернуться к Таблице 1, чтобы проверить чувствительность измерений к смене знака ММП для наиболее «благоприятных» условий – коротких экспозиций и фиксированного уровня геомагнитной активности. Число соответствующих экспозиций, конечно, уменьшается результат виден из Таблицы 4.

Таблица 4.

Эксперимент	Спокойные условия $Ar < 12.5$		Возмущения $Ar > 12.5$		U(P*)
	ММП+	ММП-	ММП+	ММП-	
GALLEX	73.6±20.5 n=3	103.1±40.0 n=7	17.0±81.5 n=4	74.0±51.3n=3	0.19
SAGE	79.6±61.9 n=14	48.8±23.1 n=9	96.2±56.8 n=6	84.7±68.1 n=6	0.23

Можно отметить, что тенденции вариаций в анализируемых экспериментах прямо противоположны: в измерениях GALLEX интенсивность повышена, когда в конце экспозиции доминирует отрицательная полярность ММП, в измерениях SAGE – положительная. С повышением геомагнитной возмущенности на установке GALLEX интенсивность падает, на установке SAGE – возрастает (последняя, правая колонка Таблицы – значимость различий средних для разного знака в спокойных условиях). Наконец, отобрав экспозиции, окончание которых пришлось на геомагнитные-спокойные условия $Ar < 12.5$, можно попытаться обнаружить возможное влияние на результаты изменений вариаций чисел Вольфа. Полученная картина ясна из Таблицы 5. Условная граница между “высоким” и “низким” уровнями солнечной активности принята для $R = 60.0$ (число Вольфа). Как следует из данных, полученных для хлор-аргоновых измерений, четные и нечетные циклы активности следует рассматривать отдельно.

Таблица 5.

Эксперимент, цикл	Солнечная активность		P(U*)	
	Низкая $R < 60$	Высокая $R > 60$		
GALLEX, 22-й четный	62.4±50.1 n=14	82.6±40.95n=10	0.16	
GNO 23-й нечетный	58.8±40.3 n=11	74.9±28.7 n=10	0.16	
SAGE	22-й четный	77.4±45.8 n=13	60.8±73.4 n=10	0.29
	23-й нечетный	61.1±36.6 n=12	84.6±41.7 n=14	0.01

Различия, как видно из рассмотрения Таблицы 5, имеют маргинальную значимость, но получается связанная картина: GALLEX-GNO обнаруживают корреляцию для (четного 22-го) солнечного цикла и антикорреляцию для нечетного (23-го) цикла. Это полностью соответствует данным, полученным для Брукхевенских измерений. Вариации для изменений SAGE противоположны – антикорреляции для четного цикла, корреляция для нечетного. Из приведенных данных следует, что результаты измерений GALLEX и SAGE, как будто, ведут себя противоположным образом для всех рассмотренных космофизических показателей: для знака ММП (Таблица 1), для индексов магнитной активности Ar (Таблица 4), для чисел Вольфа (Таблица 5). Если перечисленные тенденции реальны, данные этих установок, должны, вообще говоря, антикоррелировать, а для установки Брукховвен – GALLEX – напротив, коррелировать.

4 Сравнение данных разных установок

Для проверки такого предсказания необходимо выбрать из соответствующих массивов измерений экспозиции, которые заканчивались бы одновременно, или с некоторым небольшим рассогласованием. Для величины такого рассогласования в случае галлий-германиевых измерений было выбрано рассогласование $|\Delta| \geq 5$ суток, для установок Брукхевен – GALLEX – $|\Delta| \leq 10$ суток. В первом случае для 12 синхронных экспозиций реально оказалось $|\Delta| = 3.2 \pm 1.6$ суток, для второго – (12 случаев) $|\Delta| = 4.5 \pm 3.1$ суток. Далее, из составленных таким образом каталогов можно выбрать значение интенсивности, меньшие (большие) средних для всего массива данных и подсчитать среднее синхронных экспозиций для другой установки. Цифровые данные, представлены в таблице 6 и 7 (в последнем случае данные нормированы на средние).

Таблица 6.

GALLEX+GNO исходная выборка $<M=78$	SAGE среднее синхронных экспозиций	$P(U^*)$
$N=6; 33.5 \pm 27.5$	$n=6; 143.3 \pm 137.7$	$5 \cdot 10^{-2}$
SAGE выборка $< M=77.0$	GALLEX + GNO, среднее синхронных экспозиций	
$n=7; 43.3 \pm 19.1$	$n=7; 81.9 \pm 32.2$	$3 \cdot 10^{-2}$

Таблица 7.

GALLEX	Брукхевен
Исходная выборка $> M=78.0$	Среднее синхронных экспозиций
$n=7 7.6 \pm 0.84$	1.76 ± 0.46
Брукхевен	GALLEX
Исходная выбока $> M=0.478$	Среднее синхронных экспозиций
$n=9 1.40 \pm 0.29$	1.37 ± 0.96

Большая дисперсия в первой строчке справа Таблицы 6 обусловлена присутствием двух экстремально больших значений. Если их не рассматривать, неравенство остается в силе. Еще один вариант проверки наличия антикорреляции данных GALLEX-SAGE – поиск синхронных экспозиций для экстремальных значений интенсивности на какой-нибудь установке. Соответствующий просмотр показал, что экстремально большим значениям на установке SAGE (более 150 SNU) удастся отыскать “двойников” в данных GALLEX+GNO 7, если ослабить требования к синхронности $|\Delta| \leq 10^d$. Результат сопоставления по методу наложения эпох показан на рисунке 3. Как видно, аномально высоким значениям SAGE соответствуют экстремально низкие значения GALLEX-GNO. Среднее значение рассогласования экспозиций составляет для этой выборки $|\Delta| = 6.7 \pm 2.7$ суток, значимость различий средних $P(U^*) < 10^{-3}$.

К сожалению, число соответствующих синхронных экспозиций для аномальных значений другого знака слишком мало. Сказанное выше позволяет предположить, что годовая вариация интенсивности нейтрино должна обнаруживать определенное сходство в измерениях GALLEX – Брукхевен. Напротив, годовой ход GALLEX-SAGE должен быть различен. Действительно, если построить годовой ход для четного солнечного цикла, то для данных эксперимента GALLEX наблюдаются характерные минимумы в апреле и ноябре, известные давно для хлор-аргоновых измерений. Данные SAGE не содержат указанных деталей и даже обнаруживают тенденцию к антикорреляции с

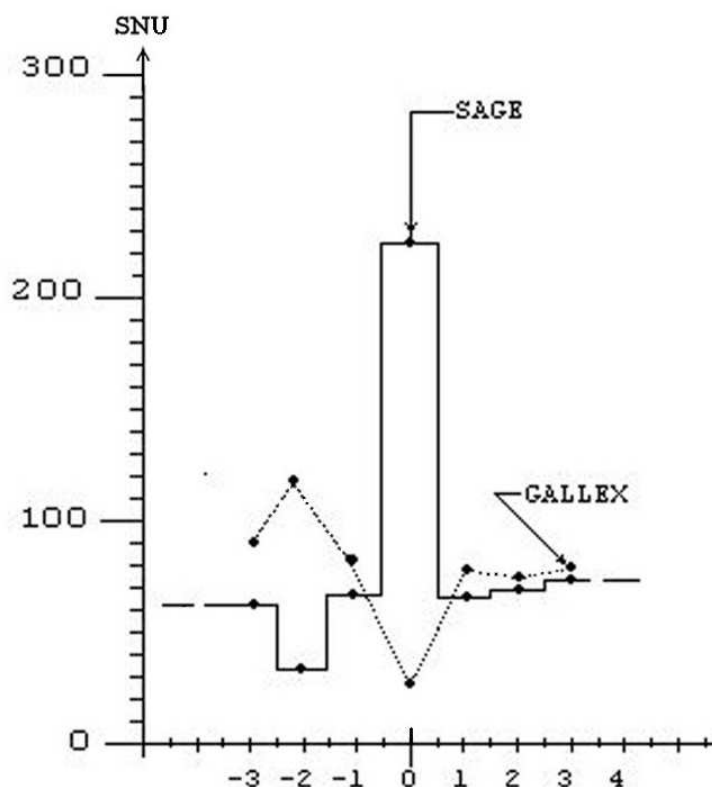


Рис. 3. По вертикальной оси – интенсивность (SNU), по горизонтальной – выборки экспозиций SAGE и GALLEX. Интервал “нуль” – синхронные экспозиции (расхождение их окончания – не более 10 суток). Исходная выборка SAGE – экстремально большие значения > 150 SNU. Левее, правее – соответствующие экспозиции, прилегающие к синхронным, предшествующие, – плюс последующие

упомянутым профилем (уместно напомнить, что годовой ход в данном случае строился для даты окончания экспозиций).

5 Обсуждение

Итак, если кратко суммировать самое основное, что изложено выше и в предыдущем сообщении, то измеренная интенсивность солнечных нейтрино во всех трех радиохимических экспериментах зависит от гелиофизических индексов, относящихся к самому последнему интервалу экспозиции. В хлор-аргоновых измерениях при этом воспроизводятся все основные результаты, известные ранее, с тем существенным уточнением, что антикорреляция потока нейтрино с числами Вольфа имеет место только для нечетного цикла солнечной активности, а наибольшее влияние на зафиксированный поток оказывает знак ММП. Это влияние для более коротких экспозиций обнаруживается и для галлий-германиевых измерений. Для всех трех установок обнаружен однотипный эффект магнитных бурь, выражающийся в резком увеличении среднего разброса результатов. По ряду признаков вариации на установке Брукхевен-GALLEX – однотипны, а на установке SAGE – противоположны. Для экспозиций, заканчивающихся одновременно с точностью несколько суток, результаты измерений GALLEX-SAGE, похоже, антикоррелируют, а для установок Брукхевен-GALLEX – напротив, коррелируют.

Во многих случаях статистические значимости полученных выше результатов невысоки. Поэтому для оценки реальности рассматриваемых закономерностей, выявляемых на фоне больших

флуктуаций, важно, что они образуют некоторую самосогласованную картину. Можно обратить внимание, в частности, на то, что зависимости потока нейтрино от знака ММП, индексов R и Ap с непреложной необходимостью приводят к появлению уже обнаруженной ранее около 27-дневной периодичности. Эти же зависимости позволяют качественно понять бимодальный характер распределения результатов: два “состояния”, обнаруженные в цитированной работе, соответствуют, возможно, двум знакам ММП и соответствующим квазипериодическим изменениям Ap индекса. Некоторые периоды, найденные в вариациях потока нейтрино, совпадают с периодами, обнаруженными в вариациях параметров ММП (1.3 года, около 3-х лет, около 4.5 лет). Наиболее интересным из них является годовой период. Как уже отмечалось, для установок Брукхевен и GALLEX профиль годовых вариаций для четного солнечного цикла имеет общие характерные черты. Интересно, что в различных видах прецизионных измерений, где годовой период неизвестного происхождения также обнаруживается – уход частоты атомных стандартов, поиск “темной” материи и др. – экстремальные точки располагаются аналогичным образом. Наконец, можно заметить, что просмотр результатов калибровочных измерений GALLEX с применением изотопа (Ct^{51} , 7 экспозиций, июнь-июль 1994 [GALLEX Collaboration, 1995]) – позволяет понять, почему эта процедура также не снимает полностью вопрос о вариациях потока; упомянутые экспозиции проводились, понятно, при различных значениях применявшихся здесь космофизических показателях. Какое значение восстановленной активности источника следует взять – при малой геомагнитной возмущенности (60.7 ± 3.9 ед.) или при повышенной (72.2 ± 2.1 ед.)?

Разумеется, далеко не все эмпирические данные, изложенные в предыдущем сообщении и выше, понятны. Даже в тех случаях, когда для данного эффекта удается отыскать простое истолкование, оно чаще всего остается неоднозначным, либо не может быть проведено исчерпывающим образом. Не удалось отыскать какой-либо идеи, позволяющей понять, почему для всех трех экспериментов измеренная величина потока в среднем выше для более коротких экспозиций. Различие четных и нечетных циклов по самым разным признакам – общеизвестно, но каковы эти различия конкретно по параметрам действующих электромагнитных полей – неясно. Антикореляция ионосферного индекса с величиной потока нейтрино, в принципе, могла быть важным аргументом в пользу представленной здесь гипотезы о воздействии сверх низкочастотных эмиссий на вещество мишени. Однако нельзя считать доказанным, что антикорреляция ионосферного показателя с величиной потока для нечетного цикла является причинной. Возможно, что связь возникает просто из-за корреляции I и R.

Напротив, влияние знака радиальной составляющей ММП на результат измерений в данном случае можно трактовать однозначно. Давно известно, что в секторах ММП разного знака все параметры геомагнитных микропульсаций и ОНЧ – очень низкочастотных излучений существенно изменяются. Надежно установлено, что некоторые физико-химические системы реагируют на смену знака сектора ММП (в частности, это было установлено для тестовой реакции, обнаруживающей 11-летний цикл солнечной активности, см. Удальцова и др. 1987). Понятно, что эта зависимость должна менять знак со сменой полярности общего магнитного поля Солнца (хотя динамика подобных явлений изучена мало). Следует подчеркнуть, что изменение знака ММП и сопряженное с этим изменение режима возбуждения геомагнитных микропульсаций и магнитосферных эмиссий килогерцового диапазона – эффект геофизический. Поэтому большие изменения интенсивности при разных знаках ММП в конце экспозиции – решительный довод в пользу того, что в радиохимических экспериментах имеют место фиктивные вариации, не обусловленные реальными изменениями потока нейтрино.

Рассматриваемая модель вариаций предполагает, что действие на физико-химическую кинетику по обоим каналам (через коротковолновое излучение Солнца – ионосферу и через солнечный ветер – магнитосферу) всегда только уменьшает измеряемый поток – в разные эпохи и на разных установках – по-разному. Поэтому измеряемые потоки должны быть ниже реальных. Простейшую оценку реального значения зафиксированного потока можно сделать полагая, что все рассмотренные корреляции реальны. В случае хлор-аргонового детектора – эта корреляция (антикорреляция) с числами Вольфа, критическими частотами ионосферы и Ap – индексом. Рассматривая распределение этих индексов, можно получить следующие граничные их значения для различия высокого

(низкого) уровней активности: R больше (меньше) 90; I больше (меньше) 220; Ar больше(меньше) 12.5. Выбирая интервалы «стимулирующих» величину потока полярности ММП и, требуя выполнения одновременно выписанных выше неравенств, получим (в ед. ат. Ar^{37} в сутки)

для нечетного цикла $Q(\text{max}) = 0.726 \pm 0.338$ (n=0) $Q(\text{min}) = 0.431 \pm 0.313$ (n=35)
 для четного цикла $Q(\text{max}) = 0.690 \pm 0.226$ (n=17) $Q(\text{min}) = 0.400 \pm 0.267$ (n=47)
 для всего массива $Q(\text{max}) = 0.702 \pm 0.293$ (n=26) $Q(\text{min}) = 0.413 \pm 0.228$ (n=82)
 (все ошибки – стандартные отклонения)

Наконец, если учесть акцентированное влияние ММП и исключить из списка $Q(\text{max})$ длительные экспозиции ($\Delta > 70$ суток), можно получить крайнее значение $Q(\text{max}) = 0.768 \pm 0.289$ (n=17); в ед. SNU 4.5 ± 1.5). Очевидно, если принять в качестве реального значения эту величину потока, проблема его дефицита делается менее острой. К сожалению, подобная оценка для данных эксперимента GALLEX и SAGE из-за малой статистики невозможна. Следует, однако напомнить о результате рассмотрения распределения данных (гистограммы) в галлий-германиевых измерениях. (Стеррок, Скаргл, 2001) Возможно, что два «состояния», обнаруженные в этой работе, соответствуют двум знакам ММП, причем более высокое «состояние» приближается к теоретическому значению потока.

Никак не касаясь здесь сложного о вопроса о влиянии слабых электромагнитных полей на физико-химическую кинетику растворов (где важнейшие события разворачиваются на мезоуровне – «втягивания» ионов или атомов в нанотрубки), перечислим коротко возможные варианты проверки изложенных выше представлений. Большинство из них просты и вполне реализуемы.

1. Было бы весьма полезно провести цикл прямых измерений вариаций электромагнитных полей низких и сверхнизких частот близ установки, включая частоты фундаментальной моды шумановского и ионосферного резонанса и геомагнитных микропульсаций типа Pс 3.
2. Представляется интересным провести цикл измерений на всех радиохимических установках (например, в течение года) таким образом, чтобы экспозиции на них заканчивались одновременно.
3. Целесообразно измерять в районе расположения установки эффективность регистрации подходящего радиоактивного эталона с помощью стандартных измерительных устройств, желательнее одновременно по нескольким каналам (сцинтилляторы, счетчики Гейгера, полупроводниковые детекторы). Вполне вероятно, что измерения скорости счета и в этом случае могли бы коррелировать (антикоррелировать) с зарегистрированными вариациями потока нейтрино.
4. Кажется интересным и важным наладить автоматизированный мониторинг параметров жидкости мишени (перхлорэтилен, например) в стабильных лабораторных условиях. Различные параметры жидкости, которые можно было бы систематически измерять – такие как электрическая проводимость, тангенс диэлектрических потерь, коэффициент теплопроводности и т.п., связаны. Поэтому, если в веществе мишени под влиянием внешних условий происходит фазовый переход жидкость-жидкость, влияющий на эффективность извлечения Ar^{37} (Ge^{71}), его можно будет зафиксировать. Такой мониторинг интересен по многим причинам и было бы целесообразно проводить его синхронно в нескольких точках на кооперативной основе (НИИ Кр.АО, Институт Биофизики РАН (Пуццино), Институт химической физики РАН (Москва)).

С точки зрения излагаемых здесь гипотетических представлений слабые вариации потока нейтрино могут быть обнаружены также на водночеренковских детекторах. Воздействие солнечной активности – геомагнитной возмущенности на физико-химические явления носит универсальный характер (Владимирский, Темуриянц, 2000). На упомянутых установках воздействие на скорость счета нейтрино возможно через изменение коэффициента преломления воды (интенсивность черенковского света зависит от этого параметра квадратично) и вариации квантового выхода катодов ФЭУ (Брунс и др. 1999). Думается, наиболее легко можно было бы обнаружить околонеделный и около 27-дневный периоды в эпохи высоких значений гелиошироты Земли. Такие вариации можно было бы обнаружить и подробно исследовать в лабораторных условиях – путем измерений на водночеренковских детекторах бета активности подходящего радиоактивного эталона.

6 Заключение

Проведенный анализ позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Поток нейтрино во всех радиохимических экспериментах зависит от гелиогеофизической ситуации, сложившейся к самому концу экспозиции, когда продукт реакции с нейтрино уже накоплен.
2. Эта зависимость имеет место для ионосферных и магнитосферных индексов, таких как критические частоты ионосферы, знак радиальной составляющей межпланетного поля, т.е. индексов геофизических.
3. Зависимость потока нейтрино от космофизических индексов в основном или полностью обусловлена вариациями эффективности регистрации. Они возникают, вероятно, в связи с воздействием на вещество мишени фоновых электромагнитных полей крайне низких частот, контролируемых солнечной активностью.
4. Предлагаемая модель вариации может только уменьшить регистрируемый поток нейтрино, поэтому средняя величина потока нейтрино в радиохимических измерениях, вероятно, занижена.

Авторы очень признательны Г.С. Иванову-Холодному за представление неопубликованных ионосферных данных и полезные замечания, В.И. Одинцову за предоставление данных по ММП, С.Э. Шнолю и А.А. Конрадову за полезную дискуссию.

Литература

- Ансельман и др. (Anselmann P. et. al.) // GALLEX Collaboration, Phys. Lett. B. 1993. V. 314. P. 445.
Ансельман и др. (Anselmann P. et. al.) // GALLEX Collaboration, Phys. Lett. B. 1994. V. 327. P. 377.
Ансельман и др. (Anselmann P. et. al.) // GALLEX Collaboration, Phys. Lett. B. 1995. V. 342. P. 440.
Ансельман и др. (Anselmann P., Hampel W. et. al.) // Phys. Lett. B. 1996. V. 388. P. 384.
Ансельман и др. (Anselmann P., Hampel W. et. al.) // Phys. Lett. B. 1999. V. 447. P. 127.
Брунс А.В., Владимирский Б.М., Лиманский Л.Г., Шумко С.М. // в кн. Солнечно-земная физика – Труды 7-го симпозиума по солнечно-земной физике России и стран СНГ. Троицк. 1999. С. 179.
Владимирский Б.М., Брунс А.В. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2001. Т. 97. С. 82.
Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А. // Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу. Изд. МНЭПУ. М.: 2000. С. 373.
Стеррок и др. (Sturrock P.A., Scargle J.D., et. al.) // Astrophys.J. 1999. V. 523. P. L177.
Стеррок, Вебер (Sturrock P.A., Weber M.A.) // Astrophys. J. 2002. V. 565. P. 1366.
Стеррок, Скаргл (Sturrock P.A., Scargle J.D.) // Astrophys. J. 2001. V. 550. P. L101–L104.
Удальцова Н.В., Коломбет В.Д., Шноль С.Э. // Возможная космофизическая обусловленность макроскопических флуктуаций, Пушино на Оке. 1987. С. 96.