

КОРРЕЛЯЦИИ ЗЕМНЫХ И АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

DOI: 10.22363/2224-7580-2020-4-10-34

О ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ НА СКОРОСТЬ РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА

В.А. Панчелюга*

*Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН
Российская Федерация, 142290, Московская обл., Пущино,
ул. Институтская, д. 3*

Аннотация. Предметом настоящей работы являются периоды во временных рядах флуктуаций скорости радиоактивного распада. Наличие таких периодов предполагает возможность определенного внешнего воздействия на параметры радиоактивного распада. Кратко рассмотрена эволюция взглядов на возможность такого воздействия. Выделен ряд этапов, каждый из которых выражает некоторый замкнутый круг идей, который в нем реализован. Рассмотрены экспериментальные работы характерные для каждого такого этапа. Статья не ставит своей целью обзор всех работ, имеющих отношение к обсуждаемым в ней вопросам. Это, в первую очередь, изложение идей, отражающих взгляды автора на возможные механизмы возникновения периодов во временных рядах скорости радиоактивного распада. Приведенные в работе ссылки носят скорее иллюстративный характер.

Ключевые слова: радиоактивный распад, периоды, локальный фрактальный анализ, метод всех сочетаний, флуктуации.

1. Открытие природной радиоактивности. Два лика радиоактивного распада

Первые попытки внешних воздействий на скорость радиоактивного распада начинаются практически с момента открытия радиоактивности А. Беккерелем в 1896 году. Эти исследования составляют первый этап, который на многие годы определил взгляды научного сообщества на возможность таких воздействий.

* E-mail: victor.panchelyuga@gmail.com

В качестве примера подобных исследований того времени 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 $2500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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].

Исследования активности радона позволили Резерфорду получить основной закон радиоактивного распада [3]:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

где N_0 – число радиоактивных ядер в произвольный начальный момент $t = 0$, λ – постоянная радиоактивного распада (характеризует 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. 1, *a* показана зависимость (1). Как можно видеть, это гладкая кривая, которая полностью определяется выражением (1). Единственный параметр, от которого зависит вид кривой, – постоянная распада λ , константа характеризующая отдельно взятый изотоп.

Но в действительности результаты последовательных измерений скорости радиоактивного распада выглядят так, как это показано на рис. 1, *б*: флуктуации, имеющие случайный характер. Каждая точка кривой на рис. 1, *a* это среднее, вычисленное на основе отрезка временного ряда, аналогичного показанному на рис. 1, *б*.

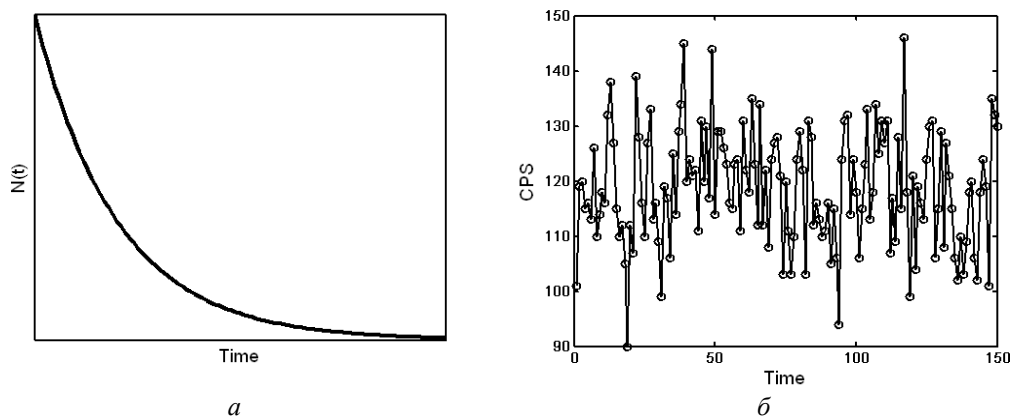


Рис. 1. Два «лица» радиоактивного распада:

детерминированный, ультрастабильный процесс (*a*)

и шумоподобный процесс, мгновенные значения которого случайны и непредсказуемы (*б*).

В действительности (*б*) показывает, как выглядит микроскопический, локальный участок кривой (*a*)

Модель, позволяющая представить статистическое описание флуктуаций скорости радиоактивного распада, основана на следующих постулатах [6]:

- Вероятность распада атома в любой интервал времени одинакова для всех атомов в группе (все атомы идентичны).
- Факт, что некий атом распался в заданный интервал времени, не влияет на возможность другого атома распастся в тот же интервал времени (все атомы независимы).
- 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).
- Общее число атомов и общее число одинаковых временных интервалов является большим (поэтому важно статистическое усреднение).

Математические выкладки, которые мы опускаем, приводят к следующему выражению для вероятности зарегистрировать распад n частиц из полного числа N радиоактивных ядер:

$$\omega_n = \frac{(N\lambda t)^n}{n!} \exp(-N\lambda t). \quad (2)$$

Выражение (2) – это известное из статистики распределение Пуассона, а приведенные выше постулаты характерны для любого пуассоновского процесса. Если событие «распад атома» заменить на «число солдат-кавалеристов, убитых за год ударом копыта лошади» [7. С. 138] (классический пример случайной величины, использовавшийся во времена, когда про «распад атома» еще ничего не знали), то вышеприведенные постулаты могут быть соответствующим образом переформулированы и в результате, с точностью до обозначений, мы получим то же самое распределение (2).

Как можно видеть, из (2) в данной статистической модели также отсутствуют какие-либо физические параметры, на которые можно было бы оказывать внешнее воздействие.

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. Вместе с тем 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, как это следует из (1).

Такая двуликость имеет свои практические применения. Например, существуют задачи, для которых необходимы длинные последовательности случайных чисел. Их получают при помощи специальных компьютерных программ. Но если последовательность нужна очень длинная, то компьютерные генераторы случайных чисел начинают повторяться, в них появляются периоды. И тут на помощь приходят временные ряды *флуктуаций* скорости радиоактивного распада. Они никогда не повторяются. В определенном смысле такие временные ряды – эталон случайности.

Стабильность и предсказуемость *средней* скорости радиоактивного распада – основа широко известного радиоуглеродного датирования. Шкала радиоактивных «часов» на изотопе ^{14}C охватывает интервал времени в 50 тыс. лет [8]. В случае, когда необходимо определить большие промежутки времени, «часами» служат изотопы, которые распадаются («тикают»!) не так быстро, как углерод. Так, калий-аргоновый метод позволяет датировать образцы с возрастом, равным возрасту Земли [9–10].

2. «Деформация» электронной оболочки и скорость радиоактивного распада

Описание радиоактивного распада на основе (1) и (2), несмотря на то что было создано еще в начальный период изучения радиоактивности, вошло в университетские учебники, стало основой, а зачастую единственным содержанием, современного образовательного стандарта. При этом обязательно подчеркивается, что радиоактивный распад – явление принципиально статистическое [3–5], 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]. То есть возможность, хотя бы гипотетическая, внешнего воздействия на скорость радиоактивного распада в рамках резерфордовской модели (1) – (2) полностью исключается.

Хотелось бы особо отметить, что рассмотренный выше первый этап – доквантовый. Появление и развитие квантовой механики знаменует собой второй этап, который характеризуется созданием адекватных квантово-механических моделей ядерных явлений. Благодаря этому было показано, что разнообразие воздействий на электронную оболочку (сверхсильные магнитные поля, давление [11–12], изменение химического окружения [13–15], степень ионизации атома [16], сверхнизкие температуры [17–18]), приводящие к ее изменениям, «деформации» могут влиять на скорость радиоактивного распада.

Выводы этих моделей были подтверждены многочисленными, тщательно выполненными экспериментами. В качестве примера можно привести работу [16], 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 [19] показано, что проницаемость барьера зависит от электронной оболочки. Таким образом, влияя на электронную оболочку, можно изменять скорость α -распада.

Итак, суммируя, можно отметить, что второй этап характеризуется созданием теоретических моделей, демонстрирующих возможность воздействия на скорость радиоактивного распада через изменение состояния электронной

оболочки атома. Выводы этих моделей подтверждены многочисленными экспериментами. На эту тему имеется множество работ, которые опубликованы в ведущих мировых физических журналах.

Таким образом, категорический запрет на возможность воздействия на скорость радиоактивного распада, характерный для первого этапа, на втором этапе был снят. Но, по большей части, эти работы пока еще не вошли в университетские учебники и известны только немногочисленным узким специалистам.

3. Периоды во временных рядах *скорости* радиоактивного распада

Появление в 1980-х годах персональных компьютеров, быстродействие и количество доступной памяти которых год за годом стремительно увеличивалось, привело к тому, что стали доступными задачи, которые ранее не всегда были под силу даже большому ЭВМ. Одной из них стал мониторинг скорости радиоактивного распада. Появилась возможность регистрации многолетних временных рядов. Это знаменовало начало третьего этапа.

В отличие от второго этапа, где характерная энергия воздействия на радиоактивные изотопы хотя и намного меньше кулоновского барьера, но все же очень значительна, на третьем этапе, как правило, и изотоп и регистрирующую аппаратуру стараются всячески оградить от любых внешних влияний. В первую очередь, это воздействия геофизического происхождения: температура, давление, влажность и т.д.

И вот в таких «тихих», «невозмущенных» временных рядах были найдены периоды. Если продолжить аналогию с двумя «кликаками» радиоактивного распада, то в работах третьего этапа для поиска периодов используются отклонения от кривой, которая выражает закон радиоактивного распада (см. рис. 1, а). То есть исследуемым «сигналом» является разность между теоретической кривой и, соответствующим образом, усредненным экспериментальным временным рядом. В дальнейшем такие разностные временные ряды исследуются на наличие периодов различными методами спектрального и корреляционного анализа.

Одним, что из первых исследований в этом направлении явилась серия работ [20–21], в которых были обнаружены вариации ^{14}C и трития с годовыми периодами, а также заметное влияние геомагнитных возмущений (сильных магнитных бурь). Также в [20] были обнаружены циклические изменения средних и среднеквадратичных значений скорости распада измеряемого тритиевого эталона с периодами 60 мин и 3 часа. Авторы особо отмечают, что амплитуды найденных периодов возрастают при низких значениях геомагнитной активности.

Очевидно, что наиболее систематическое исследование периодов в многолетних рядах скорости радиоактивного распада было выполнено в работах А.Г. Пархомова, начатых еще в 1990-е годы. В результате уже к 2004 году были получены убедительные экспериментальные доказательства

наличия годовых и других периодов в β -радиоактивности [22]. Его исследования суммированы в книге [23], а также в ряде публикаций [24–25].

На рис. 2 приведены результаты периодограммного анализа вариаций скорости β -распада источника ^{90}Sr - ^{90}Y . Анализировались временные ряды продолжительностью 7 лет. В правой части рисунка показан годовой период (365 суток). В левой – периоды примерно от двух недель до трех месяцев. На рис. 3 показаны околосуточные периоды. Наибольшую амплитуду имеет суточный период. Особый интерес по причинам, о которых будет упомянуто ниже, представляет наличие пика, соответствующего длительности звездных суток (0.997).

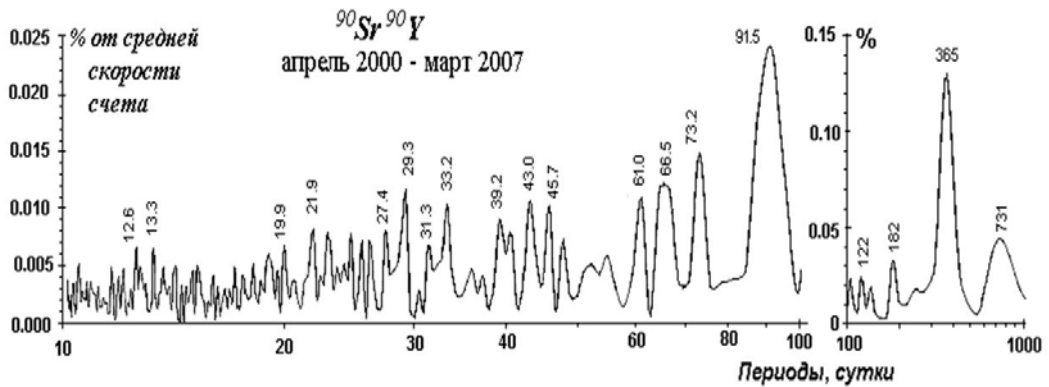


Рис. 2. Периодограмма вариаций скорости счета β -источника ^{90}Sr - ^{90}Y со счетчиком Гейгера. Анализируемый промежуток времени 7 лет. Показаны периоды, соответствующие вершинам пиков [23]

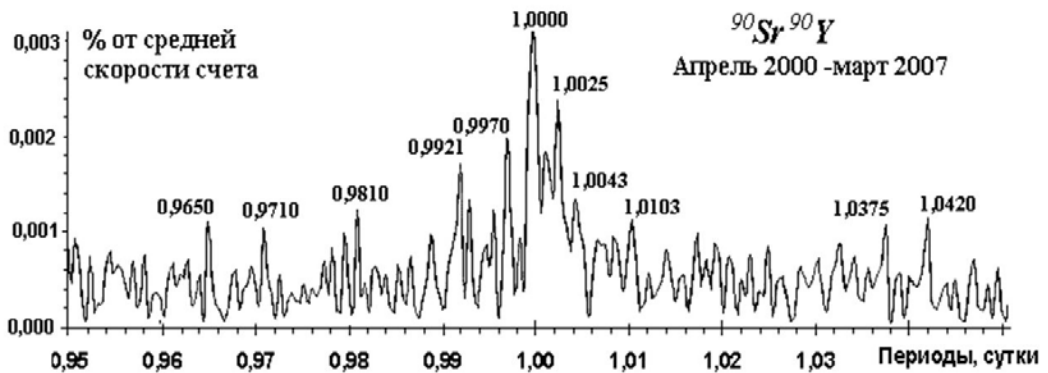


Рис. 3. Околосуточные периоды в рядах флуктуаций скорости бета-распада. Помимо пика солнечного-суточного (1,0000) периода видны пики звездно-суточного (0,9970) и лунно-суточного периода (1,0375 и 1,0420) [23]

Из данных рис. 2 и рис. 3 можно заметить следующую закономерность: относительная амплитуда найденных периодов уменьшается с уменьшением их длительности. Исходя из работ А.Г. Пархомова и других авторов можно заключить, что годовые и сезонные периоды обычно имеют относительные амплитуды $\sim 10^{-1} \dots 10^{-3}$, а околосесячные и суточные $\sim 10^{-3} \dots 10^{-5}$.

Годовой период был найден также в ряде других работ [26–28]. В [27–28] были проанализированы многолетние ряды скорости распада изотопа ^{226}Ra

(длина записи 15 лет), измеренные в РТВ¹ и ³²Si (длина записи – 4 года), измеренные в BNL². Кроме годового периода, было также обнаружено, что циклические изменения активности ²²⁶Ra и ³²Si коррелируют с величиной $1/R^2$, где R – расстояние Земля–Солнце, а также демонстрируют синхронность в совпадающей части BNL и РТВ временных рядов.

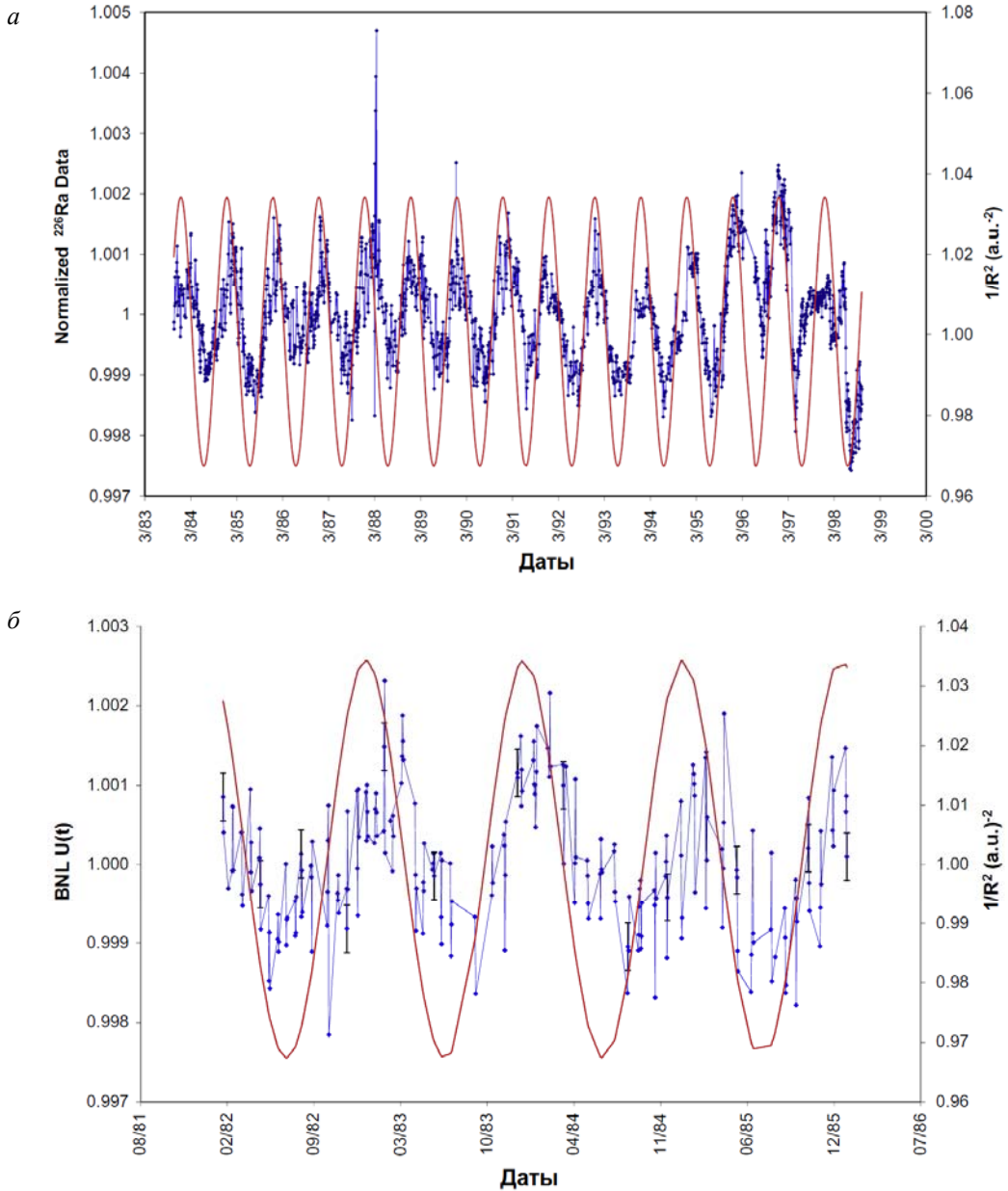


Рис. 4. Годовые периоды, обнаруженные в РТВ (а) и BNL (б) данных
Объяснения в тексте

¹ РТВ – Physikalisch-Technische Bundesanstalt – национальная метрологическая лаборатория Германии.

² BNL – Брукхевенская национальная лаборатория (Brookhaven National Laboratory), Лонг-Айленд, штат Нью-Йорк.

Хотя работы [27–28] и не являются пионерскими (о годовом периоде говорилось и ранее, например в [22]), им было суждено привлечь и в некоторой степени изменить мировое научное мнение в части возможности существования упомянутых выше периодов. Благодаря этим работам тематика, связанная с периодами в скорости радиоактивного распада, около десяти лет назад прочно прописалась на страницах высокорейтинговых международных физических журналов. Число публикаций к настоящему времени уже исчисляется сотнями. Несколько процентов от этого количества имеют критический характер и рассматривают найденные в отдельных публикациях периоды как артефакты, связанные определенными геофизическими влияниями на регистрирующую аппаратуру [29–30].

Действительно, наиболее часто обсуждаемый годовой период связан с циклическим изменением практически всех геофизических процессов, и в первую очередь температуры, к которой крайне чувствительна полупроводниковая электроника. При этом температурные вариации будут выглядеть так же, как и искомый полезный сигнал. Поэтому необходимо применение специальных мер, чтобы их 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 абсолютно все факторы, которые могут привести к образованию трендов в регистрируемых временных рядах. В этом ахиллесова пята рассмотренных в этом разделе методов выявления периодов в скорости радиоактивного распада: они интерферируют, маскируются большим количеством геофизических факторов.

И хотя в принципе часть периодов в конечном итоге могут оказаться приборными артефактами геофизического происхождения, существуют многочисленные контраргументы в пользу того, что это не так. Например, упоминавшийся выше звездно-суточный период (см. рис. 3), по общему мнению, не может быть связан с геофизическими влияниями. Периоды, обнаруженные в синхронных пространственно-разнесенных измерениях, имеют одинаковую фазу [27–28]. Данная дискуссия активно продолжается в настоящее время.

Суммируя данный раздел, можно заключить, что наличие периодов от суточных до годовых может свидетельствовать о наличии пока неидентифицированного, предположительно слабого внешнего воздействия, оказывающего влияние на скорость радиоактивного распада. Некоторые соображения о механизмах этого воздействия и соответствующие эксперименты будут рассмотрены в пятом разделе.

4. Периоды во временных рядах *флуктуаций* скорости радиоактивного распада

Как отмечалось в предыдущем разделе, практически во всех работах третьего этапа, где были найдены периоды из диапазона сутки–год, используются классические методы спектрального и корреляционного анализа. Это

связано, в первую очередь, с тем, что объектом исследования в этих работах являются *средние величины* – слабые *вариации* на кривой радиоактивного распада (см. рис. 1, а). В работах, которые мы условно относим к четвертому этапу, объектом исследования являются временные ряды *флуктуаций* скорости радиоактивного распада, то есть, процесс, показанный на рис. 1, б. Исследуются именно *локальные свойства флуктуаций*, как они изменяются на протяжении временного ряда, безотносительно к поведению средних величин.

Для исследования свойств флуктуаций временные ряды, аналогичные показанным на рис. 1, б, должны быть определенным образом параметризованы. После этого соответствующими методами производится анализ полученных последовательностей параметров. Ниже будут кратко рассмотрены две группы работ, которые отличаются принятым способом параметризации: экспертный гистограммный метод С.Э. Шноля [31] (параметризация производится при помощи сглаженных гистограмм, построенных по коротким (30–60 точек) последовательным отрезкам временных рядов) и локальный фрактальный анализ методом всех сочетаний [32–33].

4.1. Исследования С.Э. Шноля

Исследования С.Э. Шноля были начаты в 1951–1956 годы, когда он начал систематические исследования причин флуктуаций результатов измерений скоростей биохимических реакций. Поводом для начала этих исследований была излишне, как казалось, большая амплитуда этих флуктуаций. Однако самым ярким их свойством были сильно изрезанные гистограммы – спектры амплитуд флуктуаций измеряемых величин. В ряде опытов эти изрезанные гистограммы получались удивительно похожими друг на друга. Это явление было названо феноменом макроскопических флуктуаций [34].

Сначала эта похожесть объяснялась особыми свойствами изучаемых объектов – сократительных белков мышц [35–36]. Но потом аналогичные феномены были обнаружены при измерениях любых процессов от скоростей химических реакций до измерений радиоактивного распада.

Изначально феномен макроскопических флуктуаций пытались объяснить внутренними свойствами процесса, флуктуации которого изучались. Эти попытки привели к идее о колебательных режимах в ходе изучаемых химических реакций. Одним из итогов этого периода было исследование аспирантом С.Э. Шноля А.М. Жаботинским колебательной реакции, открытой Б.П. Белоусовым [37]. Впоследствии она получила всемирную известность как реакция Белоусова–Жаботинского или ВZ-реакция [38].

По-видимому, впервые мысль о том, что феномен может быть связан не с внутренними свойствами системы, возникла в связи с опытами 60–70-х годов, в которых была обнаружена синхронность колебаний (флуктуаций) ферментативной активности белков актомиозинового комплекса и креатинкиназы в *разных* сосудах [39–40]. Из этих опытов следовало, что «конформационные колебания» зависят от какой-то «внешней силы». Но, тем не

менее, в то время причину наблюдаемых явлений искали в непосредственном взаимодействии молекул белков [36].

Стимулом для постановки первых опытов по измерениям в разных географических пунктах явилось предложение В.Е. Жвирблиса провести с ним синхронные измерения: флуктуаций зрительного порога при настройке визуального поляриметра в Москве и флуктуаций ферментативной, креатинкиназной активности в Пущино. Результаты этих опытов в апреле-мае 1978 года показали сходство гистограмм в одно и то же время при измерении разных процессов и при расстоянии между лабораториями более 100 км [41]. Следующий шаг был сделан осенью 1979 года – выполнены измерения радиоактивности в Москве и скорости химической реакции (аскорбиновой кислоты с дихлорфенолиндофенолом) – в Пущино. Также было обнаружено сходство гистограмм. Систематическая работа началась в феврале 1980 года – одновременные измерения разных процессов в Пущино и измерения α -активности в МИФИ (Н.Б. Хохлов, М.П. Шарапов). Эти синхронные опыты показали высокую вероятность сходства гистограмм в процессах разной природы в одно и то же время.

Начиная с 2000 года были созданы приборы для мониторинга скорости радиоактивного распада конструкции И.А. Рубинштейна, позволяющие получать длинные временные ряды хорошего качества. И если до этого времени результат эксперимента заключался в сравнении небольшого количества гистограмм (от единиц до десятков), то с этого момента результат, как правило, представлялся в виде распределения временных интервалов между парами гистограмм, которые эксперт признал подобными. При этом число сравнений, необходимое для получения такого результата, уже исчислялось десятками сотнями тысяч. Подробно методика исследования временных рядов с использованием метода попарного экспертного сравнения гистограмм или гистограммного метода описана в работе [31].

С использованием гистограммного метода были получены следующие основные свойства феномена макроскопических флуктуаций.

- **Эффект ближней зоны:** достоверно более высокая вероятность появления сходных гистограмм в ближайших (соседних) не перекрывающихся интервалах рядов результатов измерений.

- **Универсальность феномена макроскопических флуктуаций:** высокая вероятность сходства формы гистограмм, построенных по результатам одновременных, независимых измерений флуктуаций в процессах различной качественной природы.

- **Периодичность проявления феномена макроскопических флуктуаций.** Важным свидетельством неслучайности формы гистограмм являются их закономерные изменения во времени. Эти закономерности проявляются в наличии периодов: суточного (солнечные и звездные сутки), около 27-суточных периодов, годовых периодов («календарного» – 365 солнечных суток и «звездного» – сидерического: 365 солнечных суток плюс 6 часов и 9 минут).

- **Эффект местного времени:** высокая вероятность появления пар сходных гистограмм в разных географических пунктах в одно и то же местное (долготное) время [42].

- **Зависимость подобия формы гистограмм от направления в пространстве.**

- **Выделенные формы гистограмм** в моменты новолуний и в максимуме солнечных затмений, во время восходов и заходов Солнца и Луны.

Упомянутые исследования С.Э. Шноля суммированы в [43; 51].

Необходимо отметить, что достоверность периодов, полученных гистограммным методом, нуждается в дополнительном обосновании в силу субъективного характера используемого при этом экспертного сравнения.

4.2. Локальный фрактальный анализ методом всех сочетаний

В работах [32–33] был разработан локальный фрактальный анализ шумоподобных временных рядов методом всех сочетаний (МВС), который синтезировал в себе основные идеи метода минимальных покрытий (ММП) [44] с требованием инвариантности фрактальной размерности относительно линейных преобразований (сдвиги, растяжения, зеркальные отражения), а также относительно перестановок элементов отрезка временного ряда, на основе которого вычисляется фрактальная размерность. Последнее свойство является отличительной особенностью МВС-метода, придающей ему ряд уникальных свойств. Важнейшим из них является локальность – возможность вычисления фрактальной размерности для коротких (десятки точек) отрезков анализируемого временного ряда. При этом, в отличие от ММП-метода, для отрезка временного ряда длиной $N = 2^n$ МВС-метод позволяет проанализировать $N - 1$ масштабов, а не n , как в ММП-методе и других методах, обычно используемых для вычисления фрактальной размерности. Благодаря этому свойству величина N может быть значительно уменьшена, а точность определения фрактальной размерности существенно возрастает.

Одним из первых результатов использования МВС-метода для анализа шумоподобных временных рядов является исследование 329-суточного массива флуктуаций скорости α -распада, в результате которого был обнаружен устойчивый набор периодов в диапазоне 1–115 мин [45–46]. Было показано, что найденные в [45–46] периоды с хорошей точностью совпадают с периодами собственных колебаний Земли [52]. Это совпадение проявляется как для классических, так и для так называемых сейсмогравитационных или длинноволновых колебаний Земли [53].

Для указанного диапазона периодов была показана не только тесная связь найденного спектра со спектром собственных колебаний Земли, а также его универсальный характер: спектры периодов, найденные для флуктуационных процессов в системах различной природы (физических, химических, биологических), всегда совпадали с соответствующей частью спектра, найденного для временных рядов флуктуаций скорости α -распада (рис. 5) [45–46].

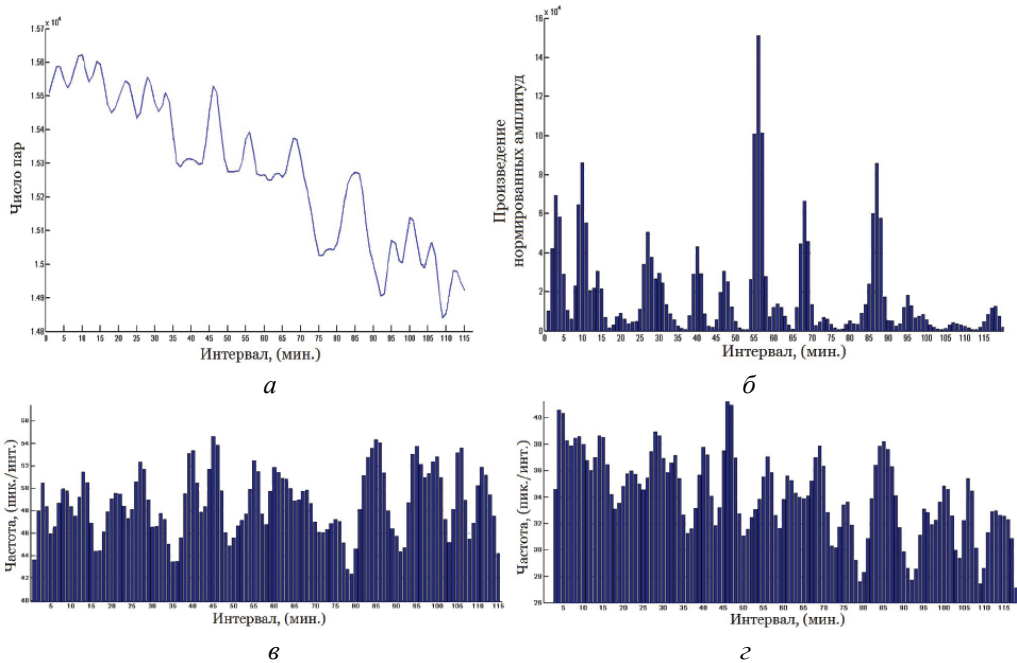


Рис. 5. Периоды, впервые полученные в [45-46]:

а – сумма распределений интервалов; *б* – произведение распределений интервалов;
в – сумма координат пиков; *г* – сумма нормированных координат пиков
 на распределениях интервалов

В ходе дальнейших исследований, с использованием МВС-метода, были получены устойчивые внутрисуточные периоды в диапазоне 2–24 часа [47–48], также совпадающие с соответствующими периодами собственных колебаний Земли, характерными для данного диапазона [54].

Анализ большого (ок. 5 лет) массива временных рядов флуктуаций скорости α -распада, измеренных в Антарктиде, выявил бóльшую, чем для среднширотных данных, выраженность периодов 80 и 160 мин. Также был обнаружен период в районе 50 мин, который не принадлежит спектру собственных колебаний Земли [49]. Такой же период был обнаружен в [50] в ходе анализа спектров астрофизических мазеров. Интересно отметить, что все 16 периодов, найденные в спектрах астрофизических мазеров и приведенные в работе [50], совпадают с периодами, опубликованными в [45–46] несколькими годами ранее.

Особо хотелось бы отметить биологическую «активность» обсуждаемого нами спектра, которая впервые была выявлена в [45–46] при анализе периодов, обнаруженных во временных рядах флуктуаций параметров различных биологических систем. В качестве примера собственных исследований можно упомянуть МВС-анализ временных рядов хемилюминесценции планарий *Dugesia (Girardia) tigrina*, измеренных при помощи хемилюминометра Биотокс-7А 2М с областью спектральной чувствительности в диапазоне 380–710 нм. Найденный в результате этого анализа спектр периодов сравнивался со спектром, описанным в работах [45–46]. Проведенное

сравнение показало хорошее совпадение соответствующих периодов обоих спектров [55].

В работе [56] исследована динамика внутрибрюшинной температуры тела у самцов мышей C57Bl/6 и обыкновенных зеленушек (*Chloris chloris*). Несмотря на принадлежность исследуемых видов животных к разным классам, в их суммарных спектрах температуры тела выделяется одинаковый набор основных гармоник. Обнаружена синхронность проявления этих колебаний у животных, находящихся изолированно друг от друга. В [57] аналогичный анализ выполнен для двух видов млекопитающих (лабораторные мыши C57Bl/6 и белогрудые ежи *Erinaceus roumanicus*) и двух видов воробьиных птиц (зеленушка *Chloris chloris* и японский перепел *Coturnix japonica*), имеющих разную массу тела и, соответственно, различный уровень метаболизма. В суммарных спектрах температуры тела, полученных в [56–57], выделяется одинаковый набор основных гармоник, которые проявляются синхронно у разных особей и, аналогично [55], с хорошей точностью совпадают со спектром [45–46]. Как отмечено в [56–57], обнаруженные спектры совпадают с так называемыми околочасовыми периодами, имеющими большое биологическое значение и обнаруженными на различных структурных уровнях организации живого. История их исследований насчитывает несколько десятилетий и отражена, например, в сборнике обзорных статей [58].

Заключая настоящий раздел, хотелось бы особо отметить, что наряду с совпадением спектра [45–46] со спектрами различных флуктуационных процессов «земного» происхождения: спектром собственных колебаний Земли, спектрами флуктуаций температуры мелких млекопитающих и птиц [56–57], хемилюминесценции планарий [55] чрезвычайно интересным является его совпадение со спектрами периодов ряда астрофизических систем.

Как уже упоминалось, спектр периодов [45–46] обнаружен в спектрах астрофизических мазеров [50]. Также обнаружено его совпадение со спектром вращательных периодов астероидов [59–60]. Это, в совокупности, подтверждает универсальный характер спектра [45–46] и позволяет сделать осторожное предположение о его космофизической обусловленности. Возможно, в данном случае мы имеем дело с режимом глобальной синхронизации, к которому, согласно гипотезе А.М. Молчанова [61], должна приходить любая динамически зрелая система.

Универсальность спектра периодов, обнаруженного при исследовании флуктуаций скорости альфа-распада, на наш взгляд, смещает акцент от исследования флуктуаций скорости радиоактивного распада к исследованию флуктуаций вообще. Необходим соответствующий универсальный механизм возникновения описанных периодов в флуктуациях процессов любой качественной природы. В этой связи интересно рассмотреть некоторые эксперименты, содержание которых, на наш взгляд, «дает намек» на подобный механизм.

5. Экспериментальные исследования возможных механизмов воздействия на параметры радиоактивного распада

Рассмотренный выше большой массив экспериментальных исследований требует рассмотрения новых, «невозмущающих», «тихий» механизмов воздействия на параметры радиоактивного распада, которые не связаны с заметным энергетическим воздействием на исследуемый радиоактивный изотоп. Ниже приведены краткие обзоры некоторых экспериментальных работ, в которых, на наш взгляд, проявляются подобные механизмы.

5.1. Влияние на обратный бета-распад. Всплески у А.Г. Пархомова

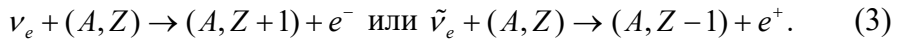
В 1987–1988 годах в ходе исследований влияния электрического поля на фотоэмульсию А.Г. Пархомов обнаружил, что рядом расположенные периодические структуры (трансформаторы, конденсаторы) влияют на результаты экспериментов, выступая аналогами дифракционных решеток для некоторого неизвестного излучения (Н-излучения), имеющего, предположительно, волновую природу. В ходе специально организованных исследований данное предположение было подтверждено и найдены следующие длины волн Н-излучения: 5,2...7,3 мкм, 46...68 мкм, 0,3...0,5 мм, 1,4...2 мм [23]. Также была обнаружена 1) его высокая проникающая способность, связанная с его электронейтральностью; 2) непостоянство проявлений во времени, пространстве и по направлениям; 3) способность инициировать процессы, ведущие к ионизации и запускающие искровые разряды [23. С. 63].

Анализ всей совокупности экспериментальных проявлений Н-излучения позволил сделать предположение о том, что наблюдаемые эффекты могут быть связаны с направленными потоками ультрахолодных (реликтовых) нейтрино с массой покоя порядка 10 эВ и скоростью v , значительно меньшей скорости света $v \ll c$ [23]. В дальнейшем значение массы покоя, приписываемое нейтрино, снижалось: в [62] используется значение 1эВ, в [63] значение, не превышающее 0,28 эВ (согласно работе [64]). Также отмечается, что наблюдаемые эффекты могут быть связаны «...не только с нейтрино, а и с иными электронейтральными частицами, способными вступать в слабые взаимодействия» [62. С. 93].

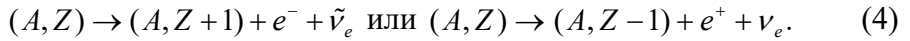
При массе 0,28 эВ и кинетической энергии 0,1 эВ такие нейтрино имеют длину волны де Бройля около 5 мкм, следовательно, пространственная область их взаимодействия может охватывать порядка 10^{13} атомов жидкости или твердого тела. Последнее обстоятельство имеет своим следствием 1) макроскопический характер взаимодействия ультрахолодных нейтрино с веществом; 2) значительное увеличение их сечения взаимодействия [63].

Макроскопический характер взаимодействия излучения с веществом ведет к тому, что при распространении излучения через границу раздела двух сред будет происходить его преломление и отражение. Это соображение было взято за основу конструкции телескопа-рефлектора, фокусирующего Н-излучение. В качестве детектора в таком телескопе было предложено

использовать реакции обратного бета-распада, так как у них отсутствует энергетический порог:



Процесс (3), приводящий к появлению монохроматической линии в конце бета-спектра, необходимо было выделить на фоне обычного бета-распада, который, согласно [62], нечувствителен к действию Н-излучения:



Эти идеи были реализованы в ряде конструкций телескопов-рефлекторов (стальное параболическое зеркало диаметром 22 см с фокусным расстоянием 10 см), в фокусе которых располагался бета-источник (^{60}Co , ^{90}Sr – ^{90}Y), вместе с детектором (счетчик Гейгера СБМ-12 [23; 62] или сцинтиллятор + ФЭУ[62]).

Использование неподвижного телескопа-рефлектора, который сканировал (за счет суточного вращения Земли) полосу небесной сферы шириной около 1° , обнаружило всплески скорости счета продолжительностью от нескольких секунд до часа, происходящие с интервалом в несколько месяцев [23; 62]. Придание телескопу сканирующего движения позволило просматривать полосу около 40° и это привело к тому, что всплески скорости счета появлялись несколько раз в сутки [62]. Амплитуда всплесков в обоих случаях превышала фоновые значения скорости обратного бета-распада от нескольких раз до 1-2 порядков.

Проведенные исследования [23; 62; 65] выявили следующее: 1) всплески появляются в виде коротких (несколько секунд) одиночных событий или более продолжительных (до нескольких часов) событий, состоящих из группы коротких всплесков различной амплитуды; 2) всплески, как правило, не воспроизводятся на следующие сутки при той же ориентации телескопа, но в некоторых случаях появление всплесков удается предсказать; 3) распределение всплесков по небесной сфере неравномерное и может отличаться на два порядка для различных ориентаций; 4) всплески не регистрируются при наличии плотной облачности; 5) оконное стекло, алюминиевая фольга не влияют на процесс регистрации всплесков; 6) параллельная регистрация скорости бета-распада изотопа, не находящегося в фокусе телескопа, всплесков не обнаруживает; 7) всплески меньшей амплитуды (не более 10 имп./с, при фоновом значении 0.01 имп./с) регистрировались также в случае, когда в фокусе телескопа находился детектор без радиоактивного источника [23].

В работе [23] отмечается, что свойства 3) – 5), а также способность фокусироваться телескопом-рефлектором роднят Н-излучение с агентом, который регистрировался в опытах Н.А. Козырева [66].

Хотелось бы особо отметить, что рассмотрение бета-распада в виде двух процессов (3) и (4) дает возможность обойти проблему изменения эффективности регистрации детектора, о которой говорилось ранее. Действительно, если верно предположение А.Г. Пархомова [62], что за влияние на скорость радиоактивного распада отвечает (3), в то время как (4) остается случайным

пуассоновским процессом, в котором любые периоды должны отсутствовать, то наличие таких периодов в (4) может свидетельствовать о том, что меняется эффективность регистрации под действием некоторого внешнего фактора. Так как оба процесса (3) и (4) могут регистрироваться одним детектором, появляется возможность разделить «влияние на аппаратуру» и «влияние на распад».

Но, как отмечается в [67], существует ряд работ, в которых наблюдаются периоды не только в бета-распаде. Это может говорить о том, что рассмотренный выше механизм (3) – (4), возможно, не является единственным, который может приводить к «тихому» изменению параметров радиоактивного распада. Рассмотрению другого примера подобных механизмов посвящен следующий раздел.

5.2. Влияние резонансных экранов на параметры радиоактивного распада

Такого рода механизмы были теоретически предсказаны в [68], а их экспериментальное подтверждение дано в работах [69–70]. Идея этих экспериментов состоит в следующем: «...согласно базовым положениям квантовой механики и электродинамики любой спонтанный процесс является частично индуцированным за счет влияния (взаимодействия с ядром) нулевых колебаний соответственного поля: для гамма-квантов – электромагнитного вакуума, для бета-распадов – электрон-позитронного вакуума и т.д. По этой причине помещение источника в часть пространства, окруженную экраном из аналогичных ядер, приводит к существенному изменению свойств этого вакуума в данной области и изменению закона спонтанного распада» [71. С. 98].

В общем виде процесс спонтанного распада любого возбужденного состояния определяется как характеристиками самой системы, так и свойствами электромагнитного поля, окружающего эту систему. На языке квантовой механики это следует из нестационарного уравнения Шредингера

$$i\hbar \frac{\partial \psi(r_s, r_r)}{\partial t} = H\psi(r_s, r_r), \quad (5)$$

в котором оператор Гамильтона всей системы (возбужденная система и поле)

$$H(r_s, r_r) = H_s(r_s) + H_r(r_r) + V(r_s, r_r) \quad (6)$$

включает как характеристики возбужденного квантового объекта H_s , так и характеристики поля H_r . Кроме того, между полем и объектом существует взаимодействие $V(r_s, r_r)$, которое и является непосредственной причиной распада возбужденного состояния. Помещение радиоактивного изотопа в экран, состоящий из аналогичных ядер, приводит к изменению H_r и, как следствие, к изменению параметров радиоактивного распада [68].

Эксперимент по контролю радиоактивного распада, выполненный на основе предложенной в [68] теории, представлен на рис. 6.

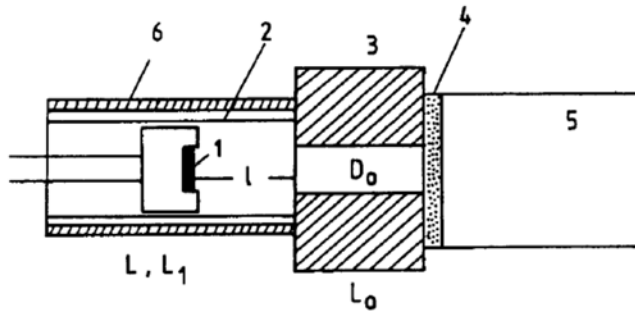


Рис. 6. Схема эксперимента для исследования влияния резонансных экранов на процесс радиоактивного распада [70]

Изотоп ^{57}Co l с активностью 10 мСi, находящийся в хромовой матрице, использовался как мессбауэровский источник излучения. Источник зафиксирован в плексигласовом диске, находящемся в центре ($l = 2,5$ см) или вблизи края ($l = 1$ см) резонансного поглотителя 2, имеющего цилиндрическую форму с диаметром $D = 2$ см и длиной $L = 5$ см. Поглотитель изготовлен из изотопа ^{57}Fe (200 мг) в нержавеющей стали (100 мг). Толщина поглотителя (7 мг/см^2) удовлетворяет требованию полного резонансного поглощения и обеспечивает почти полную прозрачность для нерезонансного излучения. Свинцовая диафрагма 3 имеет диаметр $D_0 = 1$ см и отверстие длиной $L_0 = 2,5$ см. За диафрагмой помещен NaJ(Tl)-кристалл 4 амплитудного детектора и фотоэлектронный умножитель 5.

Регистрирующая система фиксировала часть амплитудного спектра, которая близка к γ -линии с $E_\gamma = 14,4$ кэВ. Измерения выполнялись в двух режимах. В первом случае кванты считались в присутствии только резонансного поглотителя 2. Во втором случае цилиндр из свинца 6 диаметром $D_1 = 2,2$ см, длиной $L_1 = 4$ см и толщиной $S_1 = 0,2$ см был помещен вокруг цилиндра резонансного поглотителя. Он полностью поглощал как резонансное, так и нерезонансное излучение в диапазоне энергий, близком к $E_\gamma = 14,4$ кэВ. Подобный метод исключает неконтролируемое воздействие обратного резонансного рассеяния γ -квантов после модификации резонансного поглощения в нерезонансное (которое возникает, когда цилиндр резонансного поглотителя просто убирается). Длительность одного измерения $\Delta t = 100$ с. Результаты измерений представлены на рис. 7. Можно видеть, что наличие дополнительного нерезонансного поглотителя в боковом направлении понижает интенсивность излучения, исходящего от источника в направлении детектора.

Рассмотренный пример, по нашему мнению, наиболее ярко реализует искомый «невозмущающий» механизм, модуляции параметров радиоактивного распада, так как в данном случае полностью отсутствует какое-либо внешнее воздействие на радиоактивный изотоп.

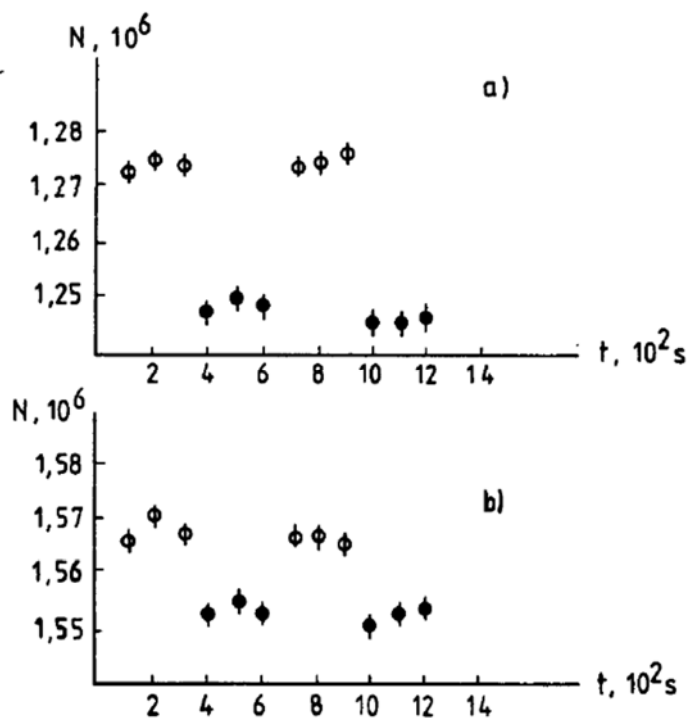


Рис. 7. Результаты эксперимента по влиянию пространственного положения нерезонансного поглотителя b на интенсивность счета гамма-квантов.

Темные кружки – нерезонансный поглотитель помещен, как показано на рис. 6,

светлые кружки – нерезонансный поглотитель удален.

Случай (a) соответствует $l = 2,5$ см, случай (b) $l = 1$ см [70]

Заключение

Как следует из третьего и четвертого разделов настоящей работы, периоды, наблюдаемые в ходе радиоактивного распада, можно разделить на две группы. Первая – периоды от года до суток, которые обнаруживаются в вариациях активности некоторого изотопа в виде слабых отклонений соответствующих средних величин от экспоненциального закона радиоактивного распада (1). Вторая – периоды от минут до суток, найденные в флуктуациях скорости распада. Важно отметить, что в этом случае, существование периодов не предполагает нарушение (1) и (2).

В первом случае наличие периодов часто соотносят с определенными движениями, происходящими в системе Солнце–Земля–Луна, а также наличием некоторого внешнего агента, по примеру рассмотренных в п.п. 5.1 холодных нейтрино, источником которых могут быть Солнце и удаленные астрофизические объекты. Солнце и планеты Солнечной системы могут фокусировать/возмущать потоки таких нейтрино. Также предполагается существование «нейтриносфер» вокруг тел Солнечной системы [23], состояние которых изменяется в процессе их движения, что вместе с процессами фокусировки/возмущения, приводит к появлению наблюдаемых в экспериментах периодов.

Интересно отметить возможную связь холодных нейтрино с так называемым «странным излучением», впервые обнаруженным в [78]. Эксперименты с участием этого излучения (см., например, [79–81]) продемонстрировали его влияние на процесс распада радиоактивных изотопов. Исследования странного излучения, которые пока далеки от своего завершения, показывают, что оно состоит из легких электрически нейтральных частиц, обладающих выраженными магнитными свойствами. Такие частицы были теоретически предсказаны в работах Ж. Лошака [82–83] и могут рассматриваться как магнитно-возбужденное состояние нейтрино. Возможно, что, говоря о частицах Ж. Лошака (которые традиционно считаются катализаторами LENR-реакций) и холодных нейтрино А.Г. Пархомова, мы в действительности говорим об одном и том же. В этом случае эксперименты [79–81] и аналогичные им предполагают возможность лабораторной генерации агента, ответственного как за «холодную трансмутацию» изотопов, так и за периоды в вариациях скорости радиоактивного распада. Исследованию такой возможности посвящена также серия недавних работ А.Г. Пархомова [84–85].

Во втором случае (раздел 4) мы имеем универсальный спектр периодов, впервые обнаруженный в флуктуациях скорости альфа-распада [45–46] и совпадающий со спектрами флуктуаций различных природных процессов как «земного» (в первую очередь с собственными колебаниями Земли), так и «космического» происхождения. Сложное устройство данного спектра, а также присутствие в нем коротких периодов исключает возможность объяснения, связанного с динамикой тел Солнечной системы. На наш взгляд, наиболее привлекательной гипотезой, объясняющей возникновение рассматриваемого универсального спектра, является механизм, аналогичный рассмотренному в разделе 5.2.

Как показано в разделе 5.2, данный механизм [68–71] наиболее ярко проявляет себя в случае использования резонансных экранов. Но, очевидно, что любые границы, любой экран должны приводить к некоторому изменению спектра соответствующих нулевых колебаний физического вакуума. Трактую данный механизм максимально расширительно, можно предположить, что любые границы, так или иначе, влияют на флуктуации параметров соответствующих тест-систем. Возможным подтверждением этому может служить исследование [72], обнаружившее изменение характера флуктуаций скорости радиоактивного распада изотопа ^{226}Ra при помещении его в специальный многослойный экран.

В качестве ситуации, проявляющей такие границы, можно рассматривать определенные моменты, связанные с пространственно-временным положением тел Солнечной системы: если любые два тела рассматривать как своеобразные границы, то в ситуации, когда на одной линии между ними появляется третье тело, должно происходить заметное изменение спектров нулевых колебаний, что должно проявиться в флуктуациях соответствующих тест-систем. Существуют многочисленные экспериментальные свидетельства таких изменений.

В частности, в работе [73] показано, что в момент максимума солнечного затмения, гистограмма, построенная по результатам 1-сек измерений флуктуаций скорости радиоактивного распада изотопа ^{239}Pu , имеет некоторую выделенную форму. О том, что в момент, когда три небесных тела – Солнце, Луна и Земля выстраиваются приблизительно в одну линию, наблюдаются некоторые аномалии физической природы, говорится в [74]. В качестве таких аномалий приводятся: 1) необычные силы, вызывающие горизонтальные осцилляции (см. также [75–76]); 2) необычные изменения в паттернах последовательностей зерен в кристаллах, кристаллизация которых происходила во время затмений; 3) изменения в длинах волн эмиссионных спектров; 4) изменения в скорости хода атомных часов (см. также [77]).

Одним из эффективных детекторов влияний, связанных с выстраиванием в одну линию трех и более небесных тел, является детектор Смирнова [86], принцип построения которого идеологически вытекает из экспериментов Н.А. Козырева [66]. Чувствительным элементом такого детектора является быстро вращающийся волчок, для которого искусственно создается режим специального подтормаживания (или режимы с ускорением) путем подачи специального тормозящего импульса длительностью 18–30 % от величины периода вращения. Регистрируемым параметром является угловая скорость вращения. Именно режимы с ускорением делают детектор Смирнова чувствительным к обсуждаемым конфигурациям небесных тел. Но эти же режимы, как было показано в [87–88], оказывают влияние на форму функций распределения амплитуд флуктуаций скорости α -распада, возможно, связывая аномалии, наблюдаемые в максимуме солнечного затмения, с эффектами, наблюдаемыми при дистанционном воздействии вращающегося тела на флуктуации параметров некоторой тест-системы, в частности радиоактивного распада.

Литература

1. *Rutherford E.* Radioactive Substances and Their Radiations. New York: Cambridge University Press, 1913.
2. *Rutherford S.E., Chadwick J., Ellis C.* 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. М.: Энергоатомиздат, 1993.
4. *Широков Ю.М., Юдин Н.П.* Ядерная физика. М.: Наука, 1980.
5. *Ракобольская И.В.* Ядерная физика. М.: МГУ, 1971.
6. *Methods of experimental physics: Nuclear physics. V. 8, Part B, Ed. by Luke C. L. Yuan and Chien-Shiung Wu.* N.-Y. and London: Academic Press, 1963.
7. *Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.* Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М.: Высшая школа, 2000.
8. *Либби В.Ф.* Определение возраста по радиоуглероду // Изотопы в геологии. М., 1954.
9. *Тутаева Н.А.* Ядерная геохимия. М.: МГУ, 2000.
10. *Ииханов Б.С.* Радиоактивность. М.: Университетская книга, 2011.
11. *Hensley W.K., Basset W.A., Huizenga J.R.* Pressure Dependence of the Radioactive Decay Constant of Beryllium-7 // Science. 1973. 181. P. 1164–1165.

12. *Lin-gun Liu, Chih-An Huh*. Effect of pressure on the decay rate of ${}^7\text{Be}$ // *Earth and Planetary Science Letters*. 2000. 180. P. 163–167.
13. *Bainbridge Kenneth T., Goldhaber M., Wilson Elizabeth*. Influence of the Chemical State on the Lifetime of a Nuclear Isomer, Tc^{99m} // *Physical Review*. 1953. Vol. 90. No. 3. P. 430–439.
14. *Malliaris A.C., Kenneth T. Bainbridge* Alteration of the Decay Constant of Te^{125m} by Chemical Means // *Physical Review*. 1966. Vol. 149. No. 3. P. 958–964.
15. *Verma R.N., Emery G.T.* Chemically induced change in nuclear decay rate as a tool for calibrating $\text{Fe}57$ isomer shifts // *Physical Review B*. 1974. Vol. 9. No. 9. P. 3666–3669.
16. *Bosch F., Faestermann T., Friese J. et al.* Observation of bound-state β^- -decay of fully ionized ${}^{187}\text{Re}$: ${}^{187}\text{Re} - {}^{187}\text{Os}$ cosmochronometry // *Phys. Rev. Lett.* 1996. V. 77. No. 26. P. 5190–5193.
17. *Don H. Byers, Robert Stump*. Low-Temperature Influence on the Technetium-99m Lifetime // *Physical Review*. 1958. Vol. 112. No. 1. P. 77–79.
18. *Ohtsuki T., Ohno K., Morisato T., Mitsugashira T., Hirose K., Yuki H., Kasagi J.* Radioactive Decay Speedup at $T = 5$ K: Electron-Capture Decay Rate of ${}^7\text{Be}$ Encapsulated in C^{60} // *Physical Review Letters*. 2007. 98. 252501.
19. *Victor A. Erma* Electron effects on barrier penetration // *Phys. Rev.* 1957. V. 105. No. 6. P. 1784–1787.
20. *Авдонина Е.Н., Лукьянов В.Б.* Гелиогеофизические эффекты в результатах измерения радиоактивности методами жидкостного сцинтилляционного счета и статистика радиоактивного распада // *Биофизика*. 1995. Т. 40. Вып. 4. С. 876–881.
21. *Авдонина Е.Н., Лукьянов В.Б.* // Деп. ВИНТИ. № 2492-889 от 18.04.1989.
22. *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*. 2004. № 1. С. 1–12.
23. *Пархомов А.Г.* Космос. Земля. Человек. Новые грани науки. М.: Наука, 2009.
24. *Parkhomov A.G.* Researches of alpha and beta radioactivity at long-term observations. URL: arXiv:1004.1761v1 [physics.gen-ph] (2010).
25. *Parkhomov A.G.* Deviations from beta radioactivity exponential drop // *J. Mod. Phys.* 2011. 2:1310–1317.
26. *Sturrock P.A., Parkhomov A.G., Fischbach E., Jenkins J.H.* Power Spectrum Analysis of LMSU Nuclear Decay-Rate Data // *Astropart. Phys.* 2012. 35. P. 755–758.
27. *Jenkins J.H. et al.* Evidence for Correlations between Nuclear Decay Rates and Earth-Sun Distance. URL: arXiv:0808.3283v1 [astro-ph] (2008).
28. *Jenkins J.H., Fischbach E., Buncher J.B. et al.* Evidence of correlations between nuclear decay rates and Earth-Sun distance // *Astropart. Phys.* 2009. 32. P. 42–46.
29. *Norman E.B., Browne E., Shugart H.A., Joshi T.H., Firestone R.B.* Evidence against correlations between nuclear decay rates and Earth-Sun distance // *Astropart. Phys.* 2009. 31. P. 135–137.
30. *Pomme S., Stroh H., Paepen J. et al.* Evidence against solar influence on nuclear decay constants // *Physics Letters B*. 2016. 761. P. 281–286.
31. *Шноль С.Э., Панчелюга В.А.* Феномен макроскопических флуктуаций. Методика измерений и обработки экспериментальных данных // *Мир измерений*. 2007. № 6. С. 49–55.
32. *Панчелюга В.А., Панчелюга М.С.* Фрактальная размерность и гистограммный метод: методика и некоторые предварительные результаты анализа шумоподобных временных рядов // *Биофизика*. 2013. Т. 58. Вып. 2. С. 377–384.
33. *Панчелюга В.А., Панчелюга М.С.* Локальный фрактальный анализ шумоподобных временных рядов методом всех сочетаний // *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике*. 2014. Т. 11. Вып. 1. № 21. С. 107–133.
34. *Шноль С.Э.* О самопроизвольных синхронных переходах молекул актомиозина в растворе из одного состояния в другое // *Вопр. мед. химии*. 1958. Т. 4. Вып. 6. С. 443–454.

35. Шноль С.Э. Синхронные обратимые изменения («конформационные колебания») препаратов мышечных белков: дис. ... д.б.н. Пуццино, 1969.
36. Шноль С.Э. Синхронные в макрообъеме колебания АТФ-азной активности в концентрированных препаратах атомиозина // Колебательные процессы в биологических и химических системах. Пуццино, 1971. С. 20–24.
37. Белоусов Б.П. Периодически действующая реакция и ее механизм // Сб. рефератов по радиационной медицине за 1958 год. М.: Медгиз, 1959. С. 145–147.
38. Жаботинский А.М. Периодический ход окисления малоновой кислоты в растворе (исследование кинетики реакции Белоусова) // Биофизика. 1964. Т. 9. С. 306–311.
39. Шноль С.Э., Смирнова Н.А. Колебания концентрации SH-групп в растворах актомиозина, актина и миозина // Биофизика. 1964. Т. 9. Вып. 4. С. 532–534.
40. Шноль С.Э., Четверикова Е.П., Рыбина В.В. Синхронные в макрообъеме конформационные колебания в препаратах белков актомиозинового комплекса и в растворах креатинкиназы // Молекулярная и клеточная биофизика: сб. М.: Наука, 1977. С. 79–92.
41. Шноль С.Э., Намиот В.А., Жвирблис В.Е., Морозов В.Н., Темнов А.В., Морозова Т.Я. Возможная общность макроскопических флуктуаций скоростей биохимических и химических реакций, электрофоретической подвижности клеток и флуктуаций при измерениях радиоактивности, оптической активности и фликкерных шумов // Биофизика. 1983. Т. 28. Вып. 1. С. 153–157.
42. Victor A. Panchelyuga, Valery A. Kolombet, Maria S. Panchelyuga and Simon E. Shnoll Experimental Investigations of the Existence of Local-Time effect on the Laboratory Scale and the Heterogeneity of Space-Time // Progress in Physics. V. 1. January. 2007. P. 64–69.
43. Шноль С.Э. Космофизические факторы в случайных процессах. Стокгольм. Шведский физический архив, 2009.
44. Dubovikov M.M., Starchenko N.V., Dubovikov M.S. Dimension of minimal cover and fractal analysis of time series // Physica A. 339. 2004. P. 591–608.
45. Панчелюга В.А., Панчелюга М.С. Локальный фрактальный анализ шумоподобных временных рядов методом всех сочетаний в диапазоне периодов 1–115 мин // Биофизика. 2015. Т. 60. Вып. 2. С. 395–410.
46. Панчелюга В.А., Панчелюга М.С. Некоторые предварительные результаты локального фрактального анализа шумоподобных временных рядов методом всех сочетаний // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. 2014. Т. 11. Вып. 1. № 21. С. 134–156.
47. 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 ХХ Всероссийской конференции «Солнечная и солнечно-земная физика – 2016». Санкт-Петербург. Пулковое. 10–14 октября 2016 г. С. 247–250.
48. Панчелюга В.А., Панчелюга М.С., Серая О.Ю. Предварительные результаты исследования внутрисуточных периодов во временных рядах флуктуаций скорости альфа-распада // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. 2016. Т. 13. Вып. 2. № 25. С. 211–216.
49. 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 ХХI Всероссийской конференции «Солнечная и солнечно-земная физика – 2017». Санкт-Петербург. Пулковое. 10–14 октября 2017 г. С. 261–264.
50. Siparov S., Samodurov V., Laptev V. Origin of observed periodic components in astrophysical maser's spectra // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 2017. 467. P. 2813–2819.
51. Шноль С.Э., Коломбет В.А., Пожарский Э.В., Зенченко Т.А., Зверева И.М., Конрадов А.А. О реализации дискретных состояний в ходе флуктуаций в макроскопических процессах // УФН. 1998. 168 (10). С. 1129–1140.

52. *Masters T.G., Widmer R.* Free oscillations: frequencies and attenuations. In *Global Earth physics: a handbook of physical constants* / Ed. by Thomas J. Ahrens. American Geophysical Union. 1995. P. 104–125.
53. *Петрова Л.Н.* Сейсмогравитационные колебания Земли и возможный механизм из образования // *Биофизика*. 1992. Т. 37. Вып. 3. С. 508–516.
54. *Баркин Ю.В.* Свободные трансляционные колебания системы «ядро-мантия» Земли и вариации природных процессов с часовыми периодами // *Нелинейный мир*. 2007. Т. 5. № 1-2. С.101-109.
55. *Панчелюга В.А., Тирас Х.П., Новиков К.Н., Панчелюга М.С., Нефёдова С.Е.* О совпадении спектра периодов во временных рядах хемолюминесценции планарий со спектром периодов, найденным во временных рядах флуктуаций скорости альфа-распада // *Материалы XV Международной конференции «Финслеровы обобщения теории относительности» (FERT-2019)* / ред. Д.Г. Павлов, В.А. Панчелюга. Москва. 11-й формат. 2019. С. 36–41.
56. *Диатроптов М.Е., Панчелюга В.А., Панчелюга М.С.* Динамика температуры тела у мелких млекопитающих и птиц в 10–120-минутном диапазоне периодов // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2020. Т. 169. № 6. С. 706–711.
57. *Диатроптов М.Е., Панчелюга В.А., Панчелюга М.С., Суров А. В.* Околочасовые ритмы температуры тела у млекопитающих и птиц с разным уровнем обмена веществ // *Доклады российской академии наук. Науки о жизни*. 2020. Т. 494. № 1. С. 472–476.
58. *Ultradian rhythms in life processes* / David Lloyd, Ernest L. Rossi (Eds.). Springer-Verlag. 1992.
59. *Панкратов А.К., Нарманский В.Я., Владимирский Б.М.* Резонансные свойства Солнечной системы, солнечная активность и вопросы солнечно-земных связей. Симферополь: Гелиоритм, 1996.
60. *Панчелюга В.А., Панчелюга М.С.* О совпадении спектра периодов в флуктуациях скорости альфа-распада со спектром вращательных периодов астероидов // *Материалы XV Международной конференции «Финслеровы обобщения теории относительности» (FERT-2019)* / ред. Д.Г. Павлов, В.А. Панчелюга. Москва. 11-й формат. 2019. С. 27–29.
61. *Молчанов А.М.* О резонансной структуре солнечной системы // *Современные проблемы небесной механики и астродинамики*. М., 1973. С. 32-42.
62. *Пархомов А.Г.* Ритмические и спорадические изменения скорости бета-распадов. Возможные причины // *Журнал Формирующихся Направлений Науки*. 2018. № 21–22 (6). С. 86–96.
63. *Пархомов А.Г.* LENR как проявление слабых ядерных взаимодействий // *Журнал формирующихся направлений науки*. 2019. № 23–24(7). С. 6–8.
64. *Thomas S.A., Abdalla F.B., Lahav O.* Upper Bound of 0.28eV on Neutrino Masses from the Largest Photometric Redshift Survey // *Phys. Rev. Lett.* 2010. 105(3):031301.
65. *Parkhomov A.G.* Bursts of Count Rate of Beta-Radioactive Sources during Long-Term Measurement // *International Journal of Pure and Applied Physics*. 2005. 1(2):119–128.
66. *Козырев Н.А.* Избранные труды. Л.: ЛГУ, 1991.
67. *Панчелюга В.А.* Отзыв на статью А.Г. Пархомова «Ритмические и спорадические изменения скорости бета-распадов. Возможные причины» // *Журнал формирующихся направлений науки*. 2018. 21–22 (6). С. 99–106.
68. *Vysotskii V.I.* Controlled spontaneous nuclear gamma-decay: Theory of controlled excited and radioactive nuclei gamma-decay // *Physical Review C*. 1998. 58 (1). P. 337–350.
69. *Vysotskii V.I., Kornilova A.A., Sorokin A.A., Komisarova V.A., Reiman S.I., Riasnii G.K.* Direct Observation and Experimental Investigation of Controlled Gamma-Decay of Mössbauer Radioactive Isotopes by the Method of Delayed Gamma–Gamma Coincidence // *Laser Physics*. 2001. Vol. 11. No. 3. P. 1–6.

70. *Vysotskii V. I., Bugrov V. P., Kornilova A. A., Kuz'min R. N., Reiman S. I.* The problem of gamma-laser and controlling of Mössbauer nuclei decay (theory and practice) // *Hyperfine Interaction*. 1997. 107. P. 277–281.
71. *Высоцкий В.И.* О связи космологии и прикладной ядерной физики (Рецензия на статью А.Г. Пархомова «Ритмические и спорадические изменения скорости бета-распадов. Возможные причины») // *Журнал Формирующихся Направлений Науки*. 2018. № 21–22 (6). С. 97–98.
72. *Milián-Sánchez V., Scholkmann F., Fernández de Córdoba P., Mocholí-Salcedo A., Mocholí F., Iglesias-Martínez M.E., Castro-Palacio J.C., Kolombet V.A., Panchelyuga V.A., and Verdú G.* Fluctuations in measured radioactive decay rates inside a modified Faraday cage: Correlations with space weather // *Scientific Reports*. 2020. 10. 8525. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64497-0>
73. *Shnoll S.E., Panchelyuga V.A.* On the characteristic form of histograms appearing at the culmination of solar eclipse. URL: [physics/0603029](https://arxiv.org/abs/physics/0603029), 2006. 11 p.
74. *Shu Wen Zhou.* Abnormal physical phenomena observed when the Sun, Moon and Earth are alined // *21st Century*. Fall 1999. P. 55–61.
75. Maurice Allais AeroSpace Eng. Sept.-Oct. L'Anisotropie de l'Espace (Paris: Editions Clement Juglar). 1959. 18. P. 46.
76. *Saxl E.W., Allen M.* Solar Eclipse as “Seen” by a Torsional Pendulum // *Phys. Rev.* 1971. D3. 823.
77. *Zhou S.W., Huang B.J.* Abnormalities of the Time Comparisons of Atomic Clocks during the Solar Eclipses // *Il Nuovo Cimento*. 1992. 15C. No 2. 133.
78. *Уруцкоев Л.И., Ликсонов В.И., Циноев В.Г.* Экспериментальное обнаружение “странного” излучения и трансформации химических элементов // *Прикладная физика*. 2000. № 4. С. 83–100.
79. *Ивойлов Н.Г., Уруцкоев Л.И.* Влияние «странного» излучения на мессбауэровские спектры Fe⁵⁷ в металлических фольгах // *Прикладная физика*. 2004. № 5. С. 20–25.
80. *Ивойлов Н.Г., Бикчантаев М.М., Стребков О.А.* Магнитно-стимулированный скачок активности β-распада Co⁵⁷ // *Прикладная физика*. 2009. № 1. С. 36–40.
81. *Adamenko S.V., Selleri F., A. van der Merve.* Controlled nucleosynthesis. Breakthroughs in experiment and theory. Springer Netherlands, 2007.
82. *Лошак Ж.* О возможности легкого, лептонного магнитного монополя, способного влиять на слабые взаимодействия // *Прикладная физика*. 2003. № 3. С. 10–13.
83. *Лошак Ж.* Теория легкого монополя: наблюдение производимых им эффектов в физике, химии, биологии и ядерной физике (слабые взаимодействия) // *Прикладная физика*. 2006. № 2. С. 5–10.
84. *Пархомов А.Г.* LENR как проявление слабых ядерных взаимодействий // *Журнал формирующихся направлений науки*. 2019. № 23–24 (7). С. 6–8.
85. *Пархомов А.Г.* Нейтрино малых энергий как причина аномалий в бета-распадах и холодных ядерных трансмутаций // *Метафизика*. 2020. № 4. С. 16–66.
86. *Панчелюга В.А.* Детектор Смирнова: регистрация воздействий от удаленных астрофизических объектов // *Метафизика*. 2012. № 2 (4). С. 67–80.
87. *Panchelyuga V.A., Shnoll S.E.* Experimental investigation of spinning massive body influence on fine structure of distribution functions of alpha-decay rate fluctuations // *physics/0606173*. 2006. 16 p.
88. *Панчелюга В.А., Шноль С.Э.* Экспериментальное исследование влияния быстро вращающегося массивного тела на форму функций распределения амплитуд флуктуаций скорости α-распада // *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике*. 2006. 1 (5). Vol. 3. С. 102–115.

ON EXTERNAL INFLUENCES ON THE RADIOACTIVE DECAY RATE

V.A. Panchelyuga*

*Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of RAS
3 Institutskaya St., Pushchino, Moscow Region, 142290, Russian Federation*

Abstract. The subject of this work is periods in time series of the radioactive decay fluctuations. The presence of such periods suggests the possibility of a certain external influence on the parameters of radioactive decay. The evolution of views on the possibility of such an influences are briefly reviewed. A number of stages are considered, each of which expresses a certain circle of ideas, which is realized in it. Experimental works typical for each such stage are considered. The article does not aim to review all works related to the issues discussed in it. This is, first of all, a presentation of ideas that reflect the author's views on the possible mechanisms of the occurrence of periods in the time series of the radioactive decay rate. The links provided in the work are rather illustrative.

Keywords: radioactive decay, periods, local fractal analysis, all permutations method, fluctuations.

* E-mail: victor.panchelyuga@gmail.com