Квантовая Магия, том 8, вып. 1, стр. 1120-1127, 2011

Периоды, обнаруженные при анализе результатов измерений радиоактивности

А.Г.Пархомов
alexparh@mail.ru

(Получена 25 декабря 2010; опубликована 15 января 2011)

Приведены результаты анализа длительных измерений радиоактивности ^{3}H, ^{56}Mn, ^{32}Si, ^{36}Cl ,^{60}Co, ^{137}Cs, ^{90}Sr-^{90}Y, ^{226}Ra, ^{238}Pu , ^{239}Pu. Для бета радиоактивных источников, помимо экспоненциального спада активности, характерны ритмические изменения с периодом 1 год при амплитуде 0,1…0,35% от средней величины с максимумами с января по март и с минимумами с июля по сентябрь. Приведены результаты фурье-анализа 7-летних измерений бета радиоактивности ^{90}Sr-^{90}Y и 15-летних измерений бета-гамма излучения ^{226}Ra, показавшего наличие ритмических изменений с периодом около 1 месяца при амплитуде около 0,01%. Амплитуда колебаний с периодом 1 сутки не больше 0,003%. Анализ результатов измерений альфа источников ^{238}Pu и ^{239}Pu не вывялил достоверных ритмических изменений. Анализируются возможные причины ритмических колебаний бета радиоактивности.

В последние годы в ходе продолжительных измерений получены свидетельства о наличии в β радиоактивности, помимо экспоненциального спада, периодических изменений. Периодические изменения найдены при измерениях β радиоактивности ^{3}H, ^{56}Mn, ^{32}Si, ^{36}Cl ,^{60}Co, ^{137}Cs, ^{90}Sr-^{90}Y, продуктов распада ^{226}Ra, но не найдены при измерениях α радиоактивности ^{238}Pu и ^{239}Pu (см. **таблицу**).

Таблица. Результаты продолжительных измерений радиоактивности

Ссылки	Источники	Тип распада	Детектор	Начало-конец	Периоды, сут (амплитуда, %)	Месяцы макс/мин
3	^{56}Mn	β^-	NaJ+ФЭУ	02.78-01.87	365(0,3)	01/07
1	^{3}H	β^-	Сцинт.+фотодиод	11.80-05.82	365(0,37)	02/08
4,14	^{32}Si	β^-	Проп. счетчик	02.82-02.86	365(0,12); 32,5(0,01)	02/08
4	^{36}Cl	β^-, э.з.	Проп. счетчик	02.82-02.86	365(0,12)	02/08
2,14	^{226}Ra	α, β^-	Ион.камера	10.83-06.99	365(0,1); см. рис.3	01/08
9	^{137}Cs	β^-	NaJ+ФЭУ	(19-23)04.94	1(0,06)?	
8	^{238}Pu	α	Энерговыд.	10.97-10.99	Нет	
10	^{137}Cs, ^{60}Co	β^-, β^-	NaJ+ФЭУ	12.98-04.99	1(?); ~30	
5-7	^{60}Co	β^-	Счет. Гейгера	03.99-10.03	365(0,2)	03/09
11,12	^{137}Cs, ^{60}Co	β^-, β^-	Ge(Li) ППД	03.00-04.00	1(0,5)?	
5-7	^{90}Sr-^{90}Y	β^-, β^-	Счет. Гейгера	01.00-12.10	365(0,13); см. рис.1	03/09
5-7	^{239}Pu	α	Si-ППД	02.00-05.03	Нет	
5-7	^{90}Sr-^{90}Y	β^-, β^-	Счет. Гейгера	10.02-12.10	365(0,15)	03/09
6	^{239}Pu	α	Si-ППД	10.06-12.10	Нет	

Следует отметить, что ритмические изменения радиоактивности не вытекают из существующей теории этого явления, а их обнаружение является экспериментальной задачей, требующей проведения многолетних измерений в неизменных условиях с применением бесперебойно и стабильно работающей аппаратуры. Не удивительно, что этот эффект был обнаружен лишь недавно, хотя само явление радиоактивности известно более 100 лет. В большинстве случаев он проявился как непонятная ошибка при измерениях периодов

полураспадов долгоживущих радионуклидов. И лишь эксперименты [1, 5, 6] были проведены целенаправленно на специально созданных экспериментальных установках.

Ритмы β радиоактивности с периодом 1 год

В **таблице** представлены 7 различных β радионуклидов, в которых ритмические изменения с периодом 1 год обнаружены при использовании 5 различных типов детекторов. Во всех случаях амплитуда годичного ритма лежит в пределах от 0,1 до 0,37% от средней скорости счета, максимум с января по март, минимум с июля по сентябрь. Близость результатов, полученных при использовании разных радионуклидов и различных методик, позволяет уверенно утверждать, что причиной обнаруженных периодических изменений являются именно изменения радиоактивности, а не нестабильность работы регистрирующей аппаратуры.

Ритмы β радиоактивности с периодами около месяца

Большой объем накопленных в ряде экспериментов данных позволяет применить спектральный анализ, позволяющий не только уточнить параметры замеченных годичных ритмов, но и выявить иные периодичности, незаметные на фоне статистических флуктуаций и помех, действующих в случайные моменты времени.

О наличии изменений радиоактивности с околомесячным периодом (γ излучение, сопровождающее β распады ^{137}Cs, ^{60}Co) впервые доложено в работе [10]. Из этой работы непонятно, насколько эти изменения велики, а продолжительность измерений (4 месяца) недостаточна для точного определения периода.

Результаты анализа значительно более длительных измерений содержатся в работах [5-7]. На рис. 1 показан амплитудный спектр (периодограмма) результатов измерений скорости счета β частиц источника ^{90}Sr-^{90}Y счетчиком Гейгера. Для анализа применено быстрое преобразование Фурье с последующим пересчетом частоты в периоды.

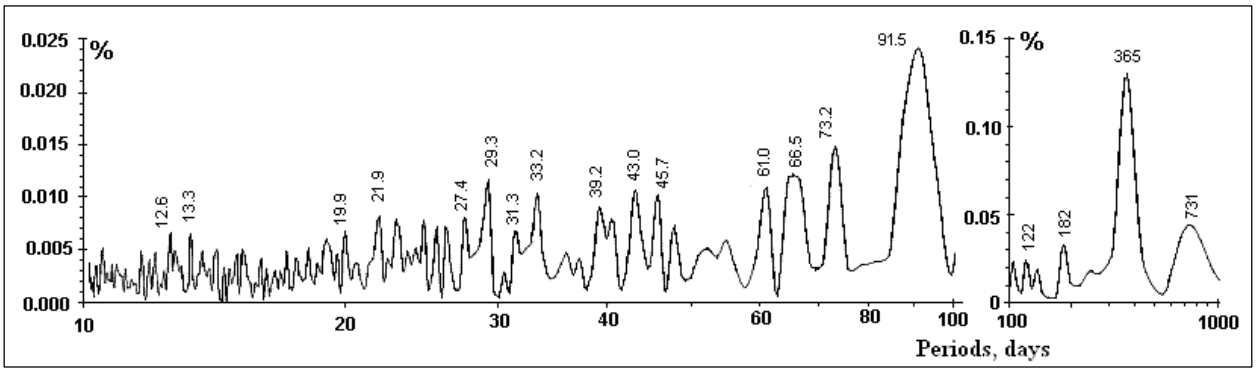

Рис. 1. Периодограмма вариаций скорости счета β источника ^{90}Sr-^{90}Y со счетчиком Гейгера. Анализируемый промежуток времени с апреля 2000 г до марта 2007 г. Амплитуда – в процентах от средней скорости счета [6,7]. Показаны периоды, соответствующие вершинам пиков.

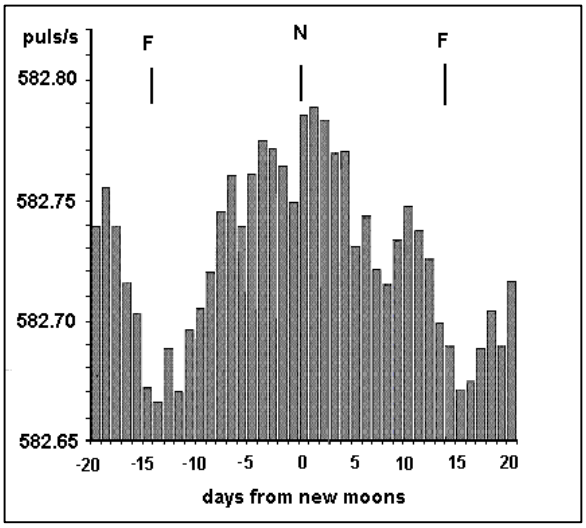

Рис. 2. Усреднение по циклам синодического лунного месяца скорости счета β источника ^{90}Sr-^{90}Y, измеренной счетчиком Гейгера, с апреля 2000 г до марта 2007 г. Усреднение охватывает 87 циклов. **N** – новолуние, **F** – полнолуние [6,7].

На периодограмме выделяется пик с периодом 1 *год* (амплитуда 0,13%) и его гармоники (182; 91,5; 61 *сут.*). В районе околомесячных периодов выделяются пики с периодами 29,3 и 33,2 суток с амплитудой около 0,01%. Хорошо заметна также группа пиков с периодами около 43 суток. Устойчивость проявления ритма синодического лунного месяца 29,53 суток, близкого к периоду одного из наибольших пиков, демонстрирует усреднение результатов измерения радиоактивности ^{90}Sr-^{90}Y по 87 циклам (рис. 2).

В работе [14] приведены данные спектрального анализа результатов многолетних измерений радиоактивности ^{226}Ra [2] и ^{32}Si [4]. Этот анализ, помимо годичного периода, обнаруживает много пиков в диапазоне частот от 4 до 20 *лет*$^{-1}$ (периоды от 91 до 18 суток) (рис. 3). Наибольшие из околомесячных пиков соответствуют периодам 33,2; 32,3; 30,2 суток.. Выделяется также группа пиков с периодами около 43 суток.

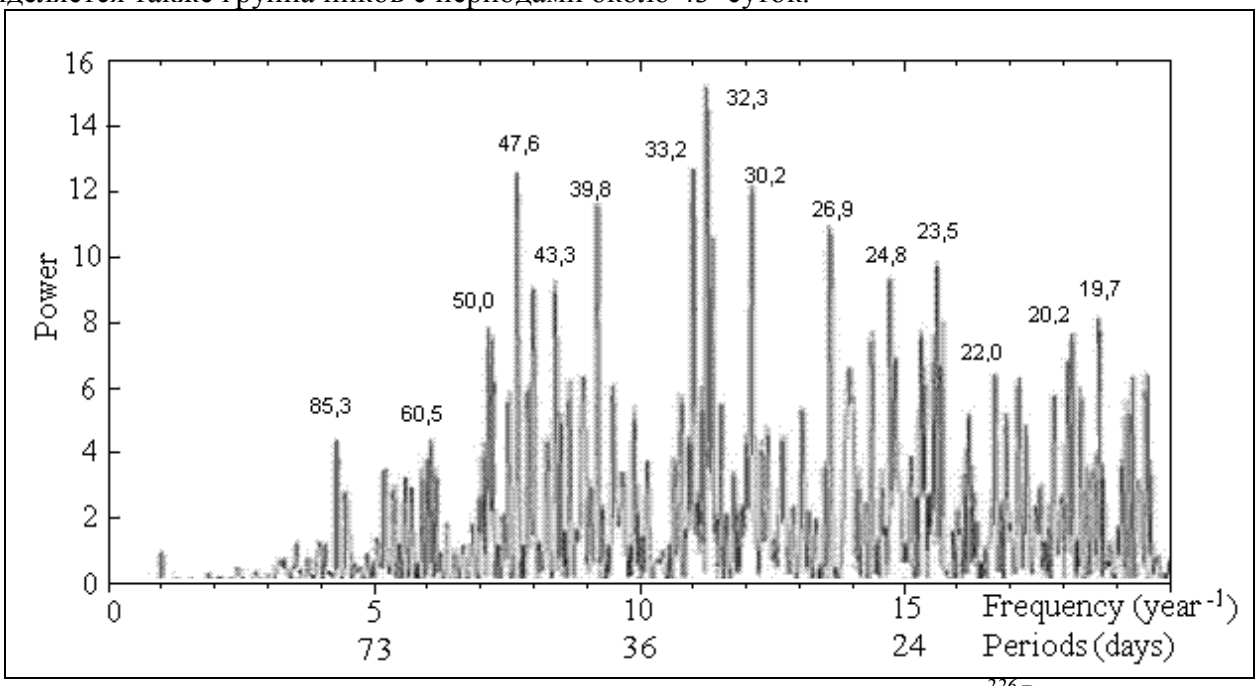

Рис. 3. Спектр мощности вариаций интенсивности β и γ излучения источника ^{226}Ra, измеренной ионизационной камерой. Анализируемый промежуток времени с ноября 1983 г. до октября 1999 г. (1966 измерений) [14]. Показаны периоды, соответствующие вершинам пиков.

Сопоставляя рис.2 с рис.1, можно сделать вывод о близости положения многих пиков в этих независимых измерениях и различных обработках, в том числе, пиков с периодами около месяца.

Ритмы β радиоактивности с периодами около 1 суток

Первое сообщение о ритмических изменениях скорости счета β радионуклида с суточным периодом и амплитудой около 0,06 % содержится в работе [9]. Эти изменения обнаружены при измерениях γ излучения ^{137}Cs продолжительностью 4 суток. На существование суточного ритма в результатах 4-х месячных аналогичных измерений указано в работе [10], но из данных, приведенных в этой работе, о величине эффекта заключить нельзя. Всплески скорости счета γ квантов с периодичностью 1 сутки величиной до 1% обнаружены при регистрации γ излучения ^{60}Co и ^{137}Cs с использованием Ge(Li) детектора [11,12].

Суточный ритм обнаружен при спектральном анализе результатов 7-летних измерений скорости счета β частиц ^{90}Sr-^{90}Y счетчиком Гейгера [5-7] (рис. 4).

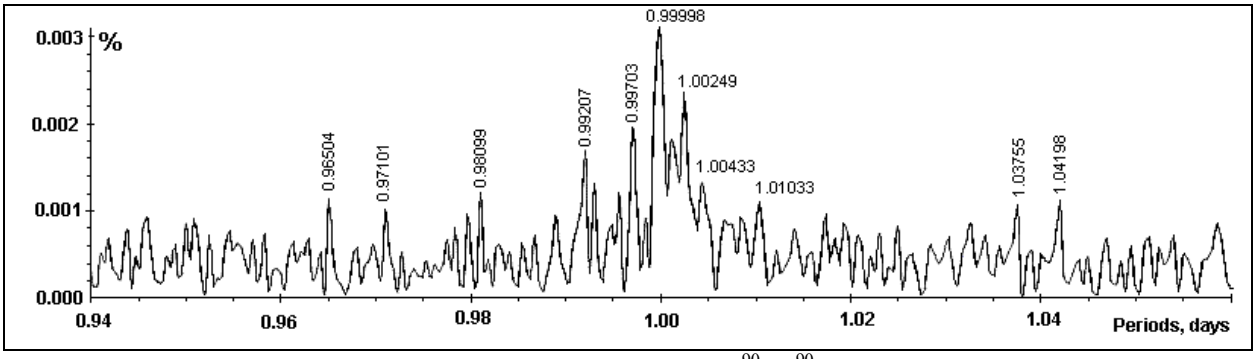

Рис. 4. Периодограмма вариаций скорости счета β источника ^{90}Sr-^{90}Y, измеренной счетчиком Гейгера, в области периодов около 1 сут [6,7]. Анализируемый промежуток времени с апреля 2000 г до марта 2007 г. Амплитуда – в процентах от средней скорости счета Показаны периоды, соответствующие вершинам пиков.

В области околосуточных периодов отчетливо виден пик солнечносуточного ритма с тонкой структурой, отражающей взаимодействие этого ритма с годичным ритмом и его гармониками. Заметен пик, соответствующий лунным суткам (1,03755). Но, возможно, он отражает не влияние с лунносуточной периодикой, а соответствует комбинационной частоте солнечносуточного и лунномесячного ритмов. На это указывает наличие симметричного по частоте пика 0,96504. Амплитуда околосуточных вариаций не превышает тысячных долей процента от средней величины и, в отличие от вариаций с годичным и месячным периодами, нельзя с уверенностью утверждать, что они не порождаются температурными влияниями на измерительную аппаратуру, так как усредненный суточный ход скорости счета подобен усредненному суточному ходу температуры.

Значительно более высокая амплитуда колебаний с периодом 1 сутки, обнаруженная в работах [9,11,12], противоречит результатам [5-7]. Можно предположить, что, несмотря на принятые меры, в экспериментах [9,11,12] не удалось исключить влияние на измерительную аппаратуру колебаний температуры около установки, что и привело к столь большим отклонениям. На это указывает совпадение дней, в которых эффект был незаметен, с пасмурными днями, когда температурные изменения на протяжении суток невелики.

Таким образом, вопрос о величине суточных колебаний радиоактивности, если они существуют, остается открытым. Вероятно, их амплитуда не превышает тысячной доли процента.

Экспериментальные результаты, представленные в качестве опровержения наличия колебаний радиоактивности

Вполне закономерны сомнения в наличии отклонений от общепризнанных представлений о радиоактивности. Рассмотрим аргументацию оппонентов, изложенную в статьях [8, 23].

1. В статье [8] проанализировано энерговыделение радиоизотопного электрогенератора на основе ^{238}Pu, установленного на космическом аппарате «Кассини». При изменении расстояния до Солнца от 0,7 до 1,6 астрономических единиц отличие хода энерговыделения от экспоненты не превышает 0,01%. На этом основании делается вывод об ошибочности экспериментов, обнаруживших колебания радиоактивности, а также идеи о связи годичных изменений радиоактивности с расстоянием между Землей и Солнцем, .выдвинутой в статьях [1,15,16].

Но, поскольку энерговыделение ^{238}Pu практически полностью связано с α распадами, результаты анализа работы энергоустановки аппарата «Кассини» являются подтверждением «правильности» хода *лишь α* распадов, и являются хорошим подтверждением вывода об отсутствии заметных аномалий в ходе α распадов, уже сделанного на основе наших экспериментов [5-7].

2. На первый взгляд, утверждению том, что аномалии хода радиоактивности связаны только с β радиоактивностью, противоречит годичная ритмика, обнаруженная при измерениях активности α радионуклида ^{226}Ra [2]. Но ^{226}Ra не является «чистым» α источником, поскольку он порождает длинную цепочку, содержащую не только α, но и β распады. Для измерения радиоактивности ^{226}Ra была использована ионизационная камера – детектор, чувствительный к β и γ излучениям. Обычно источники ^{226}Ra находятся в герметичных ампулах, не пропускающих α частицы. В этом случае регистрируемый эффект *полностью* связан с β частицами и сопровождающим β распады γ излучением. Следовательно, наличие в измерениях радиоактивности ^{226}Ra вариаций с годичной периодичностью связано с β радиоактивностью. Для вывода о наличии такой ритмики в *α* распадах данный эксперимент не дает никаких оснований.

3. При измерениях германиевым детектором отношений скорости счета γ излучения ^{22}Na / ^{44}Ti , ^{241}Am / $^{121}Sn^m$ и ^{133}Ba / $^{108}Ag^m$ достоверных изменений с периодом 1 год не обнаружено. На основании этих данных делается заключение об отсутствии эффекта ритмических вариаций радиоактивности [23].

Прежде всего отметим, что ^{241}Am является α радионуклидом, а $^{121}Sn^m$ распадается из метастабильного возбужденного состояния. Поскольку, как показывают эксперименты, α распады не испытывают колебаний, подобных β распадам, постоянство отношения ^{241}Am / $^{121}Sn^m$ демонстрирует отсутствие колебаний в вероятности перехода ядра из метастабильного состояния. А это процесс, отличный от β распада.

Далее, постоянство дроби не обязательно означает неизменность числителя и знаменателя. Она может быть связана с *одинаковостью* изменений регистрируемой скорости счета. А причина, одинаково влияющая на результаты измерений, не обязательно связана с нестабильностью измерительной аппаратуры. Поэтому отсутствие вариаций *отношения* радиоактивностей не означает отсутствие вариаций радиоактивностей *отдельных* радионуклидов. Нестабильность аппаратуры и воздействие меняющейся температуры, давления, влажности и т.п. очень различны в разных лабораториях. Тем не менее, период, фаза и величина эффекта при измерениях разных радионуклидов в различных лабораториях с использованием разнотипной аппаратуры, очень близки. Это указывает на существование нетривиальной причины, одинаково влияющей на активность различных радионуклидов в разное время и в разных местах. Отметим, что одинаковость изменений активности различных

радионуклидов является следствием одной из гипотез, объясняющих эффект колебаний радиоактивности (см. ниже).

Таким образом, экспериментальные данные, представленные в качестве опровержения наличия колебаний β радиоактивности, при более внимательном анализе этому эффекту не противоречат.

Обсуждение

Рассмотрим, как обнаруженные свойства явления соответствуют гипотезам, выдвинутым для объяснения отклонений от чисто экспоненциального характеры радиоактивного распада.

1. Выдвинуто предположение о том, что ритмические изменения радиоактивности связаны с изменением ориентации относительно «глобальной анизотропии физического пространства» [12]. Но если для рассматриваемого эффекта имеет значение лишь ориентация относительно некоторого направления, тогда изменения происходили бы с звездносуточным периодом при мало меняющейся амплитуде на протяжении года. Экспериментальные результаты показывают, что, напротив, наибольшие изменения происходят с периодом 1 год, а изменения с периодом 1 сутки намного слабее. Кроме того, эта гипотеза не объясняет тот факт, что ритмическая изменчивость наблюдается только в β, но не в α радиоактивности.

2. Разумным объяснением того, что обсуждаемый эффект проявляется только в β радиоактивности, является предположение о том, что он связан с действием приходящего из Космоса потока нейтрино, так как эти частицы являются атрибутом β процессов, но не участвуют в α распадах. Гипотеза о том, что источником нейтринного потока является Солнце, а изменения радиоактивности с периодом 1 год связаны с изменением плотности потока нейтрино при изменении расстояния Солнце-Земля при ее орбитальном движении, выдвинута Фалькенбергом [1] и воспроизведена Дженкинсом и Фишбахом [15,16].

Это предположение выглядит крайне сомнительным из-за установленной в многочисленных экспериментах чрезвычайной слабости взаимодействия с веществом солнечных нейтрино, имеющих энергию около 1 *МэВ* и выше. Если предположить, что взаимодействие солнечных нейтрино с радионуклидами по какой-то причине намного сильнее общепринятых оценок, происходило бы значительное ослабление плотности их потока при прохождении толщи Земли, что вызвало бы снижение радиоактивности ночью по сравнению с днем. Эксперименты сильных изменений с такой периодичностью не обнаруживают. Кроме того, эта гипотеза не может объяснить отчетливо проявляющийся ритм синодического лунного месяца с максимумами около новолуний и минимумами около полнолуний (см. рис.2).

3. Выдвинута гипотеза о том, что периодические изменения β радиоактивности являются одним из проявлений потоков реликтовых нейтрино (точнее, одного из компонентов темной материи - медленных нейтрино, имеющих скорость десятки-сотни *км/с*) [6,7,17,18]. Расчеты показывают, что величина эффекта при существующей оценке концентрации медленных нейтрино в Галактике может быть вполне ощутимой. С этой гипотезой хорошо согласуется значительно меньшая амплитуда ритма изменений радиоактивности с периодом 1 сутки по сравнению амплитудой ритма 1 год, так как изменение активности, согласно расчетам [18], должно сильно зависеть от скорости движения β источника относительно потока медленных нейтрино. При орбитальном движении Земли ее скорость относительно галактических нейтрино на протяжении года меняется примерно на 40 *км/с*, тогда как в результате вращения Земли вокруг своей оси изменение скорости меньше 1 *км/с*. Поэтому ритм с периодом 1 год должен проявляться значительно сильнее, чем суточный.

В работе [18], кроме того, теоретически показано, что потоки медленных нейтрино вызывают *одинаковые* относительные изменения у всех β радионуклидов независимо от их периода полураспада. Эксперименты, действительно, показывают близость амплитуд годичных колебаний активности различных β радионуклидов (см. **таблицу**), что дает еще одно

подтверждение гипотезы о медленных космических нейтрино как причине обсуждаемого эффекта.

Появление ритма синодического лунного месяца (около 29,5 суток) можно объяснить тем, что именно с этим ритмом меняется гравитационное поле в системе Земля-Луна-Солнце, а гравитационное поле является главным фактором, влияющим на движение медленных нейтрино [17]. Помимо этого, предположение о влиянии на β радиоактивность космических потоков медленных нейтрино объясняет всплески радиоактивности β источников, размещенных в фокусе параболического зеркала [7, 17-20].

Непонятно происхождение ритма с периодом около 33 суток, который отчетливо проявляется не только в спектрах изменений радиоактивности ^{90}Sr-^{90}Y и ^{226}Ra, но и при спектральном анализе результатов 18-летних измерений гравитационной постоянной [21] на установке с крутильными весами [22]. Этот период достоверно отличается от периодов лунных ритмов и ритмов солнечной активности. Попытка связать 33-х суточный период изменения радиоактивности с вращением ядра Солнца [14] не выглядит убедительной.

Литература

1. Falkenberg E.D. *Radioactive decay caused by neutrinos?*//Apeiron, **8,** No. 2, 32-45 (2001)
2. Siegert H., Shrader H., Schotzis U. *Half-life Measurements of Europium Radionuclides and the Long-term Stability of Detectors* //Appl. Radiat. Isot. 49, 1397-1401 (1998)
3. Ellis K.J., *The effective half-life of a broad beam ^{238}PuBe total body neutron irradiator* //Phys. Med. Biol. **35**(8), 1079–1088 (1990)
4. Alburder D.E., Harbottle G., Norton E.F. *Half-life of ^{32}Si* //Earth and Planet. Sci.Lett, 78, 169, (1986).
5. Пархомов А.Г., Макляев Е.Ф. *Исследование ритмов и флуктуаций при длительных измерениях радиоактивности, частоты кварцевых резонаторов, шума полупроводников, температуры и атмосферного давления* // Физическая мысль России, №1, с.1-12 (2004) http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/parkhomov_ritmy/parkhomov_ritmy.htm
6. Parkhomov A.G. *Researches of alpha and beta radioactivity at long-term observations*// arXiv:1004.1761v1 [physics.gen-ph] (2010)
7. Пархомов А.Г. *Космос. Земля. Человек. Новые грани науки.* - М.: Наука, 2009, 272 с.
8. Cooper P.S. *Searching for modifications to the exponential radioactive decay law with the Cassini spacecraft.*// arXiv:0809.4248v1 [astro-ph] (2008)
9. Бауров Ю.А. *А есть ли нейтрино?* // Физическая мысль России, № 2/3, с.126-134 (1997)
10. Бауров Ю.А., Соболев Ю.Г., Кушнирук В.Ф. и др. *Экспериментальные исследования изменений в скорости бета-распада радиоактивных элементов* // Физическая мысль России, № 1, с.1-7 (2000)
11. Рябов Ю.В. и др. *О стабильности регистрации гамма- излучения при длительном интенсивном излучении.* Препринт ИЯИ-1079/2002, М. 2002, 19 с.
12. Baurov Yu.A.,.Malov I.F. *Variations of decay rates of radio-active elements and their connections with global anisotropy of physical space*// arXiv:1001.5383v1 [physics.gen-ph] (2010)
13. Javorsek D.II, Sturrockb, P.A. , Lasenbyc R.N. Power Spectrum Analyses of Nuclear Decay Rates //arXiv:1007.0924v1 [nucl-ex] (2010)
14. Sturrock P.A., Buncher J.B., Fischbach E. et al, *Power Spectrum Analysis of Physikalisch-TechnischeBundesanstalt Decay-Rate Data: Evidence for SolarRotational Modulation* //arXiv:1010.2225v1 [astro-ph.SR] (2010)
15. Jenkins J.H., Fischbach E., Buncher J.B., et al. *Evidence for Correlations Between Nuclear Decay Rates and Earth-Sun Distance* //arXiv:0808.3283v1 [astro-ph] (2008)
16. Fischbach E., et al., *Time-Dependent Nuclear Decay Parameters: New Evidence for New Forces?* //Space Science Reviews, 145(3), 285-335. (2009)

17. Пархомов А.Г. *Распределение и движение скрытой материи*, М., 1993, 76 с. http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/parkhomov_raspredelenie.pdf
18. Parkhomov A.G. *Influence of Relic Neutrinos on Beta Radioactivity* //arXiv:1010.1591v1 [physics.gen-ph] (2010) А.Г. Пархомов. *Влияние реликтовых нейтрино на бета радиоактивность*. http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/parhomov_vlianie reliktr.pdf
19. Пархомов А.Г. *Всплески скорости счета бета источника, расположенного в фокусе телескопа-рефлектора* // Физическая мысль России, №1, с.10-15 (2005) http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/parkhomov_ritmicheskie.pdf
20. Parkhomov A.G. *Bursts of Count Rate of Beta-Radioactive Sources during Long-Term Measurements* // International Journal of Pure and Applied Physics Vol. 1, No.2, 119-128 (2005)
21. Parkhomov A.G. *A Search for Laws in the Results of Gravitational Constant Measurements* // Gravitation and Cosmology, Vol. 15, No. 2, 174–177 (2009)
22. Карагиоз О.В., Измайлов В.П. *Измерение гравитационной постоянной крутильными весами//* Измерительная техника, № 10, с.3-9 (1996)
23. Norman E.B., Browne E., Howard A. et al. *Evidence against correlations between nuclear decay rates and Earth–Sun distance*// Astroparticle Physics 31 135–137 (2009)