

НЕКОТОРЫЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛОКАЛЬНОГО ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ШУМОПОДОБНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ МЕТОДОМ ВСЕХ СОЧЕТАНИЙ В ДИАПАЗОНЕ ПЕРИОДОВ 1-120 МИН

В.А. Панчелюга, М.С. Панчелюга

*НИИ Гиперкомплексных систем в геометрии и физике, Фрязино, Россия
Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино, Россия
panvic333@list.ru*

В работе приведены результаты анализа 329-суточного массива 1 сек регистраций флуктуаций скорости альфа-распада ^{239}Pu с использованием развитого нами локального фрактального анализа шумоподобных временных рядов методом всех сочетаний (МВС) [1-2]. Использование МВС-метода позволило выявить в анализируемом массиве данных устойчивую частотную структуру. Обнаружено совпадение найденного набора частот с частотами собственных колебаний Земли. Приведен краткий обзор работ в которых анализируется временной ход флуктуаций в протекании процессов различной природы. Показано, что периодичности, найденные в этих работах, совпадают с обнаруженными нами, свидетельствуя, таким образом, об универсальном характере обнаруженного феномена. В частности, флуктуации в высокостабильных и высокозащищенных системах (водородные и рубидиевые стандарты времени и частоты) также обнаруживают наборы колебаний из найденного нами спектра. В силу этого, при планировании прецизионных физических измерений, по нашему мнению, необходимо учитывать обнаруженный в настоящей работе спектр периодов.

Ключевые слова: фрактальная размерность, временные ряды, шумы, локальный анализ временных рядов, метод минимальных покрытий.

1 Введение

В предыдущих работах [1-2], отталкиваясь от идей вычисления фрактальной размерности методом минимальных покрытий, развитого в работах [3-6] и от основных свойств гистограммного метода [7-9], был развит метод локального фрактального анализа шумоподобных временных рядов методом всех сочетаний или МВС-метод. Данный метод синтезировал в себе идеи вычисления фрактальной размерности по малым выборкам, содержащиеся в методе минимальных покрытий [3-6], и методику анализа шумоподобных временных рядов используемую в гистограммном методе (ГМ) [7-9] и обеспечивает определение фрактальной размерности для коротких (десятки точек) отрезков шумоподобных временных рядов, что создает основу для их локального фрактального анализа.

Особенности данного метода были рассмотрены в [2], где показано, что он обладает всеми свойствами гистограммного метода, хорошо апробированного при исследовании шумоподобных временных рядов различного происхождения [8-11]. Также в [2] отмечалось, что анализируемым параметром в МВС-методе является определенный тип порядка, присутствующий в отрезке временного ряда, т.е. он имеет неэнергетический характер. Еще одной особенностью этого метода является возможность нахождения периодичностей, которые необнаружимы традиционными методами анализа временных рядов.

Настоящая работа имеет своей целью применение МВС-метода для анализа большого массива регистраций флуктуаций скорости α -распада. При этом нами ставится задача исследования возможности существования устойчивой частотной структуры в такого рода шумоподобных временных рядах.

Говоря “шумоподобных”, необходимо отметить, что радиоактивный распад это, в некотором смысле, эталон случайного процесса, подчиняющегося статистике Пуассона. Практически сразу после открытия радиоактивности были предприняты интенсивные исследования возможности внешнего воздействия на радиоактивный распад. В качестве примера подобных исследований того времени можно привести эксперимент Резерфорда [12] 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 °С и давление порядка 1000 атм. При этих условиях γ -активность радона оставалась неизменной. Результатом такого рода исследований стало заключение о том, что скорость радиоактивного распада постоянная при любых условиях [13].

Развитие экспериментальной техники и дальнейшее изучение возможности внешних влияний на радиоактивный распад показали, что экстремальные воздействия (сверхсильные магнитные поля, давление, изменение химического окружения, степень ионизации атома) все-таки могут приводить к изменению скорости различных типов β -распада, γ -распада.

Очередное изменение мирового научного мнения на возможность внешнего влияния на скорость радиоактивного распада, произошло с появлением серии работ, инициированной работами Е. Фишбаха с соавторами [14-16]). Данная серия началась с работы [14], в которой было продемонстрировано наличие годового периода в многолетних рядах измерений скорости β -распада, коррелирующего с ходом зависимости $1/R^2$, где R – расстояние между Землей и Солнцем. Упомянутая работа [14], первоначально депонированная в электронном архиве Корнельского университета очень быстро приобрела мировую известность и уже в 2009 году была, практически без изменений, напечатана в журнале *Astroparticle Physics* [15]. Последовавшая следом за упомянутыми публикациями серия работ как самого Фишбаха [16-24] так и других авторов [25-30] обеспечили теме зависимости радиоактивного распада от различных природных факторов надежную прописку на страницах мировой научной печати.

В этих работах, в отличие от упомянутых выше Работ Резерфорда [12-13], в качестве внешнего воздействия, судя по всему, выступает некий природный фактор, который, на настоящий момент, является невыявленным. Возможные кандидаты на роль такого фактора являются предметом интенсивных дискуссий [16].

Упомянутые выше работы [14-30] исследуют некоторый энергетический параметр в то время как в настоящей работе анализ основан на неэнергетическом параметре – фрактальной размерности. Феноменология работ [14-30] основана на малых изменениях измеренной с большой точностью средней скорости радиоактивного распада, приводящих, в итоге, к почвлению обнаруженных в [14-30] периодов и, как следствие к отклонению от закона радиоактивного распада. Так в обзоре Фишбаха [16] предполагается, что константа распада может быть функцией времени. Зависимости, которые анализируются в настоящей работе, не изменяют средней скорости радиоактивного распада, т.к. они не связаны с изменением энергии исследуемого процесса. То, что регистрируемый параметр является неэнергетическим может иметь следствием его высокую чувствительность к очень слабым внешним воздействиям.

Как уже отмечалось, задачей настоящей работы является исследование МВС-методом большого массива экспериментальных данных, состоящего из 1-сек регистраций флуктуаций скорости α -распада препаратов ^{239}Pu с целью ответа на вопрос: существует ли устойчивая частотная структура в получаемых после МВС-анализа распределениях интервалов в диапазоне периодов 1-120 мин.

2 Методика анализа временных рядов МВС-методом

Кратко рассмотрим методику построения распределения интервалов с использованием МВС-метода. Более детально данная методика была рассмотрена в [2].

В качестве исходного экспериментального материала использовались временные ряды непрерывных 1-секундных измерений флуктуаций скорости α -распада препарата ^{239}Pu , полученные в ходе экспериментов выполненных в разное время в 2000-2013 годах.

Из исходных временных рядов для дальнейшей обработки выделялись части длина которых была кратна 86400, т.е. числу целых суток, из которых, в дальнейшем, формировалась матрица данных столбцами которой служили 86400-точечные (1-суточные) отрезки исходных рядов. Т.о., число столбцов равнялось числу целых суток эксперимента и в нашем случае было равно 329. Начала суточных рядов, составляющих столбцы матрицы данных, относятся к различным моментам времени и специально не упорядочивались.

Перед вычислением фрактальной размерности МВС-методом соседние точки суточных рядов суммировались: №1+№2, №3+№4, ..., №86399+№86400 и, таким образом, каждый 86400-точечный столбец преобразовывался в 43200-точечный, в котором каждой точке соответствовал 2-сек временной интервал.

Фрактальная размерность FD вычислялась по 30-точечным (длительностью 1 мин) последовательным отрезкам суточных временных рядов МВС-методом [1]. Т.о. 43200-точечный временной ряд преобразовывался в 1440 30-точечных, отрезков для каждого из которых вычислялось соответствующее значение фрактальной размерности.

На основе полученного 1440-точечного ряда значений фрактальной размерности вычислялось распределение интервалов $I(\Delta)$:

$$I(\Delta) = \sum_{j=1}^{1440} \sum_{i=1}^{j-1} \eta(l, j) \varepsilon(|i - j| \Delta t - \Delta), \quad (1)$$

где $\Delta t = 1$ мин – интервал времени между соседними точками ряда значений фрактальной размерности, Δ - величина интервала времени, разделяющего две точки во временном ряду: $\Delta = |t_i - t_j| = |i - j| \Delta t = \overline{1, 1439}$. Значение ε определяется следующим условием:

$$\varepsilon(x) = \begin{cases} 1, & x = 0, \\ 0, & x \neq 0. \end{cases} \quad (2)$$

Матрица $\eta(i, j)$ содержит в себе результаты сравнения вычисленных МВС-методом величин фрактальной размерности согласно нижеследующему условию:

$$\eta(i, j) = \begin{cases} 1, & |FD(i) - FD(j)| < 0.0009, \\ 0, & |FD(i) - FD(j)| \geq 0.0009. \end{cases} \quad (3)$$

Как следует из (1) интервал Δ между моментами времени t_i и t_j входит в распределение интервалов с весом равным единице, если соответствующие этим моментам времени значения фрактальной размерности $FD(i)$ и $FD(j)$ отличаются на величину не превышающую значение 0.0009. В противном случае интервал входит в распределение с весом равным нулю.

3 Полученные результаты

После вычисления фрактальной размерности с использованием рассмотренных выше процедур мы можем перейти к главному вопросу, который исследуется в настоящей работе: существует ли устойчивая частотная структура на распределениях интервалов полученных на основе МВС-анализа флуктуаций скорости α -распада ^{239}Pu ?

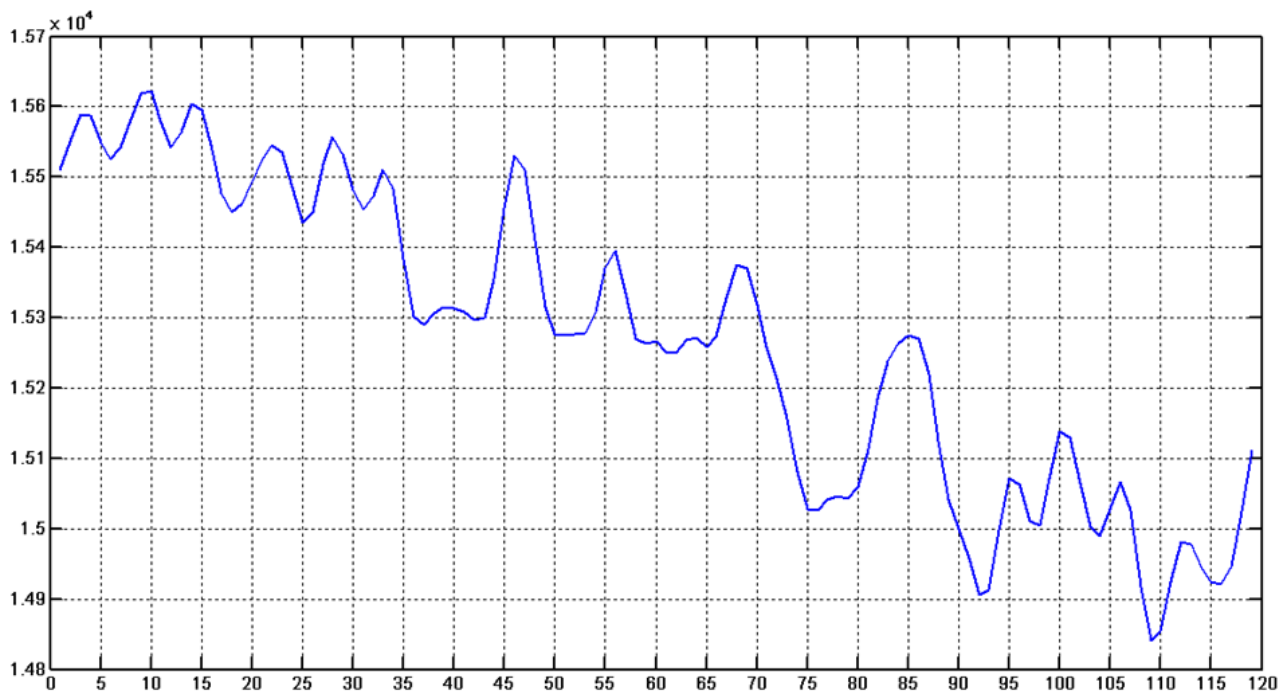


Рис. 1: Сумма 329 2-суточных распределений интервалов. По оси абсцисс: период, мин.; по оси ординат: сумма значений, попадающих в заданный интервал.

Для выявления возможной частотной структуры нами использованы методы рассмотренные ниже. Первый метод, который мы собираемся использовать – простая сумма полученных распределений интервалов. Для этого почленно суммировались 329 2-суточных распределений интервалов. Результат суммирования представлен на рис.1. Можно видеть, что пики на полученном суммарном распределении интервалов, рис.1, “засыпаются”, сливаются друг с другом. Причиной этого является большая изменчивость индивидуальных 2-суточных распределений интервалов. В силу этого представление суммарного распределения интервалов в виде суммы индивидуальных распределений представляется не самым удачным для решения поставленной в начале параграфа задачи.

Чтобы исследовать вопрос о неслучайности пиков на получаемых распределениях интервалов, построим распределение частот их встречаемости. Для этого преобразуем каждое из исходных 2-суточных распределений интервалов в 120-точечную вектор-строку все элементы которой равны нулю за исключением соответствующих X-координат пиков на 2-суточных распределениях интервалов, которые примем равными единице. Вместе все 329 вектор-строки образуют прямоугольную матрицу размерности 329×120 . Сумма по столбцам полученной матрицы дает распределение частот встречаемости пиков. На рис.2 представлено полученное распределение в котором для удобства распределение частот преобразовано в распределение вероятностей встречаемости пиков.

Легко видеть, рис. 2, что существует ряд периодов для которых вероятность появления пиков повышена. В распределении, представленном на рис. 2 использована информация только о положении пика. Т.к. пики на исходных распределениях интервалов обладают различной амплитудой, то учет их амплитуд может сказаться на форме результирующего распределения интервалов.

Применим ту же методику построения частот встречаемости пиков, что и для рис.2, с тем отличием, что исходные распределения интервалов нормируются на единицу, а координаты пиков входят в результирующее распределение с амплитудами, полученными в результате нормировки. На рис. 3 представлено полученное распределение нормированных

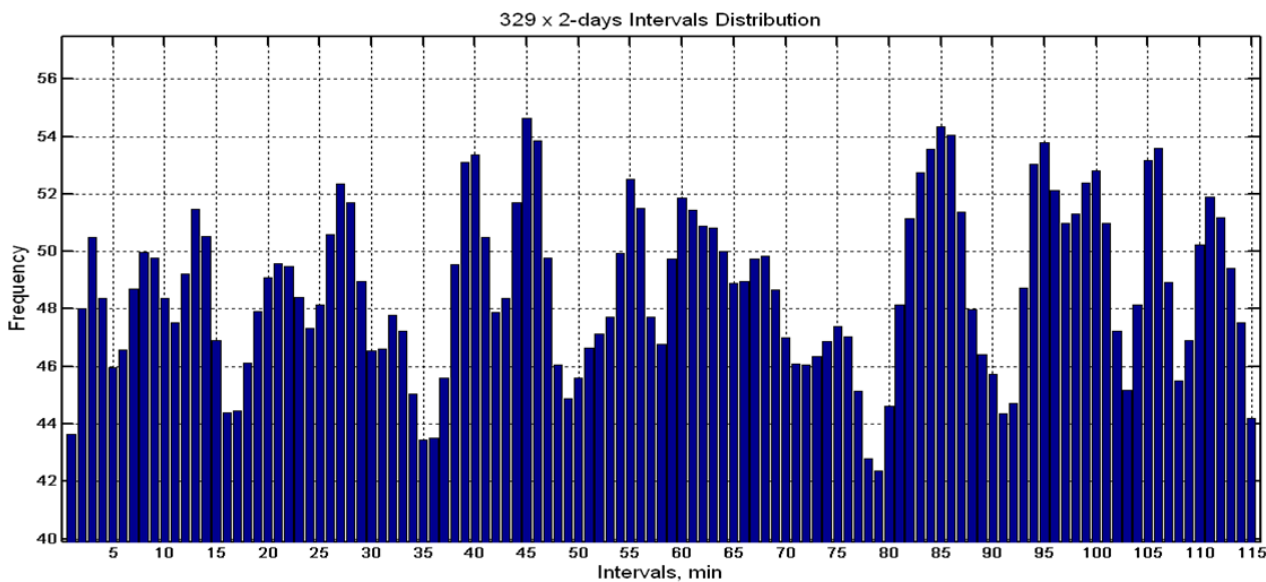


Рис. 2: Распределение вероятностей встречаемости пиков. Построено на основе 329 2-суточных распределений интервалов, содержащих 5695 пиков.

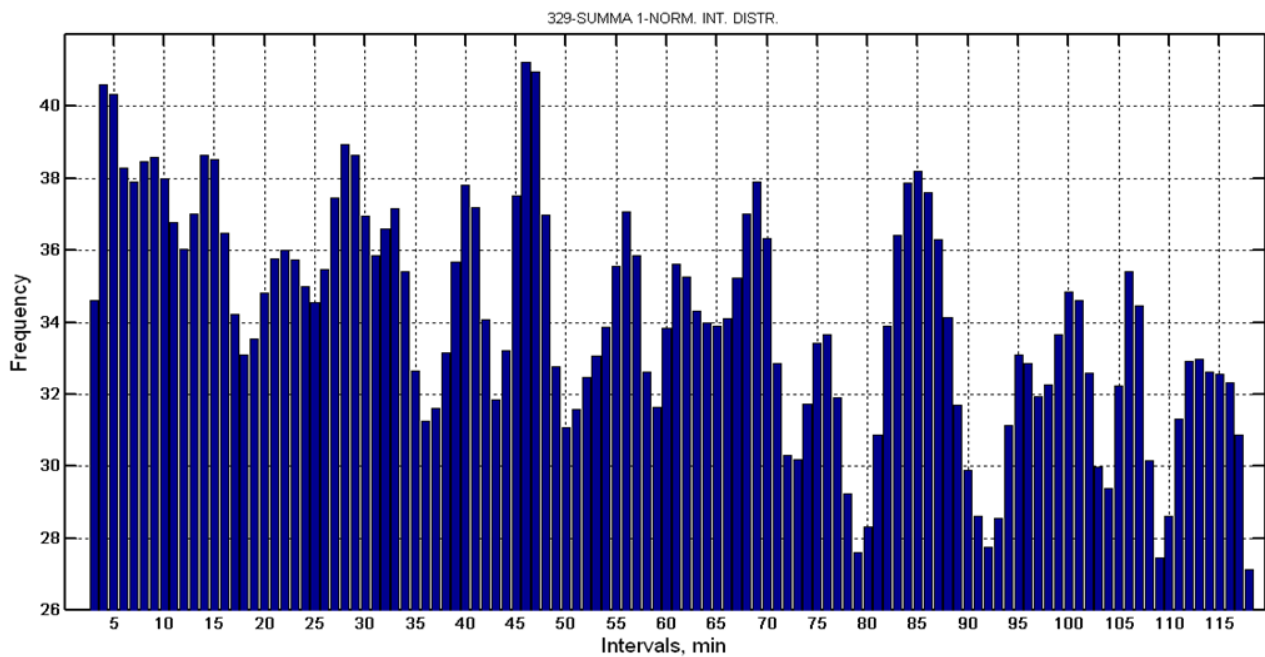


Рис. 3: Распределение вероятностей встречаемости пиков. Построено на основе 329 2-суточных нормированных по амплитуде распределений интервалов, содержащих 5695 пиков.

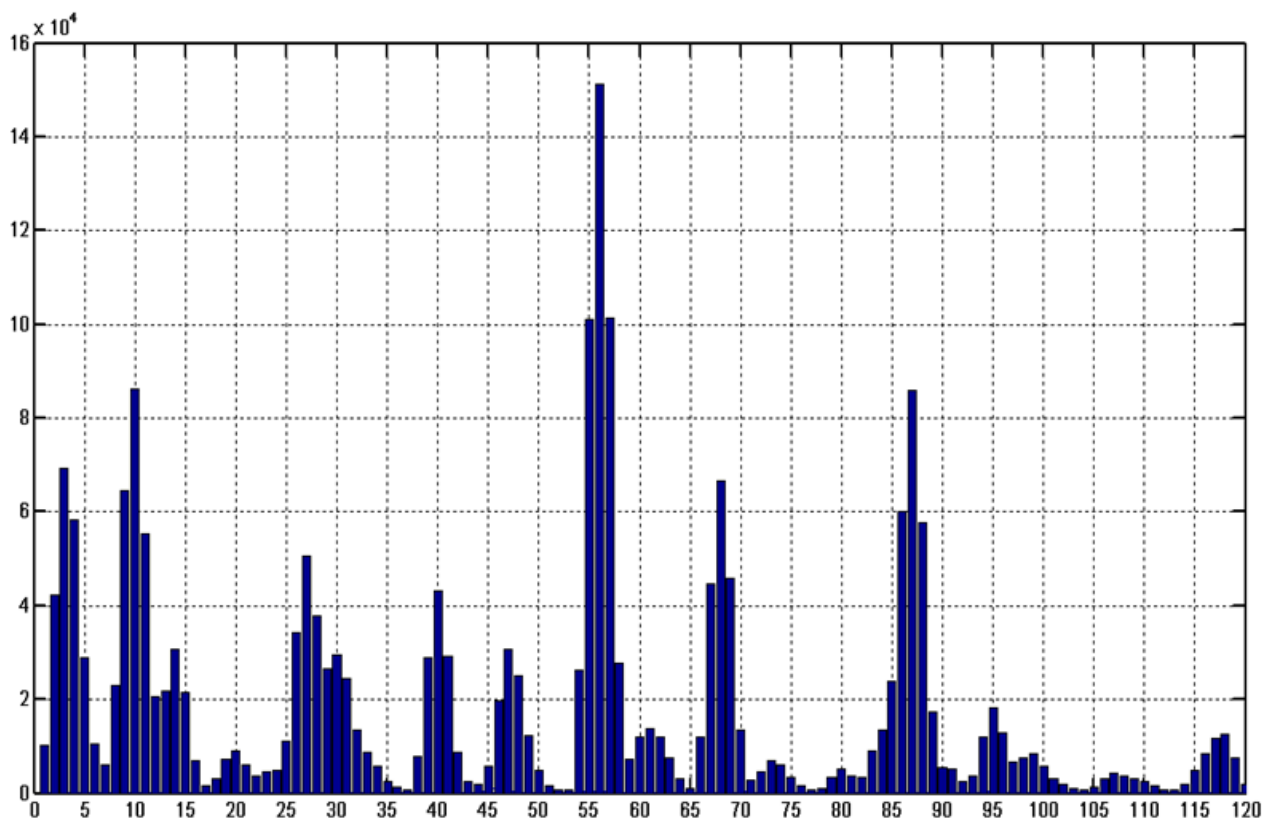


Рис. 4: Результаты перемножения 329 2-суточных нормированных распределений интервалов.

частот встречаемости пиков.

Сравнение рис.2 и рис.3 показывает, что переход к нормированным амплитудам пиков (рис. 3) сохраняет частотную структуру распределения, но приводит к небольшому увеличению амплитуды пиков в высокочастотной части распределения интервалов. Таким образом, ставя перед собой задачу исследования, в первую очередь частотной структуры распределений интервалов флуктуаций скорости α -распада, можно рассматривать представленные методы построения распределений частот встречаемости пиков (рис. 2 и рис. 3), как приводящие к одним и тем же результатам.

Последний способ построения суммарного распределения интервалов, который мы рассмотрим в настоящей работе – произведение нормированных распределений интервалов. Методика построения результирующего распределения интервалов, в данном случае, основана на том, что исходные распределения интервалов нормировались на двойку, после чего производились их покомпонентное перемножение.

Для построения результирующего распределения использовались те же 329 распределений интервалов, что и для случаев, показанных на рис. 1 – рис. 3. Результаты перемножения представлены на рис. 4. Как можно видеть из результата представленного на рис. 4, использованный метод приводит к очень острым, хорошо выраженным пикам большой амплитуды. При этом, как очевидно из рис. 4, набор частот, для которых наблюдаются пики, совпадает с таковым на рис. 2 и рис. 3.

Как следует из рис. 1 - рис. 4 суммарное распределение интервалов, полученное методом перемножения наиболее чувствительно к частотной структуре выявляемой МВС-методом во временных рядах флуктуаций скорости α -распада ^{239}Pu .

4 Обсуждение

В Табл. 1 в строках с номерами I-VI дана сводка периодов, содержащихся в приведенных на Рис. 1 – Рис. 4 распределениях. Все найденные периоды пронумерованы, номера последовательных периодов приведены в первой строке Табл. 1. В следующих четырех строках I-IV приведены координаты пиков, найденных на представленных в предыдущем разделе Рис. 1 – Рис. 4. В строке V приведены границы интервалов в которых находятся координаты пиков, приведенные в строках I-IV. И, наконец, строка VI задает временной интервал, который можно соотнести с “шириной” пика или с шириной его “основания”. Это необходимо для того, чтобы идентифицировать принадлежность к тому или иному столбцу (1-22) периодов из строк 1-36 в случае если их значение выходит за границы интервала, указанного в строке V Табл. 1. При определении временных интервалов, приведенных в строке V учитывалась информация, содержащаяся в графиках, приведенных на Рис. 1 – Рис. 4.

Нами был рассмотрен ряд работ в которых отмечается существование периодов в вариациях процессов различной природы. Хотелось бы особо подчеркнуть, что в Табл. 1 приведены *все* периоды и *в том порядке*, как они даны в цитируемых работах для исследуемого нами диапазона 1-120 мин. По этой причине в таблице присутствуют столбцы с номерами 7, 9 и 13 в которые попали периоды, упоминаемые в рассмотренном массиве литературных источников, но отсутствующие на распределениях Рис. 1 – Рис. 4.

Так как источниками временных рядов флуктуаций измеренных и проанализированных в представленных в Табл.1 работах [31-77] являлись самые разнообразные процессы от флуктуаций в стандартах времени и частоты до флуктуаций параметров, характеризующих биологические процессы, то в нижеследующем рассмотрении мы попытались по возможности сгруппировать рассмотренные работы [31-77].

4.1 Геофизические периоды

В данном разделе рассмотрены периоды, исходным экспериментальным материалом для которых служили временные ряды, получаемые от различного рода сейсмических преобразователей. Эти периоды можно разделить на две группы. К первой их них относятся периоды формально относящиеся к диапазону периодов, связанному с собственными колебаниями Земли (СКЗ), верхняя граница которого соответствует мультиплету основного сфероидального колебания Земли (52-58 мин, столбец №11) [31]. Существуют подробные обзоры, например [32], обобщающие как теоретический спектр СКЗ так и имеющиеся его экспериментальные регистрации. Необходимо отметить, что в рассмотренном диапазоне периодов существуют порядка полутора тысяч предсказанных теоретически частот СКЗ большая часть которых подтверждены экспериментально [32]. Вторая группа периодов, которую мы затрагиваем в настоящей работе, связана с т.н. сейсмогравитационными (СГКЗ) или длиннопериодными колебаниями Земли. В Табл.1 эта часть колебаний Земли связана со столбцами №12 – 22. В дальнейшем для простоты мы иногда будем говорить “собственные колебания Земли” или “колебания Земли” подразумевая под этим моды колебаний принадлежащих как СКЗ так и СГКЗ.

В первой строке Табл.1 (столбцы 11-21) приведены средние значения периодов колебаний, “наблюденных после 4-х землетрясений тремя разными приборами: наклономером и гравиметром в Талгаре после землетрясения на Аляске в 1964 г. с магнитудой $M = 8.25$, а также длиннопериодным сейсмографом в СПбГУ после землетрясения 17.06.1973 г. на Кунашире с $M = 7.8$ и землетрясения 26.06.73 там же с $M = 7.0$ ” [31]. Из Табл. 1 видно очень хорошее совпадение периодов сейсмогравитационных колебаний [31-32] с периодами полученного нами спектра.

Во второй строке Табл.1 даны периоды, взятые из сводной таблицы периодов СКЗ,

которая приведена в [33]. Основное собственное сфероидальное колебание Земли ${}_0S_2$ соответствует периодам в 11 столбце Табл. 1. Как известно, данное колебание состоит из мультиплета, диапазон периодов которого составляет 52-56.2 мин [31-34]. В десятом столбце представлены периоды, которые близки к основной моде крутильного колебания ${}_0T_2$, период которого равен 44.2 мин [32]. Упомянутые периоды ${}_0S_2$ и ${}_0T_2$ всегда очень хорошо выражены на получаемых распределениях, в то время как периоды под номерами 1-9 обладают значительно большей изменчивостью.

Периоды, приведенные в восьмом столбце таблицы близки к ${}_2S_1$ (41.3 мин). Для пятого столбца наиболее близким колебанием является ${}_0T_3$ (28.4 мин), для четвертого – ${}_0T_4$ (21.7 мин), для третьего – ${}_0T_6$ (15.5 мин) [33].

Необходимо отметить, что в высокочастотной части спектра число мод собственных колебаний Земли экспоненциально возрастает. Так, для пятого столбца мы можем дополнительно указать ${}_0S_4$ (25.8 мин), для четвертого – ${}_0S_5$ (19.8 мин). Для третьего столбца, вместе с указанным в Табл. 1 ${}_0T_6$ существует шесть периодов (в порядке возрастания) ${}_1T_2 \dots {}_1S_4$ (12.6 мин ... 14.2 мин). Для периодов, указанных во втором столбце существует 20 мод собственных колебаний ${}_5S_2 \dots {}_1S_7$ (7.97 мин ... 10.1 мин), а для периодов, указанных в первом столбце – 164 типа колебаний ${}_{15}S_2 \dots {}_8S_5$ (3 мин ... 4 мин). Поэтому, в случае увеличения разрешения, можно ожидать соответствующее изменение спектра регистрируемых периодов в его высокочастотной области.

Рассмотрим еще работы в которых отмечены периоды, найденные в геофизических данных. В работе [36] (строка №5) приведены периоды 15.5 и 20.5 мин, которые выделялись в микросейсмических колебаниях без специального спектрального анализа. В работе [37] (строка №6) обнаружен набор периодов в колебаниях вертикального градиента силы тяжести, который хорошо ложится в обнаруженный нами спектр.

В работе [38] приведена достаточно длинная последовательность периодов 58.7, 60.4, 63.4, 69, 73, 77.5, 81.6, 87.2 и 92.4 мин, которые получены с использованием сложного механического осциллятора специальной конструкции. Данная последовательность без пропусков один в один ложится на соответствующий участок спектра, представленного в строках I-VI Табл.1. В строке №8 приведены периоды 60, 75, 86 и 100 мин, которые наблюдались с использованием сейсмографа с фотоэлектрическим преобразователем [39].

В работе [40] (строка №9) говорится о периодах 62, 73, 83 и 98 мин, а в работе [41] (строка №10) отмечаются периоды 80 и 100 мин. Анализ работ по сверхнизкочастотным колебаниям Земли, выполненный в [42] (строка №11) выявил периоды 31, 57, 60, 66, 75, 83, 128 и 160 мин. Последние два из приведенных в [42] периодов выходят за диапазон рассматриваемых в настоящей работе, поэтому в Табл.1 не приведены. Периоды 72.6, 74.9 и 76.8 мин получены из анализа микросейсм [43] (строка №12). Также наблюдались периоды 60, 75, 86 и 100 мин [44] (строка №13).

Приведенный очень краткий обзор геофизических периодов не претендует на полноту и систематичность. Тем не менее, приведенный в строках №1-13 материал показывает убедительное совпадение найденных нами периодов (строки I-VI) с периодами как СКЗ так и СГКЗ колебаний Земли. При этом хотелось бы отметить, что это совпадение особенно ярко в длинноволновой части спектра колебаний Земли. Возможно это связано с тем, что точность определения периодов в настоящей работе составляет порядка ± 1 мин, что вполне достаточно для идентификации колебаний с периодами порядка или больше часа, но в высокочастотной части спектра колебаний Земли такая точность становится недостаточной.

Обнаруженное совпадение спектра периодов найденного в рядах флуктуаций скорости α -распада с собственными колебаниями Земли, на наш взгляд чрезвычайно важно, т.к. позволяет идентифицировать причину, обуславливающую появление полученного МВС-методом спектра периодов. Практически полное совпадение двух спектров дает основание

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	3	9	14	22	28	33		40		46	56
II	3	8	13	21	27	32		40		45	55
III	4	9	14	22	28	33		40		46	56
IV	3	10	14	20	27	30		40		47	56
V	3-4	8-10	13-14	20-22	27-28	30-33		40		45-47	55-56
VI	2-5	7-10	12-15	18-23	25-28	29-34		38-42		44-48	52-58
№	ПЕРИОДЫ, НАЙДЕННЫЕ В ЦИТИРУЕМЫХ РАБОТАХ										
1											51.5 52.8 53.8 55.2 56.3 58.2
2	$8S_5$... $15S_2$	$1S_7$... $5S_2$	$0T_6$	$0T_4$	$0T_3$		$0S_3$	$2S_1$		$0T_2$	$0S_2$
3	$0S_{20}$ 5.79 $0S_{40}$ 3.54	$0S_{10}$ 9.76		$0S_0$ 20.46	$0S_4$ 25.76		$0S_3$ 35.56				$0S_2$ 53.83
4	$0T_{20}$ 5.99 $0T_{40}$ 3.33	$0T_{10}$ 10.31		$0T_4$ 21.72	$0T_3$ 28.37				$0T_2$ 43.94		
5			15.5	20.5							
6			15	19	25		35			46	
7						31					58.7
8											
9											
10											
11											57
12											
13											
14	2-3										15-43
15								38			
16								37.9			
17						29 ± 3		40 ± 4			58 ± 5
18				23-24	27	30		32-37		42-46	53
19			12; 15	18,22	25	29	36.9	42	43	46	55
20			12; 15	20	24	31	35.8	39	43		56
21											58
22	1-3; 4-6	5-9	11-18		20-30				40-50		
23	1-6			15-20					30-45		
24			15						30-60		
25	2-4			15-20							
26			15	20	25						57-58
27						32.25					53.41
28						30; 34.4	36.9	41.3; 39.9			56.4
29		7-10	13-17	23	27						
30	2.6	10									
31				20-24						44-46	54-57
32				19; 21	25; 26	31.7	36.8			45	58
33				10-20							
34											
35	1.7-6.7	10.1	14.3	21.5							

Таблица 1: Сводная таблица периодов, найденных в настоящей работе (I-VI) и в работах других авторов (столбцы под номерами 1-11).

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Примечания
		68				85	95	100	106	113	Рис.1
60		68		75		85	95	100	106	111	Рис.2
61		69		76		85	95	100	106	113	Рис.3
61		68	73		80	87	95	99	107		Рис.4
60-61		68-69	73	75-76	80	85-87	95	99-100	106-107	111-113	Σ 1-4
60-63		67-71	72-74	75-77	79-81	83-88	93-96	98-102	105-108	109-115	Шир.
ПЕРИОДЫ, НАЙДЕННЫЕ В ЦИТИРУЕМЫХ РАБОТАХ											Источник
59.2 60.8	63.7	67.8	72	77	82	86.7	95.2	103	107		[31-32]
											[33]
											[35]
											[36]
60											[37]
60.4	63.4	69	73	77.5	81.6	87.2	92.4				[38]
60				75		86		100			[39]
62			73			83		98			[40]
					80			100			[41]
60		66		75		83					[42]
			72.6	74.9 76.8							[43]
60				75		86		100			[44]
											[45]
60											[46]
		67.4									[47]
		70 ± 7									[48]
60		66-72	76		90				111		[48]
63					80.6		96		107		[55]
60											[56]
		70									[57]
60											[59]
											[60]
60										2-4	[61]
62				75	82			98			[62]
60.9	64.92	68.48			80.86		95.97				[63]
			72.4	75.4	82.3	85.3				111.7	[63]
											[64-67]
											[68]
60-62										111-112	[70]
62											[71-73]
60											[74]
								108			[75]
											[76-77]

Продолжение Таблицы 1: Сводная таблица периодов, найденных в настоящей работе (I-VI) и в работах других авторов (столбцы под номерами 12-22).

предположить что действующая причина или непосредственно связана с собственными колебаниями Земли или же генерируется в процессе этих колебаний.

4.2 Кварцевые генератора. Стандарты времени и частоты

Следующая группа работ относится к рассмотрению флуктуаций в устройствах, служащих эталоном стабильности: кварцевые часы персонального компьютера [45], высокостабильные кварцевые генераторы, используемые в частотоизмерительной аппаратуре [46, 47] и, наконец, водородный и рубидиевый стандарты Государственной службы времени и частоты СССР (ГСВЧ СССР) [48]. Рассмотрим их более детально.

В работе [45] (строка №14) исследовались флуктуации “компьютерного времени”, обеспечиваемого кварцевыми генераторами. Для этого регистрировалось время исполнения цикла с программно фиксированной длиной (6.8 сек) для DOS-системы. Эксперимент проводился с 3 по 15 февраля 2001 г. На Фурье-спектрах обнаружены, обладающие высокой спектральной плотностью, регулярные флуктуации с периодами 0.5 и 1 мин (не включены в Табл. 1). На их фоне часто наблюдаются импульсы – резкие увеличения длительности цикла с амплитудой, значительно превосходящей интервал обычных регулярных флуктуаций. Временной интервал между импульсами варьирует от 15 до 43 мин, тогда как внутри этого интервала период колебаний составляет 2-3 мин. Отмечается, что обнаруженные закономерности подобны представленным в работе [49].

В серии работ [46-47] исследовалась разность фаз в системе состоящей из двух прецизионных кварцевых генераторов, расположенных т.о., чтобы плоскости колебаний их кварцевых кристаллов были ортогональны. Очевидно, в силу этого обстоятельства, авторы назвали выходной сигнал системы Т-сином. В спектре мощности Т-сигнала зарегистрированного 5-12 августа 1991 г. обнаружены пики в области 60 и 38 мин [46]. В работе [47], являющейся продолжением исследований начатых в [46] были найдены периоды 37.9 и 67.4 мин. В то время как период 37.9 мин можно рассматривать, как уточненное значение периода 38 мин, то период 67.4 мин, по нашему мнению, является новым и относится к другой группе периодов (14-й столбец в Табл. 1), чем период 60 мин (12-й столбец в Табл. 1).

Авторы [46-47] отмечают, что близкие, к обнаруженным ими, периоды присутствуют в спектре мощности рентгеновского излучения Солнца: 36.3 и 59.5 мин [50].

Временной ход флуктуаций в стандартах времени и частоты изучался в [48]. В данном экспериментальном исследовании источниками флуктуаций служили водородные и рубидиевые стандарты ГСВЧ СССР. Выходной сигнал формировался путем сличения частот водородного и рубидиевого стандартов. На основе полученных временных рядов строились их спектры мощности. Авторы особо выделяют значительную амплитуду относительной мощности отдельных периодов: 29 ± 3 , 40 ± 4 , 58 ± 5 , 70 ± 7 мин, которые приведены в 17-й строке Табл. 1. В рассматриваемой работе приведены 5 спектров мощности выходного сигнала. Кроме упомянутых выше периодов (17-я строка Табл. 1) в спектрах можно выделить и другие пики (18-я строка Табл. 1), имеющие несколько меньшие амплитуды. Т.о., можно дополнительно отметить периоды, приведенные в 4, 5, 10, 12, 15, 16, 18, 22 столбцах Табл. 1 (строка №18), которые хорошо согласуются с данными, содержащимися в I-VI строках Табл. 1. В работе [56] (строка №21) также сообщается о периодах 160, 70, 58 мин в разности частот двух квантовых стандартов частоты – водородного и рубидиевого.

В работе особо подчеркивается, что аппаратные и геофизические помехи с такими временными характеристиками исключены и предполагается, что причиной наблюдаемых периодов является непосредственное воздействие солнечных процессов на стандарты частоты посредством гравитационных волн. Авторы пишут: “В итоге мы приходим к выводу, что гравитационные волны от Солнца, Земли и всей Вселенной могут заметно возмущать

ход атомных стандартов частоты. Возможно, что именно гравитационные шумы и ограничивают стабильность атомных стандартов” [48, с. 20].

Гравитационно-волновой механизм возмущения стандартов частоты в настоящее время представляется достаточно спорным. Но на то, что роль гравитационного поля в данном случае важна и должна учитываться в ходе наблюдений указывают измерения, выполненные во время солнечных затмений. В них, с одной стороны, отмечается локальное изменение силы тяжести [51], а с другой – наблюдаются возмущения в ходе атомных стандартов частоты [52-54]. Совместное рассмотрение этих работ [51-54] наводит на мысль о проверочном эксперименте в котором моделируется небольшое по амплитуде, периодическое изменение силы тяжести. Присутствие моделируемых периодов в рядах флуктуаций стандартов частоты могло бы стать решающим аргументом в пользу действующего механизма, который обуславливает наличие периодической компоненте в спектре измеряемых флуктуаций.

Суммируя результаты настоящего раздела, кратко представленные в сторках №14-18, также можно отметить очень хорошее совпадение представленных в Табл.1 периодов с найденными нами. Данное совпадение удивительно, в первую очередь, тем, что источники флуктуаций о которых шла речь в этом разделе, являются, пожалуй, наиболее защищенными от внешних воздействий приборами. Особенно это касается национальных стандартов времени и частоты.

4.3 Шумы в электронных приборах

В работе [55] проведен подробный анализ Фурье-спектров данных мониторинга токов микросхем, шумов ФЭУ, поля тепловых нейтронов близ земной поверхности, накопленных в 2003-2005 гг. на установке “ЭКЗАКТ”. В регистрируемых величинах обнаружен набор квазиустойчивых периодов (строки №19-20). Отмечается, что периоды меньше часа оказались в пределах ошибок совпадающими с периодами собственных колебаний Земли – сфероидальных и торроидальных. Предполагается, что полученные данные могут быть истолкованы, как модуляция упомянутыми собственными колебаниями выхода радона из грунта. Этот процесс должен сопровождаться слабой электромагнитной эмиссией в диапазоне низких частот. Этот физический агент, вероятно, в состоянии воздействовать на параметры полупроводниковых структур и, следовательно, влияет на токи $p-n$ переходов, работу выхода электронов фотокатода ФЭУ.

В [57] (строка №22) утверждается, что в результате исследования динамики физико-химических характеристик воды с помощью различных методов (ИК-спектроскопия, Рамановская спектроскопия, СВЧ-радиометрия, рН-метрия, ЯМР) во всех экспериментах были обнаружены следующие хорошо воспроизводимые периоды вариаций измеряемых величин: 1-3 мин, 4-6 мин, 5-9 мин, 11-18 мин, 20-30 мин, 40-50 мин. Амплитуды перечисленных квазипериодических изменений порядка 10%. Но, при удалении из измерительной кюветы воды, т.е. когда писались только шумы приборов, наблюдались те же периоды [58]. По нашему мнению, последнее обстоятельство говорит о том, что наблюдаемые периоды связаны, в первую очередь, с электронными шумами используемых приборов, а не со свойствами воды.

4.4 Флуктуации в воде

В настоящем разделе представлены, на наш взгляд, наиболее удивительные примеры совпадения периодов, найденных в флуктуационных процессах с периодами, обнаруженными в настоящей работе. Речь идет о периодах, характеризующих динамику различных биологических систем. Сюда же мы включили также периоды, обнаруженные в воде и водных системах. С последних и начнем наше рассмотрение.

В работе [59] (строка №23) методом светорассеяния в воде, водных растворах электролитов и белков обнаружены периодические колебания. Большинство регистрируемых периодов было равно 30-45, 15-20, 1-6 мин и десятки секунд, также регистрировались колебания с периодом 1 ч и более. Амплитуда в разных экспериментах меняется от 10 до 40% от среднего, обычно колебания с большим периодом имели и большую амплитуду - порядка 10-40%. В глицерине и ксиоле это явление отсутствовало. Магнитное поле могло менять в некоторых пределах периоды колебаний. Автор, исходя из теории молекулярного рассеяния света, предлагает связать регистрируемые колебания с динамикой структуры исследуемых сред.

В работе [60] того же автора (строка №24) по той же методике наблюдались периоды колебаний светорассеяния в воде, водных растворах гемоглобина и ДНК величиной 15 мин и медленные изменения от 30 до 60 мин. О периодах 2-4 мин и 15-20 мин сообщается в работе [61] (строка №25). Отмечается, что обнаруженные колебания формируются поляризованной компонентой и устраняются анализатором. Остающиеся при этом флуктуации за счет деполаризованной компоненты имеют более высокую частоту с очень слабо выраженной периодичностью и низкую амплитуду.

Интересный набор периодов представлен в работе [62] (строка №26): 15, 20, 25, 57-58, 62, 75, 82 и 98 мин. Эти периоды были зарегистрированы в период 13-17 августа 1974 г. в прибрежной полосе Якимварского залива Ладожского озера где проводились длительные наблюдения за флуктуациями электрического поля для учета их при обнаружении движущихся кораблей. Измерения велись с 10 до 20 часов местного времени. Были обнаружены: группы колебаний с периодами около 20-25 мин имеющие амплитуды порядка $(5-7) \cdot 10^{-4}$ В/м; группа с периодами около 60 мин – примерно $(10-15) 10^{-6}$ В/м; самые долгопериодные колебания с периодами 75-98 мин и более – примерно $30 \cdot 10^{-4}$ В/м.

Автор [62] отмечает: “На записях флуктуаций поля можно проследить как долгопериодные колебания (особенно 62-минутные) отделяются друг от друга группами или сгустками короткопериодных колебаний (по 4-5 всплесков в группе), которые делятся 10-12 мин, а потом исчезают. Отмеченные долгопериодные колебания не могут быть однозначно связаны с гидродинамическими источниками (волны, течения, вихревые пульсации), поскольку такие периоды не характерны для динамики водных масс данного объекта. По всей вероятности, их источник следует искать в более общих планетарных возмущениях”. В качестве таких общих планетарных возмущений предлагается рассматривать собственные колебания Земли.

4.5 Флуктуации в биологических системах

К сожалению существует очень мало исследований биологических систем в которых бы проводилось тщательное изучение периодов с периодикой единицы-десятки минут. Несколько таких работ представлены в настоящем разделе.

В работе [63] (строки №27-28) представлены результаты спектрально-временного анализ 54 ритмограмм, зарегистрированных от 14 животных в период с марта по июль 1994. Ритмограмму получали, подсчитывая количество движений животных за пятиминутный интервал. Это позволило детально охарактеризовать цирка- и ультрадианную организацию ритма животных. Периоды, представленные в строке №27 вычислены с большей точностью, чем периоды в строке №28.

Авторы [63] отмечают, что в ультрадианном диапазоне ритмов двигательной активности животных всегда присутствует набор гео- и гелиофизически значимых периодов, которые имеют различную устойчивость. Согласование указанных периодов в организме животных обуславливает сложную “шумоподобную” структуру их ритмодвигательной активности. Наиболее вероятные ультрадианные периоды, как правило, являются гармо-

никами суток, что следует рассматривать как проявление оптимальной стратегии организма при одновременном использовании нескольких “датчиков времени” разной природы, периоды которых существенно различаются.

В серии работ [64-67] (строка №29) говорится о периодах 7-10, 13-17, 23 и 27 мин, которые найдены во временных рядах флуктуаций R-R интервалов. Примерно в половине случаев наблюдается хорошая корреляция приведенных периодов в R-R интервалах с такими же периодами в магнитном поле Земли. В остальных случаях наблюдается тот же спектр периодов в R-R интервалах, но нет соответствующих синхронных изменений магнитного поля. Как следует из Табл.1 приведенный для R-R интервалов спектр периодов хорошо совпадает с частью спектра периодов, полученного в настоящей работе.

В работе [68] обсуждаются некоторые физические свойства и возможности биологического объекта («*Blatella germanica*»), обнаруженные по его динамической диэлектрической постоянной ϵ , измеряемой при помощи двухканального микроволнового рефрактометра [1]. В одном плече рабочий резонатор был загружен биологическим “приемопередатчиком”, в другом – эталонным образцом – вакуумом. После интерференции опорного и информационного сигналов измеряемый параметр на выходе прибора регистрировался с погрешностью не более 0.1%. В ходе мониторинга измеряемого параметра был обнаружен спектр периодов 10.2, 2.57, 0.93, 0.67, 0.45 мин. Периоды 2.6 и 10.2 мин приведены в строке №30 Табл.1 и хорошо совпадают с полученными нами периодами, приведенными в первом и втором столбца Табл.1.

Приведенный краткий обзор периодов, найденных во временных рядах флуктуаций различных биологических процессов показывает их хорошее соответствие с периодами, найденными МВС-методом в рядах флуктуаций скорости α -распада. Возможно, что общим действующим фактором в этом случае является локальное изменение гравитационного потенциала, генерируемое сфероидальными модами СКЗ. В пользу этой точки зрения говорит работа [69], в которой показана зависимость ритмов функционирования коры надпочечников и щитовидной железы собак от характера изменений приливных изменений силы тяжести.

4.6 Периоды в скорости радиоактивного распада

Группа работ [70-76], приведенная в строках №31-35 Табл.1 наиболее близка к теме настоящей статьи: в них рассматриваются периоды, найденные в скорости радиоактивного распада различных изотопов. Суммарно, данные работы охватывают основные типы распада: α -распад [70, 76-77], β -распад [74, 75] и γ -распад [71-73]. Общей особенностью упомянутых работ является следующее: в них найдены “короткие” (десятки минут) периоды, которые выявлены с использованием преимущественно стандартных методов анализа временных рядов: спектральный анализ, основанный на БПФ.

Необходимо отметить, что наличие подобных периодов обычно воспринималось, как экспериментальный артефакт [78-79]. Это связано, как уже упоминалось во Введении, с устоявшимся мнением, что любые внешние воздействия на радиоактивный распад невозможны. Несмотря на то, что ситуация, в мировом научном мнении, изменилась с появлением серии работ [14-30] рассмотренные ниже работы вызывают некоторое сомнение не столько возможностью нахождения периодов в “невозмущенном” радиоактивном распаде, сколько принятой в них методикой “извлечения” этих периодов из шумоподобных временных рядов. Рассмотрим работы [70-76] более детально.

В работе [70] проанализированы изменения во времени величины стандартного отклонения σ и размаха выборки R (разности между максимальным и минимальным значениями в выборке) для рядов флуктуаций α -распада препарата ^{239}Pu Исходные временные ряды разбивались на последовательные непересекающиеся отрезки по 60 или 1440 точек.

Для каждого такого отрезка определялись величины σ и R . Полученные временные ряды для σ и R исследовались 1) стандартным методом автокоррелограммы, 2) методом “наложения эпох” с построением стробоскопического спектра по схеме Бюй-Балла, 3) методом построения вейвлет-спектра с использованием вейвлета Морле.

Значения большинства из полученных периодов (строка №31, Табл.1: 22-24 мин, 44-46 мин, 54-57 мин, 60-62 мин, 111-112 мин, 142-147 мин, 173-177 мин, 181-189 мин, 744 мин) совпадают с периодами, присутствующими в собственных колебаниях Земли, лунными приливами, колебаниями скорости вращения Земли и собственными колебаниями Солнца. Можно также отметить хорошее совпадение найденных в [70] периодов с частью периодов из I-VI строк Табл.1. Также, по нашему мнению, предварительная параметризация временного ряда с последующим анализом полученных параметризованных рядов выделяет данную работу из остальных работ, представленных в строках №32-34, Табл.1.

В серии работ [71-73], на основе данных по мониторингу вариаций γ -активности 20-граммового образца руды из Забайкальского уранового месторождения, был выявлен ряд периодов, представленной в строке №32 Табл.1. После этого, на основе полученного временного ряда флуктуаций скорости γ -распада, при трехминутном усреднении строился его Фурье-спектр. На основе сравнения полученного спектра с периодами собственных осцилляций Солнца авторами отмечается множественное совпадение периодичностей во временных вариациях активности радиоактивного источника с периодичностями собственных осцилляций Солнца с точностью до “третьего-четвертого знака” [71, с.56].

Необходимо отметить, что в Табл.1 (строка №32) приведена только низкочастотная часть из 39 периодов полученных в [71]. Несмотря на хорошее совпадение с периодами из I-VI строк Табл.1 данные работ [71-73], на наш взгляд требуют повторного независимого воспроизведения. Вызывает сомнение механизм соотнесения периодов из спектра Фурье (имеет шумоподобный со множеством пиков вид) со спектром собственных колебаний Солнца. Также, несмотря на трехминутное усреднение, большая часть из приведенных в работе [71] 39 периодов отличаются между собой на десятые доли минуты.

В работе [74] проводились непрерывные измерения активности эталона трития методами жидкостного сцинтиляционного счета. С сентября 1985 по июню 1986 г. (период крайне низкой солнечной активности) было выполнено 11 серий одномоментных измерений продолжительностью от 1 до 6 суток. При обработке данные группировались по 10 последовательных результатов измерений. Для каждой из таких групп вычислялось среднее X и среднеквадратичное отклонение S .

В общем случае вариации значений в рядах исходных результатов и рядах средних из десяти величин не выходили за рамки, предусмотренные статистикой радиоактивного распада. Особое внимание в данной работе [74] было уделено поведению временных рядов значений S , т.к. предполагалось, что эта величина более чувствительна к влиянию различных воздействий. Авторы отмечают, что анализ временных рядов значений S позволил обнаружить колебания в диапазоне 10-20 мин. Сглаженные по 3 или 11 точкам ряды S в некоторых случаях позволяют предположить также и наличие вариаций с периодами около 60 мин или 3 часа. Амплитуда этих вариаций достаточно велика при невозмущенном геомагнитном поле (K -индекс порядка 2-3), но становится заметно меньше в периоды с K -индексом 4 и более.

В [75] (строка №34) приведены предварительные результаты длительного экспериментального исследования изменений в скорости β -распада ^{60}Co с февраля по август 2010 г. с использованием сцинтиляционных детекторов на основе кристаллов LaBr_3 и методики на совпадение. На приведенном в работе Фурье-спектре полученного временного ряда присутствуют следующие периоды: 108, 360, 720, 1008 и 1282 мин.

Работы [76-77] в последней строке Табл.1 будут рассмотрены в следующем разделе.

5 Заключение

Подводя итог настоящей работе, мы можем утверждать, что в результате проведенного нами исследования удалось обнаружить устойчивую частотную структуру во временных рядах флуктуаций скорости α -распада. Спектры найденных периодов приведены на рис.1 - рис.4 и суммированы в I-VI строках Табл.1. Дополнительным подтверждением реальности обнаруженного нами спектра периодов, является тот факт, что обнаруженные нами периоды обнаружены также и в работах других авторов (строки №1-35), где изучались флуктуации в протекании процессов различной природы.

Достаточно трудно предположить набор метеофакторов, искусственных воздействий, которые могли бы приводить к полученному в работе спектру периодов. Этим данная работа выгодно отличается от работ [14-30], в которых исследуется, в первую очередь, годовой период, с которым неразрывно связано интегральное энергетическое воздействие Солнца, которое изменяется с этим же периодом. Подобное воздействие на регистрирующую аппаратуру хорошо известно и трудно устранимо. Поэтому, никогда нельзя окончательно отделаться от возражения о том, что зарегистрированные эффекты – приборного происхождения. В случае коротких периодов и достаточно сложного спектра, который они образуют, приборные эффекты выглядят намного менее вероятными.

Также, влияние внешних факторов, как правило, приводит к изменению средних значений измеряемой величины. Но такого рода изменения, как показано в [2] не влияют на результаты МВС-анализа временных рядов. Т.е. если бы и были воздействия на измерительную систему, приводящие к небольшому изменению средних величин с обнаруженными нами периодами, то такое изменение осталось бы незаметным для использованного в настоящей работе МВС-метода.

Особо хотелось бы отметить хорошее, в пределах достигнутой в работе точности, соответствие найденного набора частот с частотами собственных колебаний Земли, особенно в низкочастотной части представленного в Табл.1 спектра. Обнаруженное нами соответствие позволяет планировать дальнейшие исследования посвященные поиску фактора, ответственного за воздействие на флуктуации скорости α -распада. В отличие от упоминавшихся во введении работ [14-30] найденный нами уникальный набор относительно коротких периодов позволяет более эффективно учитывать влияние изменений параметров внешней среды (температура, давление, влажность и пр.), которые в случае больших периодов (сутки и более) никогда нельзя полностью исключить из рассмотрения.

Полученные нами результаты наиболее просто объясняются, если предположить, что существует некая универсальная причина, одинаково и одновременно изменяющая скорость протекания любых процессов. Такой универсальной причиной могло бы быть локальное изменение скорости хода времени. Причем, согласно полученным результатам, скорость хода времени должна модулироваться собственными колебаниями Земли.

Интересно, что именно такая картина выстраивается на основе серии теоретических работ [80-92] в которых утверждается, что мощные нестационарные процессы могут являться источником гиперболических полей, проявлением которых как раз и является локальное изменение скорости хода времени.

Генератором гиперболических полей в этом случае являются собственные колебания Земли. Необходимо отметить, что данные колебания являются, пожалуй, наиболее мощным периодическим процессом достижимым в земных условиях.

Поисковые эксперименты, выполненные в последние годы [93-98], с целью обнаружения изменения скорости хода времени в окрестности мощных нестационарных процессов, показали результаты, которые могут быть истолкованы в пользу существования гиперболических полей. В этой связи, полученные в настоящей работе результаты, также могут быть истолкованы подобным образом.

Говоря о возможных механизмах появления полученного спектра периодов в флуктуациях скорости α -распада хотелось бы, в заключение, обратить внимание на работы [76-77], приведенные в 35-й строке Табл.1. – идея глобальная синхронизация

В этих работах ставилась задача анализа спектров ряда природных явлений протекающих в Солнечной системе и на Земле. Было показано, что изменения во времени большинства природных процессов представляют собой конечную сумму гармонических колебаний с определенными амплитудами, фазами и периодами, причем последние подчиняются простому соотношению:

$$T_n = \frac{T_1}{n^2}, \quad (4)$$

где T_1 - основной период колебаний синхронизирующего процесса, $n = 1, 2, 3, \dots, n \in \mathbb{N}$. Соотношение (4) позволяет по экспериментальным спектрам вычислять основной период колебаний T_1 и сделать правдоподобные предположения о природе этого процесса.

На основе анализа спектров ряда природных процессов (колебания температуры поверхности Земли и геомагнитного поля, изменения ширины колец деревьев, урожайности сельскохозяйственных культур и т.д.) было показано, что вращение Солнечной системы вокруг Местного центра звезд оказывает синхронизирующее воздействие на ряд процессов, протекающих на Земле и в Солнечной системе.

Идеи и причины глобальной синхронизации периодов в различных процессах, близкие к работам [76-77] рассмотрены также в [99-103].

С другой стороны, известен ряд механизмов, по которым собственные колебания Земли модулируют практически все процессы в геосферах: электрическое и магнитное поля, микрофлуктуации атмосферного давления, выход радона и т.д. Каждый из этих процессов может быть причиной появления периодов в процессах, представленных в строках 1-35 Табл.1 и совпадающих с определенной частью спектра собственных колебаний Земли.

Литература

- [1] Панчелюга В.А., Панчелюга М.С. Фрактальная размерность и гистограммный метод: методика и некоторые предварительные результаты анализа шумоподобных временных рядов // Биофизика, 2013, том. 58, вып. 2, с. 377-384.
- [2] Панчелюга В.А., Панчелюга М.С. Локальный фрактальный анализ шумоподобных временных рядов методом всех сочетаний // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике, 2014, том. 11, вып. 1, №21, с.107-134.
- [3] M.M. Dubovikov, N.V. Starchenko, M.S. Dubovikov Dimension of minimal cover and fractal analysis of time series // Physica A, 2004, 339, pp. 591-608.
- [4] М.М. Дубовиков, Н.В. Старченко Экономическая и фрактальный анализ финансовых временных рядов // УФН, 2011, т. 181, №7, с. 779-786.
- [5] М.М. Дубовиков, А.В. Крянев, Н.В. Старченко Размерность минимального покрытия и локальный анализ фрактальных временных рядов // Вестник РУДН, Серия “Прикладная и компьютерная математика”, т. 3, №1, 2004, с. 30-44.
- [6] Старченко Н.В. Индекс фрактальности и локальный анализ хаотических временных рядов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, Москва, 2005 – 119 с.
- [7] Шноль С.Э., Панчелюга В.А. Феномен макроскопических флуктуаций. Методика измерений и обработка экспериментальных данных // Мир измерений, 2007, №6, с. 49-55.
- [8] 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.
- [9] Шноль С.Э., Зенченко Т.А., Зенченко К.И., Пожарский Э.В., Коломбет В.А., Конрадов А.А. Закономерное изменение тонкой структуры статистических распределений как следствие космофизических причин // УФН, 2000, 170(2) с. 214-218.
- [10] В.А. Панчелюга, С.Э. Шноль О пространственной анизотропии выявляемой при исследовании “эффекта местного времени”. // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. 2006, №2 (6), Vol. 3 с. 188-193.
- [11] В.А. Панчелюга, В.А. Коломбет, М.С. Панчелюга, С.Э. Шноль Исследование эффекта местного времени на малых пространственно-временных масштабах // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике, 1 (5), Vol. 3, 2006, с. 116-121.
- [12] E. Rutherford, *Radioactive Substances and Their Radiations* (Cambridge University Press, New York, 1913).
- [13] S. E. Rutherford, J. Chadwick, and C. Ellis, *Radiations from Radioactive Substances* (Cambridge University Press, 1930).
- [14] Jere H. Jenkins, Ephraim Fischbach, John B. Buncher, John T. Gruenwald, Dennis E. Krause, and Joshua J. Mattes Evidence for Correlations Between Nuclear Decay Rates and Earth-Sun Distance // arXiv:0808.3283v1 [astro-ph] 25 Aug 2008.
- [15] Jere H. Jenkins, Ephraim Fischbach, John B. Buncher, John T. Gruenwald, Dennis E. Krause, Joshua J. Mattes Evidence of correlations between nuclear decay rates and Earth-Sun distance // *Astroparticle Physics* 32 (2009) 42–46.
- [16] E. Fischbach, J.B. Buncher, J.T. Gruenwald, J.H. Jenkins, D.E. Krause, J.J. Mattes, J.R. Newport Time-Dependent Nuclear Decay Parameters: New Evidence for New Forces? // *Space Sci. Rev.* (2009) 145: 285–335.
- [17] Jere H. Jenkins, Ephraim Fischbach Perturbation of nuclear decay rates during the solar flare of 2006 December 13 // *Astroparticle Physics* 31 (2009) 407–411
- [18] E. Fischbach, K.J. Chen, R.E. Gold, J.O. Goldsten, D.J. Lawrence, R.J. McNutt Jr., E.A. Rhodes, J.H. Jenkins, J. Longuski Solar influence on nuclear decay rates: constraints from the MESSENGER mission // *Astrophys Space Sci* (2012) 337:39–45
- [19] P.A. Sturrock, G. Steinitz, E. Fischbach, D. Javorsek II, J.H. Jenkins Analysis of gamma radiation from a radon source: Indications of a solar influence // *Astroparticle Physics* 36 (2012) 18–25
- [20] D.E. Krause, B.A. Rogers, E. Fischbach, J.B. Buncher, A. Ging, J.H. Jenkins, J.M. Longuski, N. Strange, P.A. Sturrock Searches for solar-influenced radioactive decay anomalies using spacecraft RTGs // *Astroparticle Physics* 36 (2012) 51–56
- [21] Jere H. Jenkins, Kevin R. Herminghuysen, Thomas E. Blue, Ephraim Fischbach, Daniel Javorsek II, Andrew C. Kauffman, Daniel W. Mundy, Peter A. Sturrock, Joseph W. Talnagi Additional experimental evidence for a solar influence on nuclear decay rates // *Astroparticle Physics* 37 (2012) 81–88
- [22] P.A. Sturrock, L. Bertello, E. Fischbach, D. Javorsek II, J.H. Jenkins, A. Kosovichev, A.G. Parkhomov An analysis of apparent r-mode oscillations in solar activity, the solar diameter, the solar neutrino flux, and nuclear decay rates, with implications concerning the Sun’s internal structure and rotation, and neutrino processes // *Astroparticle Physics*, 2013, V.42, pp.62-69
- [23] P.A. Sturrock, A.G. Parkhomov, E. Fischbach, J.H. Jenkins Power spectrum analysis of LMSU (Lomonosov Moscow State University) nuclear decay-rate data: Further indication of r-mode oscillations in an inner solar tachocline // *Astroparticle Physics*, 2012, V.35, No.11, June 2012, pp.755-758

- [24] P.A. Sturrock, E. Fischbach, D. Javorsek II, J.H. Jenkins, R.H. Lee, J. Nistor, J.D. Scargle Comparative study of beta-decay data for eight nuclides measured at the Physikalisch-Technische Bundesanstalt // *Astroparticle Physics*, 2014 (In Press)
- [25] Peter S. Cooper Searching for modifications to the exponential radioactive decay law with the Cassini spacecraft // *Astroparticle Physics*, Volume 31, Issue 4, May 2009, pp. 267-269
- [26] E.N. Alexeyev, V.V. Alekseenko, Ju.M. Gavriljuk, A.M. Gangapshev, A.M. Gezhaev, V.V. Kazalov, V.V. Kuzminov, S.I. Panasenko, S.S. Ratkevich, S.P. Yakimenko Experimental test of the time stability of the half-life of alpha-decay ^{214}Po nuclei // *Astroparticle Physics*, 2013, V.46, pp.23-28
- [27] K. Bikit, J. Nikolov, I. Bikit, D. Mrda, N. Todorovic, S. Forkapic, J. Slivka, M. Veskovic Reinvestigation of the irregularities in the ^3H decay // *Astroparticle Physics*, 2013, V.47, pp.38-44.
- [28] Karsten Kossert, Ole J. Nahle Long-term measurements of ^{36}Cl to investigate potential solar influence on the decay rate // *Astroparticle Physics*, 2014, V.55, pp.33-36.
- [29] Yu. A. Baurov, Yu.G.Sobolev, Yu.V.Ryabov, and V. F. Kushniruk Experimental Investigations of Changes in the Rate of Beta Decay of Radioactive Elements // *Physics of Atomic Nuclei*, 2007, Vol. 70, No. 11, pp. 1825–1835
- [30] D.P. Veprev, V.I. Muromtsev Evidence of solar influence on the tritium decay rate // *Astroparticle Physics* 36 (2012) 26–30.
- [31] Е.М. Линьков Сейсмические явления Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1987 – 248 с.
- [32] Петрова Л.Н. Сейсмический процесс в интервале частот 0.05-0.5 мГц: закономерности и особенности // *Вулканология и сейсмология*, 1999, №4-5, с.116-124.
- [33] T.G.Masters, R.Widmer Free oscillations: frequencies and attenuations // *Global Earth physics: a handbook of physical constants* / Ed. by Thomas J. Ahrens, American Geophysical Union, 1995, pp.104-125.
- [34] Buland R., Berger J., Gilbert F. Observations from the IDA network of attenuation and splitting during a recent earthquake. // *Nature*. 1979, 277, № 5695, p. 358-362.
- [35] Браун Д., Массет А. Недоступная Земля. М., Мир, 1984 – 262 с.
- [36] Рыкунов Л.Н., Хаврошкин О.Б., Цыплаков В.В. Модуляция высокочастотных микро-сейсм // *ДАН СССР*, 1978, т.238, №2, с.303-306.
- [37] Антонов Ю.В., Антонова И.Ю., Рыбин А.К., Щелочков Г.Г. Модуляция вариаций вертикального градиента силы тяжести и магнитотеллурического поля собственными колебаниями Земли // *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*, 2010, № 6, с. 51-55.
- [38] Аки К., Ричардс П. Количественная сейсмология. Теория и методы. т.1. М., Мир, 1983 – 519 с.
- [39] Собственные колебания Земли. М., Мир, 1964 – 316 с.
- [40] Линьков Е.М., Петрова Л.Н., Савина Н.Г., Яновская Т.Б. Сверхдлиннопериодные колебания Земли // *Доклады АН СССР*, 1982, т.262, №2, с.321-324.
- [41] Петрова Л.Н. Сейсмогравитационные колебания Земли и возможный механизм их образования // *Биофизика*, 1992, т.37, вып.3, с.508-516.
- [42] Антонова Л.М., Савина Н.Г. Анализ низкочастотных колебаний Земли, регистрируемых лазерным деформографом. АН СССР, ДВО, ТОИ. Применение длинноволновых лазерных интерферометров в геофизике. Тезисы докладов. Владивосток, 1987, 75 с.
- [43] Хаврошкин О.Б. Некоторые проблемы нелинейной сейсмологии. М., ОИФЗ РАН, 1999 – 301 с.

- [44] Линьков Е.М., Типисев С.Я., Наблюдение длиннопериодных колебаний Земли сейсмографом с фотоэлектрическим преобразователем // АН СССР, ДНЦ, ТОИ. Динамические процессы в дискретных геофизических системах. Сб. трудов, Владивосток, 1986 – 238 с.
- [45] Шаповалов С.Н., Горшков Э.С., Борисова В.В., Соколовский В.В., Трошичев О.А. Случайные флуктуации в показаниях измерительных приборов: эффекты космофизического влияния? // Биофизика, 2001, т.46, вып.5, с.819-822.
- [46] Клочек Н.В., Паламарчук Л.Э., Плюснина Л.А., Никонова М.В. К вопросу о космическом воздействии неизвестной природы // Биофизика, 1992, т.37, вып.4, с.656-660.
- [47] Клочек Н.В., Паламарчук Л.Э., Никонова М.В. Предварительные результаты исследований воздействия космофизического излучения неэлектромагнитной природы на физические и биологические системы // Биофизика, 1995, т.40, вып.4, с.889-896.
- [48] Долгих Г.И., Копвиллем У.Х., Хаврошкин О.Б., Цыплаков В.В. Об одном физическом механизме возмущения атомных стандартов частоты. М., 1979, 37с. - Деп. в ВИНТИ, №3070-79, 37с.
- [49] Горшков Э.С., Шаповалов С.Н., Соколовский В.В., Трошичев О.А. // Биофизика, 2000, т.45, вып.5, с.947-949.
- [50] Клочек Н.В., Никонова М.В. // Исследования по геомагнетизму, аэронауке и физике Солнца. М., Наука, 1988, Вып.79, с.84-90.
- [51] Qian-Shen Wang, Xin-she Yang, Chuan-zhen Wu, Hong-gang Guo, Hong-chen Liu, and Chang-chai Hua Precise measurement of gravity variations during a total solar eclipse // Phys.Rev D, 2000, 62,041101
- [52] Zhou S.W. and Huang B.J., Abnormalities of the Time Comparisons of Atomic Clocks during the Solar Eclipses // II Nuovo Cimento, 15C, No 2, 133 (1992)
- [53] Казачок В.С., Хаврошкин О.Б., Цыплаков В.В. Поведение атомного и механического осцилляторов во время солнечного затмения // Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологической службы, 1976.
- [54] Хаврошкин О.Б. Цыплаков В.В. Водородный мазер: солнечные периодичности // Инженерная физика, 2014, №3, с.25-30.
- [55] Брунс А.В., Владимирский Б.М., Динамика нетепловых шумов в элементах стандартных электронных устройств – короткие космофизические периоды на установке “ЭКЗ-АКТ” // Известия Крымской астрофизической обсерватории, 2006, т.102, 164 с.
- [56] Владимирский Б.М. Солнечная активность и проблемы точных измерений // Биофизика, 1992, т.37, вып.3, с.500-507
- [57] Дроздов А.В. Квазипериодический характер межмолекулярных взаимодействий в воде // www.biophys.ru/archive/spb2013/proc-p19.pdf
- [58] Дроздов А.В.: личное сообщение.
- [59] Черников Ф.Р. Колебания интенсивности светорассеяния в водных растворах белков // Биофизика, 1986, т.31, вып.4, с.596-600
- [60] Черников Ф.Р. Влияние некоторых физических факторов на колебания светорассеяния в воде и водных растворах биополимеров //Биофизика, 1990. т. 35, вып.5, с. 711-716.
- [61] Черников Ф.Р. Сверхмедленные колебания светорассеяния в жидкостях разного типа // Биофизика. 1990, т. 35, вып.5, с. 717-721.
- [62] Александров В.В. Экологическая роль электромагнетизма. СПб, Изд-во Политехн. ун-та, 2006 – 716 с.
- [63] В.С.Мартынюк Внутрисуточные гео- и гелиофизические значимые периоды в инте-

- гральном ритме двигательной активности животных // Биофизика, 1998, т.48, вып. 5, с 789-796
- [64] Т.А. Зенченко, А.А. Медведева, Н.И. Хорсева, Т.К. Бреус Синхронизация показателей сердечного ритма человека и вариаций геомагнитного поля в диапазоне частот 0.5–3.0 мГц // Геофизические процессы и биосфера, 2013, Т. 12, № 4, с. 73–84
- [65] Зенченко Т.А., Нагорский П.М., Бреус Т.К. , Смирнов С.В. Зависимость динамики показателей сердечного ритма человека от вариаций электромагнитных и метеорологических параметров атмосферы в миллигерцовом диапазоне // Тезисы IV Международной конференции “Человек и электромагнитные поля”, г. Саров, 27-31 мая 2013 г., стр 39
- [66] Зенченко Т.А., Нагорский П.М., Бреус Т.К., Смирнов С.В. Динамика показателей сердечного ритма и вариации электростатических и метеорологических параметров в миллигерцовом диапазоне // Тезисы X Международной конференции “Космос и биосфера”, Крым, Коктебель, 2013, стр 187-189
- [67] Т.А. Зенченко. Синхронизация показателей сердечного ритма человека и вариаций геомагнитного поля в диапазоне частот 0.3-3 мГц. // Тезисы Международной конференции “Влияние космической погоды на здоровье человека в космосе и на Земле”, Москва, 4-8 июня 2012. с. 120-121.
- [68] Копвиллем У.Х., Шарипов Р.З., Запольский А.М., Айздайчер Н.А. Биологический детектор слабых космических полей // Биофизика, 1992, т.37, вып.4, с.643-646.
- [69] Бортникова Г.И. Влияние характера приливных изменений силы тяжести на периодичность функциональной активности коры надпочечников и щитовидной железы собак // Биофизика, 1992, т.37, вып.3, с.533-540.
- [70] 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, 2001, т. 46, вып. 5, с. 795-798.
- [71] Хаврошкин О.Б. Цыплаков В.В. Радиоактивность образца руды: мониторинг // Инженерная физика, 2013, №8, с.53-61.
- [72] Oleg Khavroshkin, Vladislav Tsyplakov Radioactivity of nuclei in a centrifugal force field // Natural Science, 2011, Vol.3, No.8, pp.733-737
- [73] O.V. Khavroshkin, V.V. Tsyplakov Sun, Earth, radioactive ore: Common periodicity // Vol.5, Natural Science, 2013, No.9, pp.1001-1005
- [74] Авдоница 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.
- [75] Бауров Ю.А., Демчук Н.А., Бауров А.Ю., Бауров А.Ю. (младший), Дунин В.Б., Тихомиров В.В., Сергеев С.В. Предварительные результаты длительного экспериментального исследования изменений в скорости β -распада ^{60}Co в 2010 г. // Прикладная физика, 2011, №5, с.12-21.
- [76] Шабельников А.В., Кирьянов К.Г. Вековые, годовые и суточные колебания параметров некоторых природных процессов // Биофизика, 1998, т. 43, вып. 5, с. 874-877.
- [77] Шабельников А.В. Воздействие космофизических факторов на климат и биосферу Земли // Биофизика, 1992, т. 37, вып. 3, с. 572-575
- [78] Владимирский Б.М. Солнечная активность и проблемы точных измерений // Биофизика, 1992, т.37, вып.3, с.500-507.

- [79] Владимирский Б.М. Влияет ли космическая погода на техносферу? // Вестник Калужского университета, 2007, №1, с.25-39.
- [80] Павлов Д.Г. Обобщение аксиом скалярного произведения. // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике, 1 (1), 2004 с. 5-19.
- [81] Павлов Д.Г. Хронометрия трехмерного времени. // *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике*, 1 (1), 2004 с. 20-32.
- [82] Павлов Д.Г. Четырехмерное время. // *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике*, 1 (1), 2004 с. 33-42.
- [83] Гарасько Г.И. Обобщенно-аналитические функции поличисловой переменной. // *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике*, 1 (1), 2004 с. 75-88.
- [84] Лебедев С.В. Свойства пространств связанных с коммутативно-ассоциативными алгебрами H_3 и H_4 // *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике*, 1 (1), 2004 с. 68-74.
- [85] Сипаров С.В. Канонические уравнения Гамильтона и метрика Бервальда-Моора. // *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике*, 2 (4), 2005, с. 51-56.
- [86] Зарипов Р.Г. Отношение одновременности в финслеровом пространстве-времени. // *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике*, 1 (5), 2006, с. 27-46.
- [87] Гарасько Г.И. Начала финслеровой геометрии для физиков. М., Тетру, 2009.
- [88] Павлов Д.Г., Кокарев С.С. Конформные калибровки геометрии Бервальда-Моора и индуцированные ими нелинейные симметрии. // *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике*, 2 (10), 2008 с. 3-14.
- [89] Павлов Д.Г. Гиперболический аналог электромагнитного поля. // *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике*, 1 (13), 2010 с. 3-15.
- [90] Павлов Д.Г., Кокарев С.С. Гиперболическая теория поля на плоскости двойной переменной. // *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике*, 1 (13), 2010, с. 78-127.
- [91] Павлов Д.Г., Кокарев С.С. Аналитические, дифференциально-геометрические и алгебраические свойства гладких функций поличисловой переменной. // *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике*, 16, 2011.
- [92] Павлов Д.Г., Кокарев С.С. Алгебраическая единая теория пространства-времени и материи на плоскости двойной переменной. // *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике* 2(14), т.7, 2010, с.11-37.
- [93] Кокарев С.С. Теоретические оценки экспериментального эффекта сдвига спектра мощности сигнала кварцевого генератора в окрестности нестационарных процессов // *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике* 1(17), т.9, 2012, с.175-191.
- [94] D.G. Pavlov, S.S. Kokarev, M.S. Panchelyuga, V.A. Panchelyuga Exploring researches on the space-time effects of hyperbolic fields // Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series III: Mathematics, Informatics, Physics, 2012, Vol.5(54) No.1, pp.53-80
- [95] Д.Г. Павлов, С.С. Кокарев, М.С. Панчелюга, В.А. Панчелюга Поисковые исследования пространственно-временных эффектов так называемого гиперболического, или H -поля // *Пространство и время*, №10, вып. 4, 2012, с.50-66.
- [96] Павлов Д.Г., Панчелюга М.С., Панчелюга В.А. Поисковые исследования пространственно-временного векторного поля. Предварительные результаты // *Гиперкомплексные числа в геометрии и физике*, 2012, т. 9, вып. 1, № 17, с. 162-175.
- [97] Павлов Д.Г., Панчелюга М.С., Панчелюга В.А. Исследования пространственно-временных эффектов гиперболического поля. Поисковые эксперименты // *Метафизика*, 2014, №1, с.151-159.
- [98] Павлов Д.Г., Панчелюга М.С., Чалкин С.Ф., Панчелюга В.А. Поисковые исследования

ния пространственно-временных эффектов гиперболического поля: изменение частоты ультрастабильного кварцевого генератора в окрестности мощного электрического разряда // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике, 2014, том. 11, вып. 1, № 21, с. 96-106.

- [99] Hartmut Muller Fractal Scaling Models of Resonant Oscillations in Chain Systems of Harmonic Oscillators // Progress in physics, 2009, v.2, pp. 72-76.
- [100] Hartmut Muller Fractal scaling models of natural oscillations in chain systems and the mass distribution of the celestial bodies in the Solar system // Progress in physics, 2010, v.1, pp. 62-66.
- [101] Hartmut Muller Fractal scaling models of natural oscillations in chain systems and the mass distribution of particles // Progress in physics, 2010, v.3, pp. 61-66.
- [102] Andreas Ries, Marcus Vinicius Lia Fook Application of the model of oscillations in a chain system to the Solar System // Progress in physics, 2011, v.1, pp. 103-111.
- [103] Victor A. Panchelyuga, Maria S. Panchelyuga Resonance and fractals on real numbers set // Progress in physics, 2012, V.4, pp.48-53

SOME PRELIMINARY RESULTS OF LOCAL FRACTAL ANALYSIS OF NOISE-LIKE TIME SERIES BY ALL PERMUTATIONS METHOD FOR PERIODS 1-120 MIN

V.A. Panchelyuga, M.S. Panchelyuga

*Research Institute of Hypercomplex Systems in Geometry and Physics, Fryazino, Russia
Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of the Russian Academy of Sciences,
Pushchino, Russia*

panvic333@yahoo.com

Results of local fractal analysis of 329 1-day time series of ^{239}Pu alpha-decay rate fluctuations by means of all permutations method (APM) [1] are presented. The APM-analysis reveals in the time series some steady frequency set. Coincidence of the frequency set with the Earth natural oscillations was demonstrated. Short revue of periods in fluctuations of various processes (physical, chemical, biological) in range 1-120 min described in works of different authors are given. We shown that periods observed in cited papers corresponds to periods, which revealed in present report. Such correspondence leads to conclusion about some common mechanism, which may cause observed periodicity in processes of different nature. In particular, periods, which are common with APM-periods are revealed in frequency fluctuations of national frequency standards. This circumstance leads to conclusions that APM-periods must be taken into account in the case of precision measurements organizations.

Key Words: fractal dimension, time series, noise, local analysis of time series, method of minimal cover.