

УДК 523.9

Возможная природа неконтролируемого агента, вызывающего ложные вариации в радиохимических измерениях интенсивности солнечных нейтрино

Б.М. Владимирский¹, А.В. Брунс¹

НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 14 апреля 2004 г.

Аннотация. Осуществлен поиск эффекта хромосферных вспышек в результатах хлораргоновых измерений интенсивности солнечных нейтрино (Брукхевен, 1970 – 1994 гг. всего 108 экспозиций). Найдено, что интенсивность нейтрино возрастает, если вспышки оптического балла $\geq 2F$ развиваются в дневное для установки местное время на протяжении заключительной недели экспозиции. Эффект зависит от продолжительности экспозиции – он выше, если экспозиция менее 70 суток. Возрастание является фиктивным и не связано с дополнительным потоком нейтрино от вспышки. Оно, видимо, обусловлено воздействием электромагнитного возмущения на крайне низких частотах на структурные свойства перхлорэтилена мишени, что на интервал времени порядка нескольких суток создает условия для более эффективного извлечения продуктов реакции из больших масс вещества.

ON THE POSSIBLE NATURE OF UNCONTROLLED AGENT WHICH INDUCED THE FICTIOUS VARIATIONS OF SOLAR NEUTRINO INTENSITY IN CHALORINE – ARGON DETEC TOR, *by B.M. Vladimírsky, A.V. Bruns.* A search was made of the effect of solar flares in the results of Brookhaven measurements of neutrino intensity (1970–94, 108 runs). It was obtained that neutrino intensity increases, when the flares (optical importance $\geq 2F$) is observed in diurnal time for the detector for last week of the run. The effect of flares is depends on the duration of the run – it is observed when the run’s duration was smaller than 70 days. These events are fictitious increases, is are not real variations of the neutrino intensity. Probably flare effects are caused by the influence of electromagnetic extra – low frequency disturbance up on structural state of perchloretilene of the target. Such structural changes might be modulate the effectness of the extraction of Ar^{37} atoms from substance of the target.

Ключевые слова: ложные вариации интенсивности; солнечные нейтрино; установка Брукхевен

1 Введение

Нынешняя ситуация в проблеме вариаций интенсивности солнечных нейтрино в радиохимических измерениях продолжает оставаться сложной и противоречивой. С одной стороны, такие вариации реально обнаруживаются. Недавно здесь найден хорошо известный период 150 суток (Рейчаудхари, 2003). С другой стороны, на черенковском детекторе Супер Камиоканде не найдено сезонных вариаций, хотя известный период $13^d.76$ в этих измерениях обнаруживается (сами авторы считают его значение а priori неизвестным и полагают статистически незначимым (Ю, 2003).

Один из возможных путей разрешения имеющихся противоречий – гипотеза о влиянии на радиохимические измерения неконтролируемого фактора, зависящего от солнечной активности (Владимирский, Брунс, 2001, 2004). Предполагается, что на эффективность регистрации в радиохимических установках хлор – аргон и галлий – германий влияют электромагнитные возмущения на сверхнизких частотах. Эти возмущения, свободно проникающие в подземные лаборатории, могут влиять на состояние вещества мишени, что сказывается на эффективности извлечения соответствующих продуктов реакций с нейтрино. Рассматриваемая гипотеза на сегодняшний день обоснована косвенными аргументами: во всех трех радиохимических установках - Брукхевен, GALLEX, SAGE – интенсивность измеряемого потока нейтрино зависит, как оказалось, от наличия гелиогеофизических вариаций в конце экспозиции (Владимирский, Брунс, 2004); в лабораторных экспериментах обнаружено влияние на параметры жидкости крайне слабых переменных магнитных полей (например, магнитное поле на частоте 10 Гц изменяет электропроводность дистиллированной воды при амплитуде всего 0.6 нанотесла (Белова и др., 2003)).

Прямая проверка гипотезы о существовании неконтролируемого фактора возможна, понятно, только в точном лабораторном эксперименте. Необходимо попытаться обнаружить изменение какого-нибудь параметра жидкости мишени (например, перхлорэтилена для хлораргоновых измерений) при воздействии искусственно созданного возмущения. Для такой имитации необходимо четко сформулировать условия воздействия и знать конкретные параметры поля – частота, амплитуда, поляризация. Для гелиогеофизических вариаций, использовавшихся ранее для обнаружения самих ложных вариаций (Владимирский, Брунс, 2004), такие параметры известны плохо, они очень сложно изменяются во времени. Значительно более просто выглядит масштабное электромагнитное возмущение, обусловленное сильной хромосферной вспышкой. Это, так называемое, “внезапное ионосферное возмущение” вызвано поглощением в ионосфере рентгеновского излучения вспышки. Оно представляет собой импульс длительностью порядка часа, когда резко возрастает интенсивность низкочастотных радиоволн атмосферного происхождения (атмосфериков) и появляются “избыточные” микропульсации геомагнитного поля. Эти последние принадлежат по своим основным свойствам к “обычным” дневным микропульсациям, но имеют более высокую амплитуду (см., например (Довбня и др., 1994)). В стандартной ситуации все эти эффекты наблюдаются в наиболее выраженном виде в подсолнечной точке и зависят от параметров рентгеновского излучения вспышки.

Однако, вопрос о возможном влиянии импульсного электромагнитного возмущения вспышки на результат радиохимических измерений остается открытым (в свое время рассматривалась гипотеза об излучении вспышкой дополнительного потока нейтрино (Базилевская и др., 1984), ныне, очевидно, несостоятельная). Такого рода воздействие, между тем, представляется вполне вероятным; оно, в принципе, мало отличается от магнитной бури с внезапным началом и должно приводить в определенных условиях к аналогичному эффекту, т.е. некоторому “возрастанию” интенсивности нейтрино. Ниже излагаются результаты поиска подобных вариаций в массиве данных хлораргонового эксперимента (Брукхевен).

2 Исходные данные и процедура анализа

Метод поиска эффектов вспышек в анализируемых измерениях однозначно определяется предположительной феноменологической картиной динамики структурных изменений в жидкости. В ней возможны два класса “состояний”, между которыми все время происходят переходы; в одном таком состоянии (классе “состояний”) способность обратимо связывать продукт реакции (появляется сначала в виде “горячего” иона аргона – ^{37}Ar) относительно высока; в случае перехода в другое структурное состояние такая способность “связывания” молекулярного ансамбля с Ar^{37} снижается. Характерные времена жизни подобных “состояний” (переходов одного “состояния” в другое под влиянием внешних стимулов) составляют, возможно, несколько суток (они не известны). Результат измерений существенно зависит от того, в каком именно “состоянии” оказывается вещество перед окончанием экспозиции – насколько эффективным окажется извлечение продукта. По аналогии с эффектом магнитных бурь, вызывающих “возрастание” интенсивности во всех радиохимических экспериментах (Владимирский, Брунс, 2004), можно предположить, что эффект вспышки индуцирует переход

в “состояние” слабого удержания, т.е. измеренная интенсивность будет возрастать. “Увеличение” интенсивности будет в среднем выше для вспышек, происшедших в самые последние дни экспозиции и наиболее близких к местному полудню. События, зафиксированные в ночное (местное) время, не должны влиять на результаты. В соответствии со сказанным необходимо сравнить результаты измерений для “ночных” и “дневных” вспышек, отстоящих от момента конца экспозиции на короткое и более длительное время.

Использовались данные всех экспозиций, опубликованные в (Клевеленд и др., 1998) 1979 – 94 гг., всего 108 сеансов. Был составлен специальный каталог вспышек, наблюдавшихся в последние две недели (14^d) каждой экспозиции. В каталог включались все вспышки оптического балла $\geq 2F$. Если от вспышки наблюдались ускоренные протоны, она заносилась в каталог, даже если ее балл был ниже. Материалом для каталога служили международные сводки наблюдений Quarterly Bull on Solar Activity и Solar – geophysical Data, а также известные стандартизированные списки протонных событий. Местное время начала вспышки определялось из очевидного соотношения $T_L + \frac{260^\circ}{15^\circ} = T_U + 17^h3$ (географическая долгота установки $\approx 100^\circ$ зап. долг.). В необходимых случаях учитывалась гелиодолгота вспышки. Если в анализируемом двухнедельном интервале было несколько вспышек, “действующей” считалась “дневная” вспышка, ближайшая к концу экспозиции. Вспомогательные данные об интегральном индексе солнечной активности (числа Вольфа R) и индексе геомагнитной возмущенности Ap для заключительных этапов экспозиции брались из Solar – geophysical Data, данные о полярности межпланетного магнитного поля – из каталога Одинцова.

Приведенный ниже разброс средних – стандартные отклонения. Статистическая значимость различия средних подсчитывалась по непараметрическому аналогу критерия Стьюдента – критерию Манна – Уиттни.

3 Результаты

По признаку наличия – отсутствия вспышек в последние 14 суток экспозиции весь массив данных оказался разделенным на две равновеликие группы, чьи характеристики сведены в Таблицу 1.

Таблица 1.

	Число экспоз.	Q	Ap	R	Δ
В конце сеанса наблюдаются вспышки	58	0.469 ± 0.318	18.2 ± 8.9	114.8 ± 51.0	75 ± 30.0
В конце сеанса вспышек не зафиксировано	50	0.498 ± 0.309	14.2 ± 7.2	49.8 ± 39.4	75.2 ± 33.9

Как видно, средняя интенсивность нейтрино \bar{Q} (в ед., используемых авторами, атомов $Ar^{37} \cdot \text{сут.}^{-1}$) для этих групп не отличается, хотя различия в средних значениях чисел Вольфа R и магнитной активности Ap значительны. Отсутствие различия в средней интенсивности не означает в данном случае отсутствие вариаций, сопряженных с изменением указанных индексов: из данных, представленных в (Владимирский, Брунс, 2004) следует, что эти зависимости являются более сложными и при таком усреднении не выявляются. Для дальнейшего анализа из обеих групп данных целесообразно исключить эффект “возрастания” интенсивности, обусловленный магнитными бурями (среднее значение Ap в последнюю неделю экспозиции ≥ 25.0). Для экспозиций со вспышками необходимо исключить 11 случаев ($\bar{Q} = 0.514 \pm 0.297$), для группы без вспышек – 7 случаев ($\bar{Q} = 0.677 \pm 0.210$). После этого среднее значение интенсивности \bar{Q} для обеих групп оказываются почти тождественными – соответственно $\bar{Q} = 0.459 \pm 0.322$ (n=47) и $\bar{Q} = 0.469 \pm 0.311$ (n=43). Этому соответствует равенство продолжительности экспозиции Δ .

Теперь все внимание следует сосредоточить на рассмотрении тех случаев, когда в конце экспозиции фиксировались вспышки (первая строка Табл. 1). Эффект “день-ночь” виден из Таблицы 2. Вся выборка разбита на две части: 1) экспозиции, когда хотя бы одна вспышка наблюдалась на

временном расстоянии менее 6 часов от местного полуденного меридиана $\varphi < 6^h$; одновременно здесь могли быть представлены и “ночные” события $\varphi \geq 6^h$; 2) экспозиции, в пределах которых зафиксированы только случаи $\varphi \geq 6^h$. В последней колонке Таблицы 2 приведены средние значения $\bar{\varphi}$. В четвертой колонке представлены средние значения $\Delta t_{\text{Э}}$ (сутки) положение вспышек относительно даты окончания экспозиции. Остальные обозначения средних характеристик и те же, что для предыдущей Таблицы 1.

Таблица 2.

	Число экспозиций	\bar{Q}	$\Delta t_{\text{Э}}$	Ap	R	Δ	$\bar{\varphi}$
“День” $\varphi < 6^h$	26	0.528±0.315	7.1±4.2	15.0±6.3	126.7±50.1	70.3±19.4	2.2±1.7
“Ночь” $\varphi \geq 6^h$	21	0.373±0.311	6.7±3.7	14.6±4.2	101.2±45.9	85.5±39.55	8.0±1.8

Из рассмотрения Табл. 2 следует, что с “дневными” вспышками связано заметное “возрастание” интенсивности в 1.4 раза (различие средних согласно критерию Манна Уитни значимо на уровне $2.4 \cdot 10^{-2}$). При этом все остальные характеристики рассматриваемой выборки весьма близки.

Далее, важно выяснить за счет каких именно случаев имеет место эта тенденция к возрастанию \bar{Q} . Оказалось, что основной вклад в обнаруженный эффект дают случаи, ближайšie к концу экспозиции. Если все случаи $\varphi < 6^h$ (первая строчка Табл. 2) разбить на две равновеликие группы 1 “неделя” и 2 “неделя” (отсчитываются от даты окончания экспозиции), то увеличение \bar{Q} имеет место только для 1 “неделя” (Табл. 3, $P(U^*)$ - значимость различий согласно критерию Манн - Уиттни)

Таблица 3.

1неделя , n=14	2недели, n=12	$P(U^*)$
0.578±0.344	0.470±0.266	0.17

Указанная тенденция была подмечена еще самыми первыми исследователями вариаций интенсивности нейтрино (Базилевская и др., 1984).

Было обнаружено (Владимирский, Брун, 2004), что воздействие смены полярности межпланетного магнитного поля на результаты радиохимических измерений более четко проявляется на всех установках для более коротких экспозиций. Эту странную закономерность можно было бы трактовать как снижение “восприимчивости” раствора к внешним воздействиям вследствие его “старения”. Однотипная зависимость, видимо, имеет место и для эффекта вспышек. Возрастание интенсивности \bar{Q} , как выясняется, происходит именно за счет коротких экспозиций: если в качестве граничного значения продолжительности экспозиции выбрать 70^d , то для дневных событий ($\leq 70^d$) = 0.649 ± 0.262 ($n = 15$); $\bar{Q}(> 70^d)$ = 0.361 ± 0.305 ($n=11$). Различие средних значимо на уровне $P(U^*) = 1.9 \cdot 10^{-2}$. Для 1 недели отдельно такое различие еще более заметно – соответственно 0.803 ± 0.212 и $0.409 \pm 0, 326$; ($PU^*) = 2.1 \cdot 10^{-2}$)

Наконец, можно попытаться сформировать выборку, соответствующую одновременному выполнению всех наиболее благоприятных условий для выявления вспышечного эффекта: 1 неделя (общее число случаев $n=14$), экспозиции менее 70^d , зенитное расстояние вспышки меньше среднего для данного набора случаев $\varphi < 1, 6^h$. Получается \bar{Q} (неделя I, $\Delta < 70^d, \varphi < 1, 6^h$) = 0.729 ± 0.145 ($n \simeq 5$). Для остальных случаев $\bar{Q}(\Delta \geq 70^d, \varphi > 1, 6^h)$ = 0.494 ± 0.390 . Если повторить эту процедуру для 2 недели, эффект отсутствует \bar{Q} (2 неделя, $\Delta < 70^d, \varphi < 1, 6^h$) = 0.417 ± 0.191 , $n=4$; для остальных случаев ($n=8$) \bar{Q} = (0.496 ± 0.213). Различие для средних – “наиболее благоприятная ситуация” – остальные события в пределах 1 недели значимо на уровне $P(U^*) = 0.10$. Можно обратить вни-

мание и на то, что с уменьшением статистики значимость различий рассматриваемых средних не уменьшатся (уменьшаются в среднем значения стандартных отклонений).

Выборка экспозиций без вспышечных возмущений в последние две недели до их окончания может быть использована для некоторых “контрольных” сравнений. Для этих случаев было, например, найдено, что короткие и продолжительные экспозиции (граница соответствует 70 суткам) по скорости счета не различаются (для группы “ночных” вспышек короткие экспозиции дают более высокие (в 1.4 раза) значения Q , что можно было бы отнести за счет эффектов вспышек, происходивших в предзвездные или вечерние часы).

Упомянутая выборка была также использована для проверки корреляционной связи Q с полярностью межпланетного магнитного поля (Владимирский, Брунс, 2004) для ситуации, когда знак поля оставался фиксированным только в самые последние двое суток перед окончанием экспозиции. Оказалось, что упомянутая закономерность в этом крайнем случае остается в силе для всех применявшихся вариантов анализа: средние значения Q были неизменно ниже, когда знак поля был положительным (при положительном знаке общего магнитного поля Солнца на северном гелиополюсе).

4 Обсуждение

Результаты проведенного анализа могут быть резюмированы следующим образом: достаточно мощные хромосферные вспышки вызывают возрастания измеренной интенсивности солнечных нейтрино в хлораргоновом эксперименте, если случаются в последнюю неделю экспозиции в дневные (по местному времени) часы суток. Вспышки, зафиксированные в этом же временном интервале, развитие которых приходится на ночное местное время, таких эффектов не обнаруживают. Такое различие не могло бы наблюдаться, если бы эффект был обусловлен изменениями потока нейтрино. Эффект вспышек в дни, ближайšie к концу сеанса, тем заметней, чем ближе он по времени к местному полуденному меридиану и короче сама экспозиция. Выявленные закономерности нуждаются в подтверждении, поскольку статистически малозначимы. Однако, они весьма точно соответствуют стандартной картине ионосферного возмущения и потому представляются реальными. Неожиданным является только зависимость от продолжительности экспозиции.

Очевидно, что возрастания интенсивностей являются фиктивными, поскольку они зависят от ситуации в самом конце сеанса, когда продукты реакции с нейтрино уже в мишени накоплены, и имеют место зависимости от продолжительности экспозиции. Однозначно определяется и физическая природа действующего агента. В рамках общепринятой модели самой вспышки и ионосферного возмущения, влияние может быть реализовано только через низкочастотное электромагнитное поле, проникающее в подземное помещение к мишени. Верхняя граница частоты определяется величиной скин-слоя горных пород с эффективной толщиной порядка километра. Это соответствует сверхнизкочастотным атмосферикам (вспышечный эффект “внезапного” усиления атмосфериков), колебаниям на фундаментальной частоте ионосферного волновода (8 Гц) и “классическим” геомагнитным микропульсациям типов P_{с1} – P_{с3}. Если учесть данные (Владимирский, Брунс, 2004), то на результат Брукхевенских измерений могут влиять по меньшей мере три отчасти независимых источника электромагнитных возмущений: магнитные бури, смена знака радиальной составляющей межпланетного магнитного поля и внезапные ионосферные возмущения. Эти последние отличаются особым свойством: они эффективно влияют тогда, когда пункт наблюдения находится на освещенном полушарии (наибольший эффект должен обнаруживаться в подсолнечной точке). Совершенно не ясно, каково будет влияние на результат радиохимических измерений одновременного (или перекрывающегося во времени) воздействия возмущений разных источников. Реакция сложных физико-химических систем на возмущение слабо действующих факторов зависит от их исходного состояния.

Влияние ионосферных возмущений на биологические системы известно давно, но вообще изучено мало. Для водных растворов оно было открыто Дж.Пиккарди (1962). Единственный известный в литературе пример влияния этих возмущений на точные измерения касается измерений гравитаци-

онной постоянной (Владимирский, Брунс, 1998). Было найдено, что дисперсия результатов систематически увеличивается с возрастанием числа ионосферных возмущений в данные сутки, причем эффект не наблюдается ночью (эффект обусловлен, вероятно, воздействием низкочастотного поля на упругие параметры нити подвеса крутильного маятника).

Хотя описанные выше результаты – независимый довод в пользу гипотезы об электромагнитной природе неконтролируемого агента, влияющего на радиохимические измерения, ясно, что исчерпывающее доказательство этой гипотезы не может быть получено чисто статистическими аргументами. Необходимы специальные эксперименты, о которых уже шла речь во Введении. Подавляющему большинству исследователей, занимающихся измерениями солнечных нейтрино, подобные эксперименты не представляются интересными и необходимыми. Это легко понять. Когда планировались и подготавливались радиохимические эксперименты, реализующие идеи Б.М. Понтекорво и В.А. Кузьмина, ничего не было известно об избирательном связывании ионов в некоторых жидкостях, о супрамолекулярной химии и наноструктурах. Не существовало никаких сведений о молекулярных комплексах “гость – хозяин”, не было и терминов “кавитанды”, “криптанды”. В наши дни когда, стоит задача повышения точности радиохимических измерений интенсивности нейтрино, без подобных исследовательских программ обойтись невозможно. Важнейший итог настоящего анализа – возможность сформулировать условия простейшего лабораторного эксперимента по изучению стабильности перхлоруглерода (вещества мишени в Брукхевенских измерениях). На образец необходимо воздействовать эллиптически поляризованным (относительно статического магнитного поля с индукцией порядка геомагнитного) переменным магнитным полем в полосе частот $10 \div 0.01$ Гц. Амплитуда должна составлять для монохроматического сигнала несколько нанотесла, продолжительность экспозиции – часы. Воспроизводимость результатов подобных опытов должна зависеть от наличия – отсутствия естественных электромагнитных возмущений, в том числе – от состояния дневной ионосферы.

5 Выводы

Основные итоги произведенного анализа сводятся к следующим тезисам:

1. В хлор – аргоновых радиохимических измерениях (Брукхевен, 1970 – 1994 гг.) обнаружен эффект хромосферных вспышек оптического балла $\geq 2F$.

2. Влияние оказывают вспышки, чье развитие пришлось на последние несколько суток экспозиции, в дневное для установки время; эффект зависит от продолжительности экспозиции и, возможно, от близости начала вспышки к полуденному меридиану.

3. Влияние вспышек не связано дополнительной эмиссией нейтрино, как это предполагалось ранее. Эффект обусловлен воздействием электромагнитного возмущения, связанного с поглощением рентгеновского излучения вспышки в ионосфере, на структурное состояние перхлорэтилена мишени. Эти структурные изменения влияют на количество продуктов реакции с нейтрино, поступающих в счетную систему.

Литература

- Белова Н.А., Сребницкая Л.А., Леднев В.В. // Сообщение на III Международном конгрессе “Слабые и сверх слабые поля и излучение в биологии и медицине”, Тезисы, СПб. 2003. С. 5.
- Базилевская А.Г., Мухамеджанов А.М., Никольский С.И., Стожиков Ю.И., Чарахчьян Т.Н. // Ядерная физика. 1984. Т. 39. С. 856.
- Владимирский Б.М., Брунс А.В. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2001. Т. 77. С. 81.
- Владимирский Б.М., Брунс А.В. // ЖЭТФ. 2004. Т. 125. Вып.3. С. 1.
- Владимирский Б.М., Брунс А.В. // Геомагнетизм и аэрономия. 1998. Т. 38. С. 94.
- Довбня Б.В., Пархомов В.А., Рахматулин Р.А. // Исследования по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца, “Наука”, Новосибирск. 1994. Вып. 102. С. 66.
- Клевленд (Cleveland B.T., Daily T., Davis R. et al.) // Astrophys. J. 1998. V. 496. P. 505.

Одинцов В.И. // ИЗМИРАН, [http:// www. Izmiran rssi.ru//SSIMF//index.htm](http://www.Izmiran.rssi.ru/SSIMF/index.htm).

Пиккарди (Piccardi D.) // The chemical basis of medical Climatology, Ch. Thomas, Springfield (USA). 1962. P. 146.

Рейчадари (Raychaudhuri P.), // Proc. 28-th Intern, Cosmic Ray conference, Tsukuba. 2003. P. 1391.

Ю (Yoo J.)// Proc. 28-th Intern. Cosmic Ray Conference, HE2 Session, Tsukuba. 2003. P. 1243.