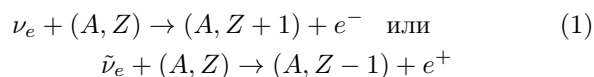


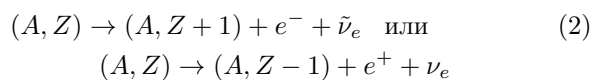
Рецензия на статью А.Г. Пархомова 'Ритмические и спорадические изменения скорости бета распадов. Возможные причины'

В.А. Панчелюга

Работа А.Г. Пархомова посвящена рассмотрению периодических и спорадических изменений скорости β -распада и обсуждению возможных причин обнаруженной феноменологии. В основу работы кладется модель, в которой Александр Георгиевич утверждает, что аномалии, наблюдаемые в скорости β -распада, обусловлены ядерными реакциями, вызываемыми действием "ультрахолодных" нейтрино или антинейтрино



Наряду с (1) идет "нормальный" β -распад:



в котором периоды не наблюдаются.

Прежде рассмотрения деталей работы А.Г. Пархомова, нам хотелось бы сделать ряд предварительных замечаний, ввести своеобразную "систему координат" в исследованиях внешних воздействий на скорость радиоактивного распада.

Такие исследования начинаются практически с момента открытия радиоактивности А.Беккерелем в 1896 году. В качестве примера можно привести эксперимент Резерфорда [1], в котором некоторое количество радиоактивного газа радона заключалось в сосуде высокого давления вместе с бездымным порохом. Согласно оценкам, в момент детонации взрывчатого вещества максимальная температура в сосуде достигала 2500°C и давление порядка 1000 атм. В этих условиях γ -активность радона оставалась неизменной. Результаты подобных работ в итоге привели к заключению, что скорость радиоактивного распада постоянна при любых условиях [2].

К.ф.-м.н., с.н.с., Институт теоретической и экспериментальной биофизики, г. Пущино; victorpanchelyuga@gmail.com

Отрицательные результаты экспериментов Резерфорда по воздействию на скорость радиоактивного распада на долгие годы закрепили в мировом научном мнении устойчивое представление о том, что радиоактивный распад, если рассматриваются его мгновенные значения, является процессом случайным и непредсказуемым. С другой стороны, если мы с высокой точностью определим средние значения скорости радиоактивного распада, то он может служить аналогом ультрастабильных часов, ход которых определяется только константой распада и не зависит от каких-либо внешних воздействий.

Следовательно, мы можем условно говорить о двух "лицах" радиоактивного распада. Первый – стабильность и предсказуемость - выражается основным законом радиоактивного распада, также сформулированным Резерфордом при исследовании активности радона [3]:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (3)$$

где N_0 – число радиоактивных ядер в произвольный начальный момент $t = 0$, λ - постоянная радиоактивного распада (характеризует отдельный изотоп и дает вероятность распада одного атома в одну секунду). Данный закон справедлив только для статистических средних и в случае большого числа атомов исследуемого радиоактивного изотопа [4], [5]. На рис. 1а¹ показана зависимость (3). Как можно видеть, это гладкая, детерминированная кривая.

Второй "лик" – случайность и непредсказуемость – может быть охарактеризован выражением

$$\omega_n = \frac{(N\lambda t)^n}{n!} \exp(-N\lambda t) \quad (4)$$

где ω_n - вероятность зарегистрировать распад n частиц из полного числа N радиоактивных ядер. Выражение (4) – это известное из статистики распределение

¹Ссылки на рисунки в тексте рецензии выделены жирным шрифтом, чтобы отличать от ссылок на рисунки в рецензируемой статье, которые приводятся обычным шрифтом.

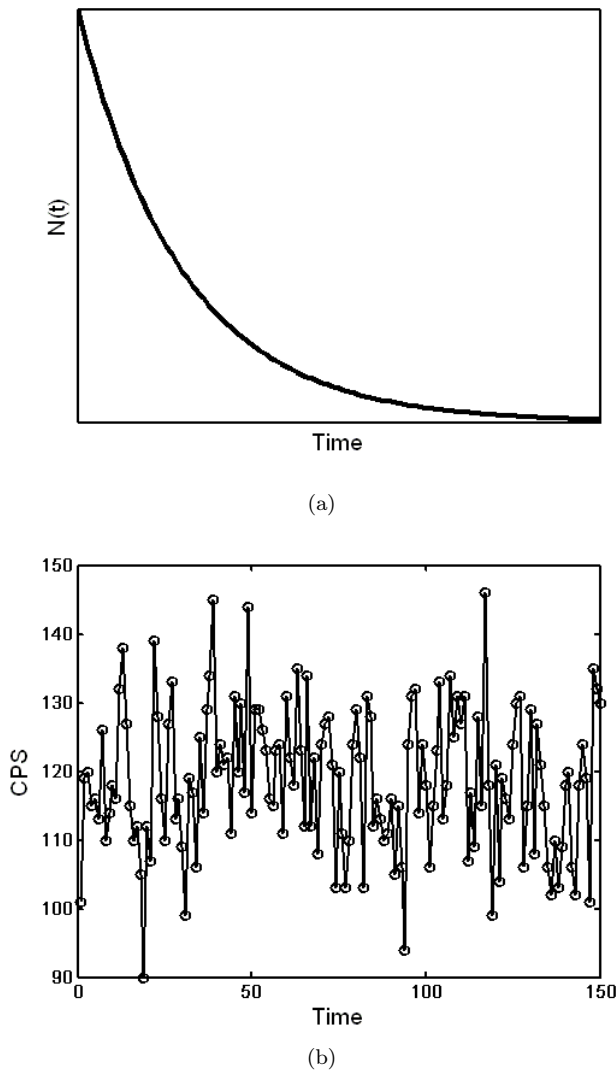


Рис. 1. Два “лика” радиоактивного распада: (а) детерминированный, ультрастабильный процесс, (б) шумоподобный процесс, мгновенные значения которого случайны и непредсказуемы. В действительности (б) показывает, как выглядит участок временного ряда, которому суждено, после соответствующего усреднения, стать точкой на кривой (а).

Пуассона, следующее из известных постулатов радиоактивного распада [6]: 1) вероятность распада атома в любой интервал времени одинакова для всех атомов в группе (все атомы идентичны); 2) факт, что некий атом распался в заданный интервал времени, не влияет на возможность другому атому распастся в тот же интервал времени (все атомы независимы); 3) вероятность распада атома в заданный интервал времени одна и та же для всех временных интервалов, которые равны заданному (среднее время жизни сравнимо с общим периодом наблюдений); 4) общее число атомов и общее число одинаковых временных интервалов является большим (поэтому важно статистическое усреднение). Последовательность, соответствующая (4), приведена на рис. 1б).

Описание радиоактивного распада на основе (3) - (4),

несмотря на то, что было создано еще в начальный период изучения радиоактивности, вошло в университетские учебники, стало основой и, фактически, единственным содержанием современного образовательного стандарта. При этом обязательно подчеркивается, что радиоактивный распад – явление принципиально статистическое [3], [4], [5], а также, что “Опыты, проведенные с радиоактивными веществами, показали, что никакие внешние условия (нагревание до высоких температур, магнитные и электрические поля, большие давления) не могут повлиять на характер и скорость распада” [5, с. 92]. Т.е., возможность, хотя бы гипотетическая, внешнего воздействия на скорость радиоактивного распада, в модели (3) – (4) полностью исключается.

Хотелось бы особо отметить, что рассмотренная выше модель была создана в доквантовый период. Появление и развитие квантовой механики позволило создать адекватные физические модели ядерных явлений. На их основе было показано, что разнообразные воздействия на электронную оболочку (сверхсильные магнитные поля, давление, изменение химического окружения, степень ионизации атома), приводящие к ее изменениям, “деформации”, могут влиять на скорость радиоактивного распада.

Выводы упомянутых моделей были подтверждены многочисленными, тщательно выполненными экспериментами. В качестве примера можно привести работу [7], в которой был исследован процесс β -распада полностью ионизированного ^{187}Re . Полная ионизация уменьшила период полураспада в 10^9 раз ($4.2 \cdot 10^{10}$ лет для нейтрального атома и 33 года для полностью ионизированного ядра). В случае α -распада вероятность рождения α -частицы в ядре связана с задачей туннелирования сквозь барьер. В работе [8] показано, что проницаемость барьера зависит от электронной оболочки. Следовательно, влияя на электронную оболочку, можно изменять также и скорость α -распада.

Т.о., категорический запрет на возможность воздействия на скорость радиоактивного распада, характерный для доквантового периода, был снят.

В отличие от работ, аналогичных [7], [8], где характерная энергия воздействия на радиоактивные изотопы, хотя и намного меньше кулоновского барьера, но все же очень значительна, в работах, исследующих периоды во временных рядах скорости радиоактивного распада (к ним относится и рецензируемая работа), как изотоп, так и регистрирующую аппаратуру стараются всячески уберечь от любых внешних влияний. В первую очередь, это воздействия геофизического происхождения: температура, давление, влажность и т.д. Отмечается, что в таких “тихих”, “невозмущенных” временных рядах присутствуют разнообразные периоды.

Продолжая аналогию с двумя “ликами”, рис. 1, необходимо отметить, что с ними связаны две кардинально отличающихся методики исследования временных рядов скорости радиоактивного распада.

В первой из них исследуемым "сигналом" является разность между теоретической кривой (1), **рис. 1а**, и соответствующим образом усредненными экспериментальными данными. В дальнейшем такие разностные временные ряды исследуются на наличие периодов традиционными методами спектрального и корреляционного анализа. Именно эту методику использует А.Г. Пархомов, как и подавляющее число исследователей (см. цитируемую в статье А.Г. литературу), изучающих отклонения регистрируемых ими временных рядов от кривой радиоактивного распада.

Ахиллесовой пятой данной методики является то, что разнообразные артефакты, как правило, тоже приводят к отклонению от кривой (1). Так, наиболее часто обсуждаемый годовой период связан с циклическим изменением практически всех геофизических процессов и, в первую очередь, температуры, к которой крайне чувствительна регистрирующая аппаратура и особенно ее полупроводниковая электроника. Поэтому необходимо применение специальных мер, чтобы такие влияния минимизировать. В случае температуры это, как правило, термостатирование, использование специальных схемных решений. Но если рассматривать полный спектр геофизических влияний, то практически никогда нельзя быть уверенным, что учтены (или хотя бы известны!) абсолютно все факторы, которые могут привести к образованию трендов в регистрируемых временных рядах. Так, например, экстремумы низкочастотных электромагнитных полей геофизического происхождения [9] совпадают с таковыми в годичном цикле, обнаруженном в рецензируемой работе А.Г.Пархомова. Но, тем не менее, этот фактор не анализируется автором работы, а экспериментальная установка никак от него не защищена.

В силу сказанного выше, использование обсуждаемой методики требует крайне тщательного анализа возможных артефактов. В статье наряду с кривыми скорости бета-распада приведены данные по радиационному фону, температуре около установки, атмосферному давлению и относительной влажности воздуха (**рис. 3**). Но при этом, к сожалению, полностью отсутствуют какие-либо количественные критерии сравнения представленных на **рис. 3** временных рядов. Автор ограничивается визуальным сравнением, которого, в данном случае, явно недостаточно. Кроме желательного в таких случаях корреляционного анализа хотелось бы иметь возможность сравнить также спектры приведенных временных рядов. Отсутствие в тексте данных по точности измерения перечисленных выше параметров, также как и шкалы по оси ординат на **рис. 3**, не дают заинтересованному читателю сделать собственные количественные оценки.

Очень желательно иметь количественный критерий синхронности временных рядов, приведенных на **рис. 2**. Также возникают вопросы о выборе величины усреднения для приведенных на **рис. 2** – **рис. 4** временных рядов. В частности, при синхронных измерениях от одного источника ^{90}Sr - ^{90}Y счетчиками СБМ-12 и СТС-

5, **рис. 2**, используется разная величина усреднения (30 и 40 часов), что должно приводить к разным масштабам по оси абсцисс для рядов, демонстрируемых как синхронные. Крайне интригующей выглядит величина усреднения 7.5 суток для рядов скорости α -распада (**рис. 4**).

Одним из сильных утверждений статьи является следующее: "Не может быть успеха в поиске вариаций в распадах, не связанных со слабым взаимодействием ..., а также в альфа-распадах, если они не являются членами цепочки, включающей бета активные нуклиды". Данное утверждение чем-то аналогично утверждению модели (3) - (4) о принципиальной невозможности внешнего влияния на скорость радиоактивного распада: такая невозможность, которая изначально заложена в теоретической модели, переносится на физическое явление. Теоретическая модель при этом неоправданно абсолютизируется.

В рассматриваемой работе высказывается, на наш взгляд, очень плодотворная гипотеза, что наблюдаемые периодические изменения в скорости бета-распадов связаны с действием нейтрино или антинейтрино, согласно (1). Но ядерные реакции на основе (1) никоим образом не исключают, например, уже упомянутый выше механизм изменения скорости α -распада через изменение вероятности туннелирования сквозь барьер [8]. Поэтому, с точки зрения модельных представлений, категорическое утверждение о невозможности нахождения периодов во временных рядах скорости α -распада, на наш взгляд, является спорным.

В качестве экспериментального подтверждения невозможности периодов в рядах α -распада приводится **рис. 4**. Отсутствие на **рис. 4** периодов аналогичных приведенным на **рис. 2** рассматривается, как доказательство их невозможности. Но отсутствие периодов, основанное на визуальной оценке, ни в коем случае не может служить подобным доказательством. Рассмотрим классический пример полигармонического сигнала, к которому добавлен слабый шум, **рис. 2** [10]. Исходный сигнал показан на **рис. 2а**. Он содержит три гармонические составляющие, к которым добавлена нормально распределенная шумовая компонента с нулевым средним. Визуальная оценка, в данном случае, не дает возможности ни определить регулярные составляющие, ни даже сказать, что они присутствуют в исходном сигнале. Но с этим легко справляется простейший спектральный анализ. На спектре, приведенном на **рис. 2б** отчетливо видны предзаданные гармонические составляющие.

Исходя из вышесказанного мы не можем согласиться с автором, что приведенные в статье экспериментальные материалы свидетельствуют об отсутствии периодов во временных рядах скорости α -распада. По нашему мнению, этот вопрос исследован недостаточно. Он исследован недостаточно не только в рецензируемой работе. Рассмотрение других работ А.Г. Пархомова [5, 14-18, 20] (из списка литературы в рецензируемой статье) показало, что в них спектры α -распада не исследовались. Нам удалось найти указанные спектры

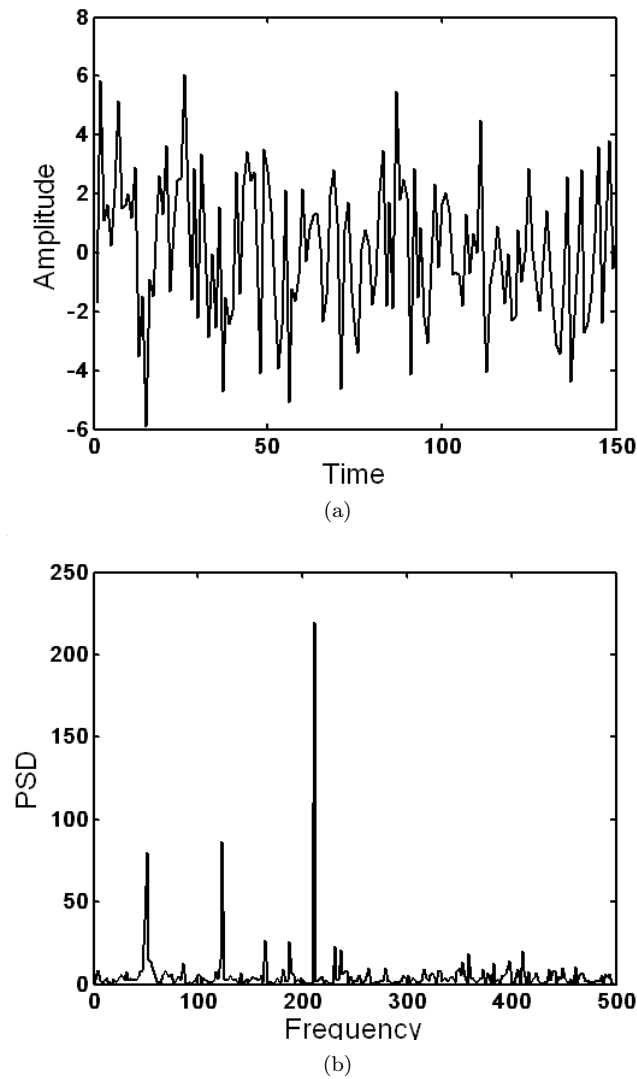


Рис. 2. (а) - Исходный временной ряд, содержащий три гармонические составляющие (50, 123 и 211 Гц) и слабую аддитивную шумовую компоненту и (б) - построенный на его основе Фурье-спектр.

только в ранней работе 2005 г. [11]. Для удобства сравнения, периоды, затабулированные в [11], представлены в Табл. I. В первой строке этой таблицы даны периоды в скорости β -распада, затабулированные в [12]. Периоды, приведенные в [11], даны во второй и третьей строках Табл. I: во второй строке даны периоды, найденные в спектрах α -распада, а в третьей строке – β -распада. Третья строка дает возможность оценить, насколько совпадают “ранние” спектры β -распада в [11] с аналогичными спектрами в [12] и на этой основе оценить точность определения периодов. В Табл. 1 не вошли периоды 11.1 и 98.1 суток для α -распада и 54.0 суток для β -распада из [11], т.к. близкие им периоды отсутствуют в [12]. Сравнение первых трех строк Табл. I, на наш взгляд, показывает, что периоды, найденные во временных рядах скорости α -распада ([11]- α), совпадают с периодами из [12] ничуть не хуже, чем аналогичные периоды в скорости β -распада ([11]- β). Можно сказать,

что в пределах ошибки они совпадают.

Существуют ли другие работы в которых обнаружены периоды во временных рядах α -распада? Существуют. Но при этом в игру вступает второй “лик” радиоактивного распада и объектом исследования являются временные ряды флуктуаций скорости радиоактивного распада, т.е., процесс, показанный на рис. 1б. Исследуются именно свойства флуктуаций, безотносительно к поведению средних величин.

Для исследования свойств флуктуаций, временные ряды, аналогичные показанным на рис. 1б, должны быть определенным образом параметризованы. После этого соответствующими методами производится анализ полученных последовательностей параметров. Наиболее простой способ – исследование динамики изменения величины дисперсии и связанных с ней параметров.

Такой способ, например, реализован в работе [13], где проанализированы изменения во времени величины стандартного отклонения σ и размаха выборки R (разности между максимальным и минимальным значениями в выборке) для рядов флуктуаций скорости α -распада препарата ^{239}Pu . Во временных рядах значений σ и R были обнаружены квазипериодические изменения этих величин, необъяснимые тривиальными приборными артефактами и совпадающие с некоторыми геофизическими периодами: собственными колебаниями Земли, лунными приливами, колебаниями скорости вращения Земли и собственными колебаниями Солнца.

Но наиболее информативными оказались методики, в которых параметризация временного ряда флуктуаций скорости радиоактивного распада производится методами, выявляющими определенный тип порядка, существующий в выборке временного ряда. Здесь можно отметить две группы работ, которые отличаются принятым способом параметризации: метод попарного экспертного сравнения формы гистограмм С.Э.Шноля [14] (параметризация производится при помощи сглаженных гистограмм, построенных по коротким (30-60 точек) последовательным отрезкам временных рядов) и локальный фрактальный анализ методом всех сочетаний (МВС) [15], [16]. Интересно, что на обложку книги А.Г. Пархомова [12] вынесен текст, хорошо выражающий идею обсуждаемых методов: “Мы привыкли к тому, что влиять на ход процессов – значит менять их скорость, интенсивность. В этом, по сути, и состоит вся современная технология. Но, по-видимому, есть иной тип изменчивости хода процессов, проявляющийся в изменении упорядоченности поведения элементов системы, причем это может происходить независимо от изменений энергетических. Может быть, поиски именно в этом направлении позволят преодолеть кризис современного естествознания и откроют простор для нового этапа познания Мира, в котором мы живем” [12].

Необходимо отметить, что как гистограммный метод С.Э. Шноля, так и МВС-анализ являются принципиально локальными: для параметризации используются короткие (десятки точек) отрезки временного ряда.

Таблица I
Сравнение периодов из [12] с периодами, представленными в [11, 26, 28, 29]. Пояснения в тексте.

[12]	12.62	13.31	19.96	21.95	27.44	29.27	31.36	33.26	39.20	43.0	45.7	61.0	66.5	73.2	91.5	122	182
[11] - α	12.5	14.3	20.3		26.7		31.0				45.3			73.6			
[11] - β	12.6	15.5	19.2		24.7	29.2		33.1		44.2		60.8			91.1		182.3
[28] - 1	12.5	13.5	18.7		27.2		30.5			44.1		63		75	90		180
[28] - 2		13.5				29		34		43			75		120		
[28] - 3	12.5	13.6	18.4		27.3		31.0				44.5				89		
[29]		13.5		21	27.44	29	30	34		43	45					120	
[26]															90.2		181.3

Особенно наглядно свойство локальности демонстрирует гистограммный метод. Для того, чтобы проявилось такое свойство, как “форма”, необходимо для построения гистограмм использовать отрезки временного ряда длиной не менее 20-30 точек. Если же длина этих отрезков превысит 100-200 точек, то все гистограммы будут одновершинными и, в силу этого, похожими между собой, т.к. в их форме начнет проявлять себя генеральное распределение. В этом случае попарное сравнение гистограмм теряет всякий смысл, и гистограммный метод не работает. Т.е., длина отрезка временного ряда должна находиться между 20-30 и 100-200 точками (чаще всего используются 60-точечные отрезки).

Локальный МВС-анализ временных рядов флуктуаций скорости α -распада позволил выявить устойчивый набор периодов в диапазоне 1-115 мин [17], [18], **рис. 3**, с хорошей точностью совпадающих с периодами собственных колебаний Земли. Это совпадение проявляется как для классических (до примерно 56 мин), так и для т.н. сейсмогравитационных колебаний Земли (> 56 мин) [19]. Также были получены устойчивые внутрисуточные периоды в диапазоне 2-24 часа [20], [21], которые совпадают с соответствующими периодами длинноволновых собственных колебаний Земли [22].

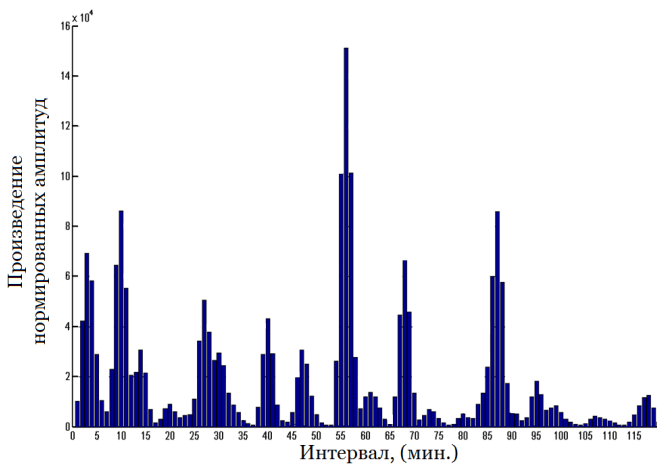


Рис. 3. Пример спектра периодов, полученного с использованием локального фрактального анализа методом всех сочетаний [23].

Как следует из **рис. 3**, наиболее интересная и насыщенная часть спектра периодов в флуктуациях скорости α -распада лежит в диапазоне от минут до при-

мерно двух часов, что почти на два порядка меньше, чем “длительность” одной точки на рис.4 в работе А.Г.Пархомова. Очевидно, что и при меньшем усреднении (30-40 часов, рис.2), периоды, представленные на **рис. 3**, не могут быть выявлены.

Периоды, аналогичные тем, которые приводит А.Г. Пархомов для β -распада (суточные, 29.5 суток - синодический лунный месяц, годовые) найдены для α -распада в работах С.Э.Шноля [24]. Необходимо еще раз отметить, что периоды в флуктуациях скорости α -распада [13], [17], [18], [20], [21], [24] найдены методами, которые отличаются от использованного А.Г.Пархомовым и, возможно, что механизм их образования иной, чем тот, который вызывает периодичности, приведенные в рецензируемой работе. Но это ни в коем случае не может быть основанием для утверждения, что периоды во временных рядах скорости α -распада отсутствуют.

По мнению автора статьи периоды в скорости β -распада формируются за счет того, что при орбитальном движении скорость встречи Земли с потоком галактических нейтрино меняется на протяжении года от $V_{min} = 3,7 \cdot 10^5$ до $V_{max} = 4,1 \cdot 10^5$ м/с. Изменение скоростей от V_{min} до V_{max} модулирует активность обратного бета распада и является причиной годового периода. Аналогичные механизмы лежат в основе суточного и лунного периодов. Т.е. перечисленные периоды связаны с кинематикой системы Солнце-Земля-Луна. В то же время в работе обсуждаются периодограммы результатов измерений скорости счета β -частиц от источника ^{90}Sr - ^{90}Y (по нашему мнению, эти периодограммы необходимо обязательно привести в статью!). Кроме упомянутых уже “кинематических” периодов там выделяются более десятка других периодов, которые представлены в первой строке Табл. I, [12] и которые в предлагаемую “кинематическую” схему очевидно не вписываются. Для их интерпретации необходимо привлечение, кроме “кинематической”, других моделей.

Возможно, что направление поиска таких моделей могут подсказать результаты исследования флуктуаций скорости α -распада, **рис. 3**, [13], [17], [18], [20], [21], [24], которые указывают на связь периодов в скорости радиоактивного распада с периодами собственных колебаний Земли. Последние результаты [25] позволяют предположить, что мы, возможно, имеем дело с более глобальным процессом, в который вовлечено

Солнце и другие планеты солнечной системы. В силу предполагаемой массы нейтрино можно предположить наличие у небесных тел “нейтриносфер” [12], которые могут модулироваться, например, их собственными колебаниями. Такая “модуляционная” модель не отрицает “кинематическую”, а дополняет ее.

Наше предположение о “модуляционном” механизме подтверждается результатами совместной работы [26], в которой сделана попытка связать имеющиеся на спектрах скорости β -распада “второстепенные” (все, кроме годового) периоды с γ -модами собственных колебаний Солнца. И хотя принятая в работе [26] модель расчета γ -мод, на наш взгляд, должна быть скорректирована в свете последних экспериментальных результатов по определению скорости вращения ядра Солнца [27], предпринятая попытка является интересной и заслуживает дальнейшего развития. Рассмотрим, как соотносятся затабулированные в [12] периоды с периодами, перечисленными в [28] и характерными для геомагнитного поля (AE- и AP-индексы – [28]-1 в Табл.1) и индексами солнечной активности, полученными из оптических [28]-2 и радиоизмерений [28]-3 (пятая и шестая строки Табл. 1). Также рассмотрим периоды γ -мод, затабулированные в [29] (седьмая строка Табл. 1), и рассчитанные на основе модели, приведенной в [26] (восьмая строка Табл. 1).

Как следует из Табл. 1, предположение о “модуляционном” механизме хорошо подтверждается имеющимися экспериментальными данными. Необходимо, однако, отметить, что в работе [12] затабулированы не все периоды, присутствующие на периодограммах, поэтому Табл. 1 носит предварительный, демонстрационный характер. Необходим дальнейший тщательный анализ присутствующих во временных рядах скорости β -распада периодов и их последующая интерпретация. “Кинематическая” модель, представленная в рецензируемой работе, может объяснить только очень небольшую часть известной к настоящему времени феноменологии и, на наш взгляд, должна рассматриваться вместе с “модуляционной”.

Одним из интереснейших результатов А.Г. Пархомова является обнаружение всплесков скорости счета при расположении детектора с исследуемым β -активным изотопом в фокусе параболического зеркала. При этом, по утверждению автора, увеличение скорости счета может достигать трех порядков. В работе сделана попытка использовать эти результаты для обоснования утверждения, что изменение скорости счета обусловлено реакциями (1). В этом случае обычно используемый счетчик Гейгера был заменен системой “стильбеновый сцинтиллятор + кремниевый ФЭУ”. Такая система позволяет не только регистрировать вылет β -частицы, но и регистрировать ее энергию. Регистрация велась по двум каналам: в первом “регистрировались импульсы от частиц почти всего бета спектра”, а во втором, за счет порога дискриминации, частицы вблизи границы β -спектра.

В тексте статьи не конкретизируется, что имеется

в виду под “почти всего β -спектра”. В какой части спектра находится нерегистрируемое “почти”? Также, описанная процедура выбора порога дискриминации (чтобы скорость счета во втором канале была на три порядка меньше таковой в первом канале) не является физической и не дает полной уверенности, что во втором канале регистрировались частицы именно в окрестности 2.3 МэВ. Было бы логично зарегистрировать полный β -спектр и уже на его основе подбирать порог дискриминации. Хотя, если имеется возможность регистрировать полный β -спектр, то, на наш взгляд, необходимость регистрировать отдельно его “хвост” (события выше порога дискриминации) отпадает, т.к., временной ряд, получаемый на основе регистраций во втором канале может быть восстановлен из полного массива зарегистрированных событий путем анализа их энергии. После подобного разделения событий прямого и обратного β -распада, если гипотеза автора верна, должны получиться: временной ряд прямого β -распада, в котором будут отсутствовать периоды (или всплески) и ряд обратного β -распада, содержащий эти периоды/всплески. Это был бы чистый эксперимент, доказывающий нейтринную гипотезу (1) возникновения периодов/всплесков в скорости β -распада.

На рис. 7 приведены временные ряды: соответствующий полному спектру (верхний – 1-й канал) и после дискриминации (нижний – 2-й канал). Внимательное рассмотрение пиков, например, в окрестности даты 02.11.12 показывает, что пик на нижнем графике (амплитуда по переднему фронту $\sim 10...15$ имп/сек) меньше соответствующего пика на верхнем графике (амплитуда $\sim 60...80$ имп/сек). В то же время для пиков в окрестности даты 03.11.12 все наоборот: нижний пик (амплитуда по переднему фронту $80...100$ имп/сек) больше пика на верхнем графике (амплитуда $\sim 50...60$ имп/сек). Похожие несоответствия отмечаются и для других пиков. Из текста статьи невозможно понять, являются ли подобные расхождения следствием некоторых неаккуратностей в рассматриваемом эксперименте или же мы, в действительности, не имеем столь строгого разделения механизмов (1) и (2)?

Аналогичные вопросы возникают также при анализе временных рядов, показанных на рис. 2, которые получены от одного источника $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$, с использованием схемы измерений, представленной на рис. 1. Амплитуда годового периода на нижнем графике, рис. 2, (ок. 0.5 имп/сек) в пять раз меньше таковой на верхнем графике (ок. 2.5 имп/сек). Согласно гипотезе автора рецензируемой статьи они должны быть примерно равны.

В работе, к сожалению, отсутствует анализ возможных артефактов, которые могли бы также вызывать всплески в скорости счета. Так, например, спорадическое γ -излучение [30] может вызывать срабатывание счетчиков Гейгера. Отмечается, что “... вся совокупность свойств всплесков и шумовых бурь спорадического радиоизлучения фона указывает на статистиче-

скую связь с индексами солнечной активности” [23]. Как было проиллюстрировано (см. Табл. I) периоды, найденные А.Г. Пархомовым, демонстрируют такую же связь. Это обстоятельство является дополнительным указанием на необходимость учета спорадического γ - и радиоизлучения. Даже, если наблюдаемые в скорости β -распада всплески и не обусловлены этим излучением на 100%, его учет необходим для точного исследования модели (1) – (2). В пользу этого говорят также опыты А.Г. Пархомова с размещенным в фокусе телескопа счетчиком без радиоактивного источника [12], которые показали наличие всплесков скорости счета, в 1000 раз превышающих фоновые значения (всплески ~ 10 имп/сек, фон ~ 0.01 имп/сек).

Необходимо отметить, что существуют исследования других авторов, в которых были обнаружены всплески/выбросы в ходе регистрации параметров различных процессов. Это, например, всплески в показаниях гравиметра Содин с магнитом у Ю.А. Баурова [31], импульсные сигналы в токе микрофотокolorиметра у С.Н. Шаповалова [32], выбросы в фазоразностном сигнале двух кварцевых стандартов частоты у Н.В. Ключека [33]. Особо интересны в этой связи исследования с детектором В.Н. Смирнова [34], [35], [36], в которых наблюдаются высокоамплитудные всплески, связанные как с кинематикой планет солнечной системы, так и с определенными положениями удаленных астрофизических объектов относительно Солнца и самого детектора – детектор Смирнова “срабатывает” в те же моменты, что и β -распад у А.Г. Пархомова.

Последняя глава рецензируемой статьи посвящена оценкам влияния медленных нейтрино на радиоактивность. Оценки основываются на формуле

$$\sigma = \lambda^3 / T v \quad (5)$$

описывающей зависимость сечения реакции (1) σ от длины волны де-Бройля нейтрино λ , среднего времени жизни радиоактивных ядер T , и скорость нейтрино v . Формула (5) автором приписывается Бете и Пайерлсу [37] (ссылка [32] в статье А.Г.Пархомова). В указанной статье [37] обсуждается энергетический баланс в случае искусственного β -распада: $B^{10} + \alpha \rightarrow N^{13} + n$, $N^{13} \rightarrow C^{13} + e^+ + \nu$ и в ней формула (5), на которую ссылается А.Г. Пархомов, отсутствует. Необходима другая, верная ссылка или же вывод формулы (5), которая является фундаментом дальнейшего рассмотрения в четвертой главе.

Можно отметить, что теоретические механизмы, похожие на те, которые предполагаются в связи с (5), рассмотрены, например, в [38], где отмечается, что при определенных условиях нейтрино должно взаимодействовать не с отдельными кварками или нуклонами, а сразу со всем ядром. Это связано с соотношением неопределенностей Гейзенберга: чем меньше импульс, переданный от нейтрино ядру, тем больше неопределенность координаты места, в котором произошло взаимодействие. При некоторых значениях импульса

эта неопределенность становится сравнима с размером ядра и модель отдельных нуклонов не работает. Поэтому взаимодействие происходит со всеми нуклонами сразу, т.е., когерентно. При этом энергия нейтрино сохраняется – взаимодействие упругое.

Идеи, изложенные в [38], были экспериментально подтверждены в недавней работе Д. Акимова с соавторами [39]. Они наблюдали, согласно терминологии статьи, CEvNS-процесс (coherent elastic neutrino-nucleus scattering) с 6.7σ доверительным уровнем. Благодаря относительно высокой вероятности данного процесса, вместо традиционных (имеющих огромные размеры!) детекторов, был использован компактный 14.6-килограммовый легированный натрием CsI-цинтиллятор, экспонируемый нейтрино от установки расщепляемых нейтронов. Было найдено, что при энергиях более 50 МэВ CEvNS-процесс почти не идет, но он имеет место при меньших энергиях и его сечение пропорционально квадрату числа нейтронов ядра (упрощенно – квадрату атомного номера элемента). Для тяжелых ядер сечение упругого когерентного рассеяния оказывается намного больше, чем сечение двух других известных процессов, с помощью которых нейтрино взаимодействует с веществом. Так для атомов ^{127}I сечение упругого когерентного рассеяния нейтрино с энергией несколько десятков МэВ более чем в сто раз превышает сечение обратного β -распада и более чем в тысячу – сечение взаимодействия нейтрино с электроном.

Из краткого рассмотрения [38], [39] можно заключить, что, в целом, идеи, приведенные в последней главе статьи, правильные и, в общем, подтверждаются последними экспериментами. Кроме отмеченной небрежности со ссылкой на работу [37] хотелось бы, чтобы автор более активно пользовался работами последних лет, в которых на основе тщательно выполненных экспериментальных работ уточнены многие из тех параметров, которые А.Г. Пархомов использует в своих оценках.

В рецензируемой работе не обсуждаются некоторые, на наш взгляд, очень важные результаты, о которых было заявлено в более ранних работах. В частности, это касается утверждения, что в ходе экспериментов с телескопом, описанных в третьей главе, “При наличии плотной облачности статистически достоверных всплесков не зарегистрировано” [12]. Возможно, что детальный анализ этого результата мог бы помочь в идентификации/уточнении действующего агента. Также, в случае значительно более интенсивного взаимодействия ультрахолодных нейтрино с веществом они, очевидно, не могут быть реликтовыми. В этом случае возникает вопрос об их происхождении/генерации. Но, мы, вне всякого сомнения, оставляем за автором право выбора тем для обсуждения.

Александр Георгиевич является признанным отечественным и, на наш взгляд, мировым лидером в исследовании вариаций скорости β -распада. Несмотря на некоторую небрежность в тексте статьи, обсужда-

емый в ней круг идей и уровень полученных к настоящему времени результатов, вне всякого сомнения, заслуживают публикации в Журнале формирующихся направлений науки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] E. Rutherford. *Radioactive Substances and Their Radiations*. Cambridge University Press, New York, 1913.
- [2] S. E. Rutherford, J. Chadwick, C. Ellis. *Radiations from Radioactive Substances*. Cambridge University Press, 1930.
- [3] Мухин К.Н. *Экспериментальная ядерная физика. Кн. 1. Физика атомного ядра. Ч. 1. Свойства нуклонов, ядер и радиоактивных излучений*. Энергоатомиздат, М., 1993. 376 с.
- [4] Широков Ю.М., Юдин Н.П. *Ядерная физика*. Наука, М., 1980. 728 с.
- [5] Ракобольская И.В. *Ядерная физика*. МГУ, М., 1971. 295 с.
- [6] *Methods of experimental physics: Nuclear physics. V. 8, Part B, Ed. by Luke C.L. Yuan and Chien-Shiung Wu*. Academic Press, N. Y. and London, 1963. 886 p.
- [7] Bosch F., Faestermann T., Friese J., et al. Observation of bound-state β^- -decay of fully ionized ^{187}Re : $^{187}\text{Re} - ^{187}\text{Os}$ cosmochronometry. *Phys. Rev. Lett.*, 77(26):5190–5193, 1996.
- [8] Victor A. Erma. Electron effects on barrier penetration. *Phys. Rev.*, 105(6):1784–1787, 1957.
- [9] Ю.П.Малышков, С.Ю.Малышков. Признаки воздействия ядра Земли на население планеты. *Биофизика*, 60(3):589–624, 2015.
- [10] Потемкин В.Г. *Система инженерных и научных расчетов MATLAB 5.x. Том 2*. ДИАЛОГ-МИФИ, М., 1999. 304 с.
- [11] А.Г. Пархомов, Е.Ф. Макляев. Исследование ритмов и флуктуаций при длительных измерениях радиоактивности, частоты кварцевых резонаторов, шума полупроводников, температуры и атмосферного давления. *Физическая мысль России*, (1), 2005.
- [12] Пархомов А.Г. *Космос. Земля. Человек. Новые грани науки*. Наука, М., 2009. 272 с.
- [13] М.В. Федоров, Е.В. Дещеревская, С.Н. Шаповалов, Э.С. Горшков, О.А. Трошичев. О возможной связи разброса результатов измерений альфа-активности образцов ^{239}Pu с квазипериодическими колебаниями в геофизической среде. *Биофизика*, 46(5):795–798, 2001.
- [14] С.Э. Шноль, В.А. Панчелюга. Феномен макроскопических флуктуаций. Методика измерений и обработки экспериментальных данных. *Мир измерений*, (6):49–55, 2007.
- [15] Панчелюга В.А., Панчелюга М.С. Фрактальная размерность и гистограммный метод: методика и некоторые предварительные результаты анализа шумоподобных временных рядов. *Биофизика*, 58(2):377–384, 2013.
- [16] Панчелюга В.А., Панчелюга М.С. Локальный фрактальный анализ шумоподобных временных рядов методом всех сочетаний. *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике*, 11(1):107–133, 2014.
- [17] Панчелюга В.А., Панчелюга М.С. Локальный фрактальный анализ шумоподобных временных рядов методом всех сочетаний в диапазоне периодов 1-115 мин. *Биофизика*, 60(2):395–410, 2015.
- [18] Панчелюга В.А., Панчелюга М.С. Некоторые предварительные результаты локального фрактального анализа шумоподобных временных рядов методом всех сочетаний. *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике*, 11(1):134–156, 2014.
- [19] Петрова Л.Н. Сейсмогравитационные колебания Земли и возможный механизм их образования. *Биофизика*, 37(3):598–516, 1992.
- [20] Панчелюга В.А., Владимирский Б.М., Панчелюга М.С., Серая О.Ю. Исследование связи периодов минутного и часового диапазонов найденных в флуктуациях различных природных процессов с собственными колебаниями Земли и Солнца // Сборник трудов XX Всероссийской конференции 'Солнечная и солнечно-земная физика - 2016', Санкт-Петербург, Пулковое, 10-14 октября 2016 г., с. 247-250.
- [21] В.А. Панчелюга, М.С. Панчелюга, О.Ю. Серая. Предварительные результаты исследования внутрисуточных периодов во временных рядах флуктуаций скорости альфа-распада. *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике*, 13(2):211–216, 2016.
- [22] Баркин Ю.В. Свободные трансляционные колебания системы ядро-мантия Земли и вариации природных процессов с часовыми периодами. *Нелинейный мир*, 5(1-2):203–215, 2007.
- [23] В.С. Троицкий, Л.Н. Бондарь, А.М. Стародубцев. Поиск спорадического радиоизлучения из космоса. *УФН*, 113:719–723, 1974.
- [24] Шноль С.Э. *Космофизические факторы в случайных процессах*. Шведский физический архив, Стокгольм, 2009. 338 с.
- [25] Панчелюга В.А., Владимирский Б.М., Панчелюга М.С., Серая О.Ю., Панихин В.А. Выраженность периодов 50, 80 и 160 мин во временных рядах флуктуаций скорости альфа-распада // Сборник трудов XXI Всероссийской конференции 'Солнечная и солнечно-земная физика - 2017', Санкт-Петербург, Пулковое, 10-14 октября 2017 г.
- [26] P.A.Sturrock, A.G.Parkhomov, E.Fischbach, J.H.Jenkins. Power spectrum analysis of lmsu (Iomonosov moscow state university) nuclear decay-rate data: Further indication of r-mode oscillations in an inner solar tachocline. *Astroparticle Physics*, 35:755–758, 2012.
- [27] E. Fossat, P. Boumier, T. Corbard, et al. Asymptotic g modes: Evidence for a rapid rotation of the solar core. *Astronomy & Astrophysics*, 604, A40:17 p., 2017.
- [28] Б.М. Владимирский, В.Г. Сидякин, Н.А. Темурьянц, В.Б. Макеев, В.П. Самохвалов. *Космос и биологические ритмы*. Симферополь, 1995. 206 с.
- [29] Б.М.Владимирский, В.Я.Нарманский, Н.А.Темурьянц. *Космические ритмы*. Симферополь, 1994. 176 с.
- [30] О.Ф. Прилуцкий, И.Л. Розенталь, В.В. Усов. О природе всплесков космического γ -излучения. *УФН*, 113:718–719, 1974.
- [31] Бауров Ю.А. *Структура физического пространства и новый способ получения энергии*. Кречет, М., 1998. 240 с.
- [32] S.N. Shapovalov, E.S. Gorshkov, O.A. Troshichev. Cosmophysical effects observed in impulses of the microphotocolorimeter current. *Biophysics*, 49(1):S119–S122, 2004.
- [33] Н.В. Ключек, Л.Э. Паламарчук, Л.А. Плюснина, М.В. Никонова. К вопросу о космическом воздействии неизвестной природы. *Биофизика*, 37(4):656–660, 1992.
- [34] В.Н. Смирнов, Н.В. Егоров, В.А. Панчелюга. О регистрации воздействия неэлектромагнитной природы от удаленных астрофизических объектов. // XV Международная научная конференция 'Физические интерпретации теории относительности', Москва, 6-9 июля, 2009 г.
- [35] Victor A. Panchelyuga. Valery N. Smirnov (1939-2009) and His Detector. *Progress in Physics*, 1:L9, 2010.
- [36] В.А. Панчелюга. Детектор Смирнова: регистрация воздействий от удаленных астрофизических объектов. *Метафизика*, 4(2):67–80, 2012.
- [37] H.Bethe, R.Peierls. The neutrino. *Nature*, 133:689–690, 1934.
- [38] Daniel Z. Freedman coherent effects of a weak neutral current. *Phys. Rev. D*, 9(5):1389–1392, 1974.
- [39] D. Akimov, J.B. Albert, P. An et al. Observation of coherent elastic neutrino-nucleus scattering. *Science*, 357(6356):1123–1126, 2017.