

О ВОЗМОЖНОЙ ВНЕШНЕЙ ОБУСЛОВЛЕННОСТИ СПЕКТРА ОКОЛОЧАСОВЫХ ПЕРИОДОВ

Панчелюга В.А., Панчелюга М.С.

Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН
ул. Институтская, 3, г. Пуцино, Московская обл., 142290, РФ; e-mail: victor.panchelyuga@gmail.com
Поступила в редакцию: 18.07.2021

Аннотация. В работе представлены результаты исследований периодов в диапазоне 10-300 мин во временных рядах флуктуаций процессов различной природы. Данные исследования позволили выявить спектр периодов, повторяющийся в исследованных временных рядах, в том числе, биологического происхождения. В настоящей работе рассматриваются дальнейшие исследования этого спектра, а также его совпадение с околочасовыми ритмами, которые, как было продемонстрировано в ходе более чем полувековой истории их исследований, присутствуют в динамике практически любых биологических систем. Такое совпадение, по нашему мнению, свидетельствует о наличии внешнего синхронизатора околочасовых ритмов.

Ключевые слова: околочасовые периоды, универсальный спектр периодов, флуктуации, синхронизация.

1. Введение. Околочасовые ритмы.

В настоящее время известен колебательный характер изменения многих параметров биологических объектов (морфологических, биохимических, физиологических) от субклеточного до популяционного уровня [1-3] с периодами от годовых до суточных (циркадных). Существуют аргументы в пользу как эндогенного («биологические часы»), так и экзогенного их происхождения.

Наряду с медленными колебаниями (циркадными, сезонными, годовыми), совпадающими с периодикой геофизических процессов и быстрыми – обнаруженными в разных биохимических реакциях, существует многочисленная литература об околочасовых ритмах (ОР) [4-9]. Эти колебания с периодами от десятков минут до нескольких часов были обнаружены в середине XX-века. ОР выявлены в динамике многих биологических систем: размерах клеточного ядра, интенсивности синтеза белка, активности ферментов, концентрации гормонов и АТФ, потребления кислорода, pH цитоплазмы, в органных и организменных ритмах дыхания, в сердечных сокращениях, в активности мозга, в поведенческих реакциях животных и человека и др. Они обнаружены у бактерий, дрожжей, некоторых других одноклеточных, моллюсков, у млекопитающих. Эти ритмы выявляются как *in vivo* так и *in vitro* [4-9].

Отмечается, что несмотря на интенсивные исследования, окончательно механизм возникновения ОР установить не удалось. Возможно, причина этого в том, что данный механизм обусловлен не только биологическими, но в первую очередь физическими свойствами биоструктур. Физическая природа ОР подтверждается следующими факторами: 1) независимостью ритмики ОР от температуры в интервале 18-37 градусов, в то время как биохимические реакции резко от нее зависят; 2) не найдет датчик времени или внутренний пейсмейкер ОР; 3) ОР не зависят ни от ядерного ни от АТФ-контроля; 4) ОР наблюдаются даже на тенях эритроцитов, а не только на полноценных клетках. Общность ОР в разных клетках и их органеллах подтверждает универсальность этого явления и его механизма, не связанного со спецификой биохимических процессов в каждом отдельном случае [4,5].

В обзоре [6] природа ОР связывается с одним из трех возможных механизмов: 1) периодические внешние воздействия; 2) генетическая обусловленность; 3) ОР, как имманентное свойство протоплазмы, не навязанное извне, генетически не запрограммированное и не требующее особой регуляции. Очень интересным является предположение [6] о фрактальной природе ОР.

Суммируя [4-9] можно заключить, что в большинстве работ авторы, в первую очередь, рассматривают ОР только как результат внутренних регуляторных процессов организма или межклеточных взаимодействий. В настоящей работе мы хотели бы представить аргументы в пользу внешней природы фактора, являющегося синхронизатором этих ритмов.

2. Универсальный спектр периодов во временных рядах флуктуаций процессов различной природы.

В работе [10] нами был впервые представлен локальный фрактальный анализ шумоподобных временных рядов методом всех сочетаний (МВС-метод). Данный метод является дальнейшим развитием метода минимальных покрытий (ММП) [11], который модифицирует традиционно используемый метод покрытий прямоугольниками, вводя требование минимальности покрытия, достигаемое в случае, когда величина покрывающего прямоугольника точно равняется величине размаха (разности между максимальным и минимальным значением) функции на отрезке временного ряда для которого вычисляется фрактальная размерность. Как показано в [11], выполнение данного требования обеспечивает более быстрый выход на асимптотический режим и дает возможность определения фрактальной размерности на основе значительно более коротких отрезков временных рядов. Более быстрый выход на асимптотический режим достигается благодаря

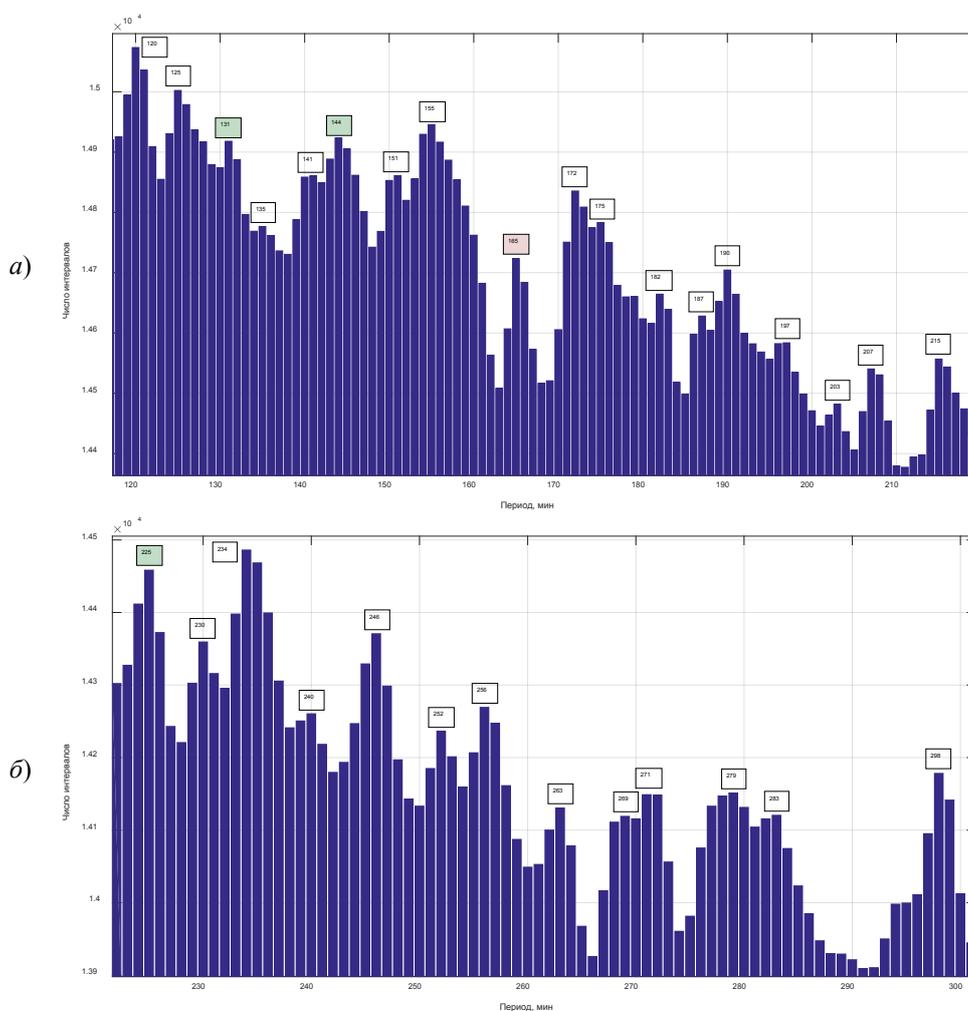


Рисунок 1. Суммарный спектр периодов в флуктуациях скорости альфа-распада для диапазона 120-220 мин, а) и 220-300 мин, б)

устранению ошибки, возникающей из-за того, что «высота» покрывающего прямоугольника, как правило, не совпадает с размахом анализируемого отрезка временного ряда. Использование минимальных покрытий полностью устраняет данную ошибку, имеющую чисто алгоритмическую природу. По образному выражению авторов ММП-метода, идея минимальных покрытий убирает масштаб по оси Y.

Т.о., МВС-метод [10] соединил в себе основные идеи ММП-метода 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. Также хотелось бы особо отметить, что в случае использования МВС-метода, значение N не обязано быть кратным 2^n , а может быть любым.

Свойство инвариантности относительно перестановок элементов временного ряда достигается благодаря изменению концепции анализа фрактальной размерности: вместо процедуры разбиения временного ряда на фиксированные отрезки длины которых равняются анализируемому временному масштабу, используются все возможные сочетания из элементов анализируемого отрезка временного ряда, соответствующие анализируемому временному масштабу. Такой подход позволяет устранить ошибки вычисления фрактальной размерности, обусловленные наличием «выпадающих» элементов временного ряда, возникающих при «механическом» разбиении его на последовательные отрезки. Использование метода всех сочетаний устраняет этот недостаток и, если продолжить упомянутую выше аналогию, устраняет масштаб по оси X.

Одним из первых результатов использования МВС-метода для анализа шумоподобных временных рядов является исследование 329-суточного массива флуктуаций скорости α -распада обнаружившее устойчивый набор периодов в диапазоне 1–115 мин [12]. Также, в работе [12] было показано, что найденные периоды с хорошей

точностью совпадают с периодами собственных колебаний Земли. Это совпадение проявляется как для классических, так и для т.н. сейсмогравитационных или длинноволновых колебаний Земли [12].

Для указанного диапазона периодов была показана не только тесная связь найденного спектра со спектром собственных колебаний Земли, но также его универсальный характер: спектры периодов, найденные для флуктуационных процессов в системах различной природы всегда совпадали с соответствующей частью спектра, найденного для временных рядов флуктуаций скорости α -распада [12]. В силу универсального характера спектра, впервые найденного в [12], в дальнейшем он был назван «универсальным спектром периодов» (УСП).

Свойство универсальности, впервые отмеченное в [12], было подтверждено дальнейшими исследованиями. УСП был найден в флуктуациях температуры мелких млекопитающих и птиц [13] в т.ч., с различным уровнем метаболизма [14]. Также было показано наличие УСП во временных рядах флуктуаций хемилюминесценции планарий [15].

Результаты, рассмотренные выше, относятся к диапазону периодов 1–120 мин. В настоящей работе выполнен дальнейший МВС-анализ 329-суточного массива флуктуаций скорости альфа распада, использованного в [12], для исследования спектра периодов в диапазоне 120–300 мин. Используя методику, описанную в [10], был получен спектр, показанный на рис. 1. Для лучшей визуализации спектр разделен на две части и представлен в виде двух графиков. Значения периодов показаны в прямоугольных рамках над соответствующими пиками.

3. Спектр периодов в диапазоне 10–300 мин, наблюдаемый во временных рядах флуктуаций температуры мелких млекопитающих.

Результаты, представленные в п. 2, были получены с использованием МВС-анализа результатов 329-суточного массива 1-секундных измерений флуктуаций скорости альфа-распада. В случае временных рядов биологического происхождения, 1-секундное разрешение, зачастую, является избыточным, в силу медленности изменения измеряемых величин. Так, для рассмотренных ниже, временных рядов флуктуаций температуры, измерения чаще, чем один раз в минуту, практически, не имеет смысла. В то же время, применение МВС-анализа для 1-мин временных рядов приводит к тому, что минимальный анализируемый временной масштаб будет порядка одного часа и получаемые МВС-спектры, в этом случае, становятся несоизмеримыми со спектрами, описанными в п.2. Поэтому, для временных рядов флуктуаций, полученных при низком временном разрешении, необходим другой метод анализа. Метод, который дал хорошие результаты в выявлении УСП для 1-минутных временных рядов флуктуаций температуры, представлен ниже.

Данный метод предполагает, что измерения должны выполняться так, чтобы получить синхронные временные ряды измерений флуктуаций некоторого параметра. Ниже, для определенности, рассмотрим пример группы, состоящей из четырех крыс, у которых измеряли температуру тела с частотой 1 раз в минуту при помощи имплантированных внутрибрюшинно датчиков температуры ДТНЗ-28 («ЭМБИ РЕСЕРЧ», Новосибирск).

Пары измеренных временных рядов флуктуаций температуры, полученные от разных животных, разбивались на непересекающиеся отрезки длины которых изменялись от 10 мин до 300 мин с шагом 1 мин. Эти отрезки почленно суммировались для каждого значения длины – получали пары суммарных, синхронных отрезков для которых вычислялся коэффициент корреляции r . Т.о., для каждой пары временных рядов получали вектор r_{ij} значений коэффициентов корреляции для 290 значений длины отрезков (10...300мин).

Все возможные парные сочетания для четырех временных рядов даются матрицей R (1):

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{21} & r_{31} & r_{41} \\ r_{12} & r_{22} & r_{32} & r_{42} \\ r_{13} & r_{23} & r_{33} & r_{43} \\ r_{14} & r_{24} & r_{34} & r_{44} \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ r_{12} & 0 & 0 & 0 \\ r_{13} & r_{23} & 0 & 0 \\ r_{14} & r_{24} & r_{34} & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Т.к., диагональные элементы (корреляция отрезка с самим собой) ведут к тривиальному результату, а $r_{ij} = r_{ji}$, то рассмотрение имеет смысл только для верхней или нижней треугольных матриц. В (1), для определенности, выбрана нижняя треугольная матрица, как это показано в правой части выражения. Как следует из (1) для массива из 4-х временных рядов возможны шесть парных сочетаний, r_{ij} .

После того как были исследованы все возможные парные сочетания временных рядов (1) полученные шесть векторов r_{ij} почленно суммировались. Результат суммирования, для четырех анализируемых временных рядов, представлен на рисунке 2. Т.к., отдельные r_{ij} нормированы на единицу, а результат суммирования не нормирован, то рисунок 2 позволяет оценить степень совпадения «резонансных» значений периодов. Видно, что для некоторых периодов наблюдаются очень выраженные пики.

После этого суммарный спектр, показанный на рисунке 2, сглаживался два раза методом, скользящего среднего с использованием пуассоновского треугольного окна. Полученный результат приведен на рисунке 3. Спектр на рисунке 3 для большей наглядности разбит на две части, аналогично рисунку 1.

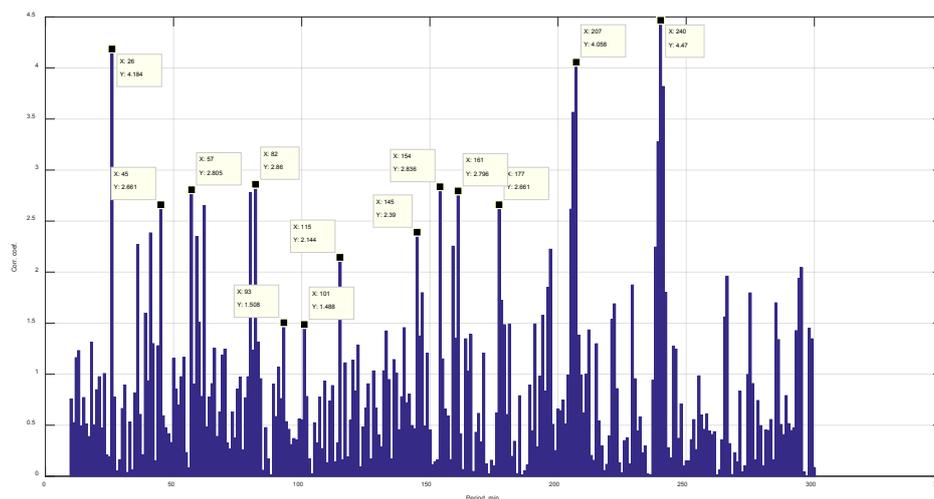


Рисунок 2. Суммарный спектр во временных рядах флуктуаций температуры у четырех крыс

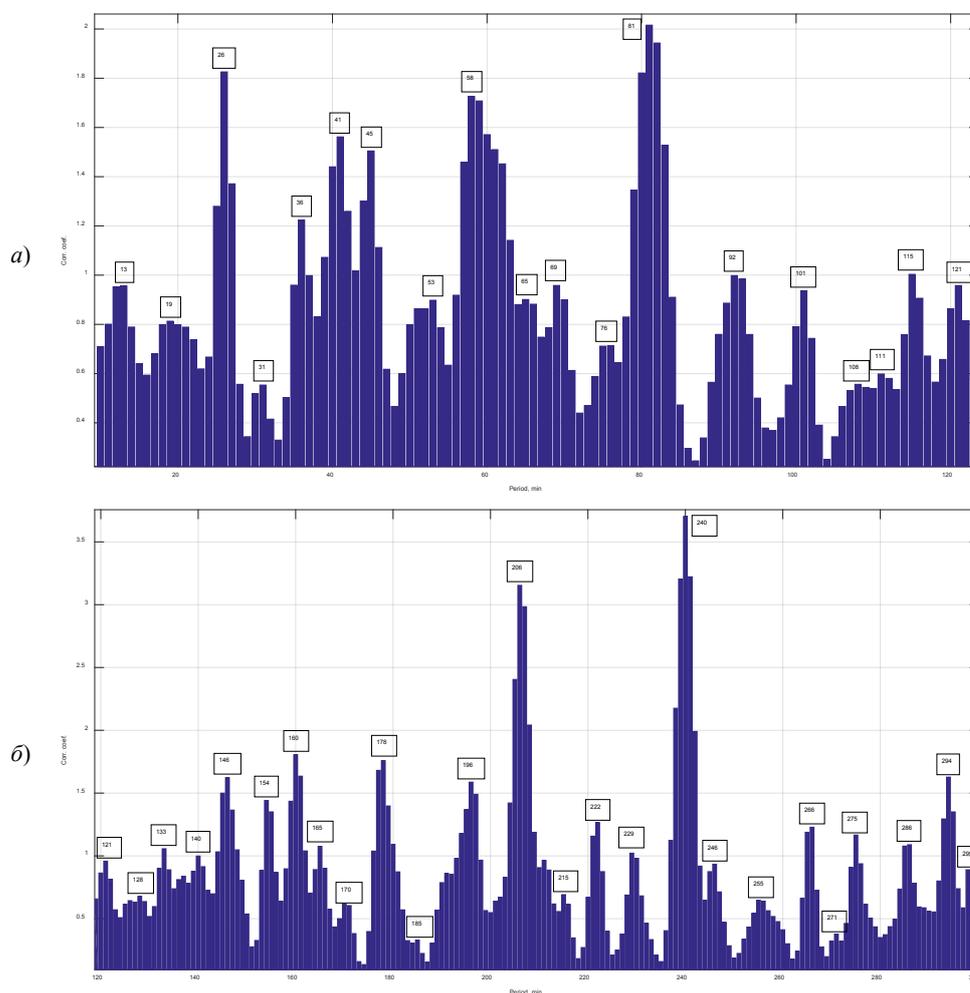


Рисунок 3. Части суммарный сглаженный спектр периодов для диапазона 10-120 мин, а) и 120-300 мин, б)

Как следует из рисунка 3, для некоторых значений периодов усреднения наблюдается повышенная корреляция между суммарными отрезками. Значения таких периодов, приведены над соответствующими пиками на рисунке 3. Результат, представленный на рисунок 3, в действительности, отражает тот факт, что для пар суммарных отрезков, длины которых совпадают с периодами УСП, коэффициент корреляции значительно выше.

Необходимо подчеркнуть, что спектры периодов, подобные приведенным на рисунке 3, при неизменности их частотной структуры, демонстрируют большую вариабельность амплитуд пиков. Поэтому, чтобы более четко выявить структуру спектра были затабулированы 1873 пика на спектрах, аналогичных показанному на рисунке 3, и построена гистограмма частоты встречаемости пиков в диапазоне 10-300 мин, которая показана на рисунке 4. Как следует из рисунка 4, некоторые пики встречаются на порядок чаще других.

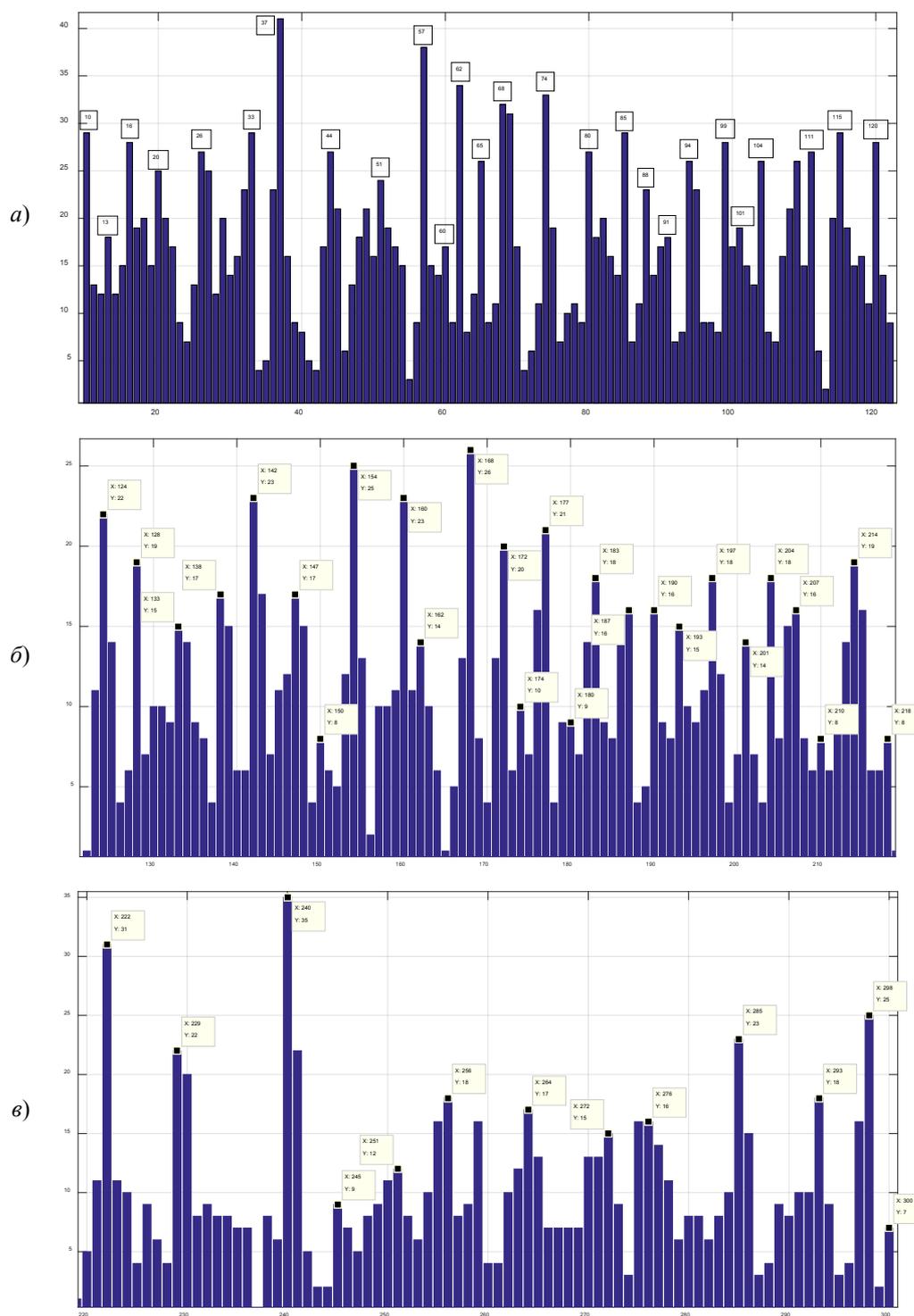


Рисунок 4. Частоты встречаемости пиков на суммарных спектрах периодов во временных рядах измерений флуктуаций температуры млекопитающих в диапазоне 10-120 мин, а) 120-220 мин, б) и 220-300 мин, в). Ось X – периоды, мин; Ось Y – число пиков, соответствующих данному периоду

Внимательное изучение распределения частоты встречаемости пиков, показанного на рисунке 4а), выявляет еще одну интересную закономерность: пики, присутствующие на данном распределении группируются в блоки (например, 26...33, 80...85, 88...91, 99...104, 115...120, и т.д.) «внутри» которых частота встречаемости пиков значительно выше, чем за пределами блока. Такая же блочная структура просматривается и на других распределениях, представленных на рисунке 4. На наш взгляд, наличие такой «блочной» структуры на рисунке 4, является следствием фрактальной структуры УСП. Очевидно, что дальнейшее изучение отмеченных фрактальных свойств, требует анализа, основанного, с одной стороны, на большем количестве экспериментальных временных рядов, а с другой, – на временных рядах, полученных с большим временным разрешением.

Таблица 1. Значения ОР- и УСП-периодов (мин)

ОР	УСП		ОР	УСП		ОР	УСП		ОР	УСП		ОР	УСП	
12	13	12	32	-	32	45	44	46	75	74	75.5	150	150	151
18	18	-	33	33	-	50	51	51	80	80	80	180	180	182
22	20	21.3	34	-	34.4	55	-	55.8	90	91	-	240	240	240
24	-	25	36	37	36.9	60	60	60.7	100	99	99.8			
27	26	27.5	40	-	41.3	66	65	65	105	104	106.3			
30	29	-	42	-	43	69	68	68.3	120	120	118			

Необходимо отметить, что подобная структура наблюдается также для спектра собственных колебаний Земли, который, как было отмечено выше, тесно связан с УСП. Так, например, период основной моды сфероидальных колебаний собственных колебаний Земли (табличное значение: 53.86 мин), в действительности, является мультиплетом (52.3, 53.06, 53.84, 54.68, 55.6 мин [16]), т.е., демонстрирует «блочную» структуру, аналогичную таковой на рисунке 4.

4. Заключение. Совпадение ОР с УСП

В работах [13-14] было показано совпадение УСП со спектрами периодов в флуктуациях температуры мелких млекопитающих и птиц, а также со спектром периодов в флуктуациях хемилюминесценции планарий [15] для диапазона периодов 10-120 мин. Рассмотрим такое совпадение для диапазона 120-300 мин, т.е. для спектров, приведенных на рисунке 1 и рисунках 3, 4.

Точность определения периодов на обоих спектрах равна ± 1 мин., следовательно, два периода «перекрываются», считаются совпадающими если разность их значений не превышает 2 мин. С учетом этого замечания на рисунке 1 «пустые», не закрашенные прямоугольники обозначают те периоды, которые совпадают с периодами на рисунке 4 в пределах указанной точности. Три периода (131, 144 и 225 мин) имеют величины, которые отличаются на три минуты. Эти периоды помечены прямоугольниками со светло-зеленым фоном. И один период (165 мин), присутствующий на рисунке 1, не выражен на рисунке 4. Он помечен прямоугольником со светло-красным фоном.

Учитывая, что каждый пик на рисунке 1 состоит из некоторого количества (3-6) линий, можно ожидать, что использование других рядов флуктуаций скорости альфа-распада может привести к совпадению пиков, отмеченных светло-зелеными прямоугольниками. Т.о., за исключением пика 165 мин, можно считать, что остальные 30 пиков спектра рисунка 1 с хорошей точностью совпадают со спектром рисунка 4 и, поэтому, мы можем утверждать, что совпадение УСП [12] со спектром периодов во временных рядах флуктуаций температуры мелких млекопитающих и птиц, отмеченное в [13,14] для диапазона периодов 10–120 мин, подтверждено также и для диапазона 120–300 мин.

В таблице 1 даны значения ОР, которые приведены в [8-9]. Справа от каждого значения ОР даны соответствующие величины УСП-периодов. Первое значение УСП-периода соответствует периодам, найденным в флуктуациях температуры мелких млекопитающих, рисунке 4, а второе – значению УСП периода, приведенного в [12] и на рисунке 1, для периодов, которые больше 120 мин. Как следует из таблицы 1, наблюдается практически полное соответствие ОР- и УСП-спектров в пределах, отмеченной выше точности ± 1 мин. Очевидно, что в силу отмеченного совпадения, флуктуации температуры млекопитающих, можно рассматривать как одно из интегральных проявлений ОР, наряду с процессами перечисленными в п. 1.

Такое совпадение периодов в спектрах, представленных в таблице 1, которые получены с использованием временных рядов флуктуаций в процессах кардинально различной природы: физических (альфа-распад) и биологических (флуктуации температуры млекопитающих, ОР) на наш взгляд, говорит о наличии внешнего синхронизатора этих ритмов. В пользу именно внешнего синхронизатора говорит также явление, впервые отмеченное в [14], и заключающееся в значительно более четкой выраженности УСП-спектра в флуктуациях температуры млекопитающих в случае пространственно-разнесенных измерений, когда 1) животные не контактируют между собой и 2) воздействующий на них внешний фон является различным. Т.е., в случае, когда устраняются вклады, связанные с «локальной синхронизацией».

Наличие такого внешнего синхронизатора вступает в кажущееся противоречие с «внутренними» механизмами ОР, которые, в некоторых случаях, детально исследованы [8,9]. Но, как известно, необходимым условием синхронизации является автоколебательный характер синхронизируемых систем [17]. Если генераторы ОР рассматривать, как автоколебательные системы, частоты которых близки к частотам УСП, то, как известно [17], такая система может быть синхронизована сколь угодно слабым внешним воздействием.

В этом случае возникает вопрос о том, как частоты «ОР-генераторов» оказались близкими к частотам УСП? Исходя из отмеченной выше связи УСП со спектром собственных колебаний Земли, которые так или иначе модулируют практически все процессы в литосфере (микрофлуктуации атмосферного давления, флуктуации электрического и магнитного полей и др. [16]) и которые, практически в неизменном виде, присутствовали в ходе всей биологической эволюции, задавая слабый, но очень стабильный частотный фон на котором происходило формирование ныне существующих биосистем. Очевидно, наличие такого фона должно вести к «эволюционному импринтингу» УСП-частот, что в конечном итоге и привело к отмеченному выше совпадению ОР- и УСП-периодов.

Список литературы / References:

1. Шноля С.Э. *Биологические часы*. М., Мир, 1964, 694 с. [Shnol S.E. *The biological clock*. М.: Mir, 1964, 694 p. (In Russ.)]
2. *Колебательные процессы в биологических и химических системах*. М.: Наука, 1967, т. 1. [Oscillatory processes in biological and chemical systems. М.: Nauka, 1967, vol. 1. (In Russ.)]
3. *Колебательные процессы в биологических и химических системах*. Пушкино, 1971, т. 2. [Oscillatory processes in biological and chemical systems. Pushchino, 1971, vol. 2. (In Russ.)]
4. Эйдус Л.Х., Литинская Л.Л. *О природе клеточной ритмики*. Препринт. Институт биологической физики АН СССР, 1973, Пушкино-на-Оке, 20 с. [Eidus L.Kh., Litinskaya L.L. *On the nature of cellular rhythm*. Preprint. Institute of Biological Physics of the Academy of Sciences of the USSR, 1973, Pushchino-on-Oka, 20 p. (In Russ.)]
5. Эйдус Л.Х., Литинская Л.Л. О биофизическом механизме околочасовой ритмики и ее роли в обмене веществ. *Биофизика*, 2006, т. 51, вып. 1, с. 108-115. [Eidus L.Kh., Litinskaya L.L. On the biophysical mechanism of circadian rhythm and its role in metabolism. *Biophysics*, 2006, vol. 51, iss. 1, pp. 108-115. (In Russ.)]
6. Бродский В.Я. О природе околочасовых (ультрадианных) внутриклеточных ритмов. Сходство с фракталами. *Известия АН, Сер. биологическая*, 1998, № 3, с. 316-329. [Brodsky V.Ya. On the nature of near-hourly (ultradian) intracellular rhythms. Similarity to fractals. *Izvestiya AN, Ser. biologicheskaya*, 1998, № 3, pp. 316-329. (In Russ.)]
7. Бродский В.Я. Околочасовые метаболические ритмы. *Биохимия*, 2014, т. 79, вып. 6, с. 619-632. [Brodsky V.Ya. Near-hour metabolic rhythms. *Biochemistry*, 2014, vol. 79, iss. 6, pp. 619-632. (In Russ.)]
8. Lloyd D., Rossi E.L. *Ultradian rhythms in life processes*. Springer-Verlag, 1992, 419 p.
9. Lloyd D., Rossi E.L. *Ultradian rhythms from molecules to mind*. Springer, 2008, 450 p.
10. Панчелюга В.А., Панчелюга М.С. Фрактальная размерность и гистограмный метод: методика и некоторые предварительные результаты анализа шумоподобных временных рядов. *Биофизика*, 2013, т. 58, вып. 2, с. 377-384. [Panchelyuga V.A., Panchelyuga M.S. Fractal Dimension and Histogram Method: Algorithm and Some Preliminary Results of Noise-Like Time Series Analysis. *Biophysics*, 2013, vol. 58, no. 2, pp. 283-289. (In Russ.)]
11. Dubovikov M.M., Starchenko N.V., Dubovikov M.S. *Physica A*, 2004, 339, pp. 591-608.
12. 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. [Panchelyuga V.A., Panchelyuga M.S. Local Fractal Analysis of Noise-Like Time Series by the All-Permutations Method for 1-115 min Periods. *Biophysics*, 2015, vol. 60, no. 2, pp. 317-330. (In Russ.)]
13. 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. [Diatroptov M.E., Panchelyuga V.A., Panchelyuga M.S. Body Temperature Dynamics in Small Mammals and Birds in 10-120-min Period Range. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2020, vol. 169, no. 6, pp. 765-770. (In Russ.)]
14. Диатроптов М.Е., Панчелюга В.А., Панчелюга М.С., Суков 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. [Diatroptov M.E., Panchelyuga V.A., Panchelyuga M.S., A.V. Surov Circadian Rhythms of Body Temperature in Mammals and Birds with Different Metabolism Levels. *Doklady Biological Sciences*, 2020, vol. 494, no. 1, pp. 228-231. (In Russ.)]
15. Panchelyuga V.A., Tiras Kh.P., Novikov K.N., Panchelyuga M.S., Nefedova S.E., Seraya O.Yu. On universal nature of periods spectrum in time series of planaria chemiluminescence. *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 2763, pp. 61-63.
16. *Сейсмогравитационные колебания Земли*. [Seismogravitational oscillations of the Earth. (In Russ.)]
17. Пиковский А., Розенблюм М., Куртс Ю. *Синхронизация*. М.: Техносфера, 2003, 508 с. [Pikovskiy A., Rosenblum M., Curts Yu. *Synchronization*. М.: Technosphere, 2003, 508 p. (In Russ.)]

ON POSSIBLE EXTERNAL NATURE OF CIRCAHORALIAN PERIODS SPECTRA**Panchelyuga V.A., Panchelyuga M.S.**

Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of RAS

Institutskay 3, Pushchino, Moscow Region, 142290, Russia; e-mail: victor.panchelyuga@gmail.com

Abstract. The paper presents studies of periods in the range of 10-300 min in time series of fluctuations of processes of various nature. The research data made it possible to identify a spectrum of periods, repeating in the studied time series, including those of biological origin. The work discusses further studies of this spectrum, as well as its coincidence with circadian rhythms, which, as has been demonstrated in the course of more than half a century of their research, are present in the dynamics of almost any biological systems. Such a coincidence, in our opinion, indicates an external nature of circadian rhythms synchronizer.

Key words: circadian periods, universal spectrum of periods, fluctuations, synchronization.