

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ УНИВЕРСАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УТРАИВАЮЩИХСЯ ПЕРИОДОВ

© 2019 г. В.А. Коломбет, В.Н. Лесных, А.В. Елистратов, Е.В. Коломбет,  
М.В. Федоров\*, С.Э. Шноль

*Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН,  
142290, Пушкино Московской области, ул. Институтская, 3*

*\*Сколковский институт науки и технологий, 143026, Москва, ул. Нобеля, 3*

*E-mail: v.kolombet@rambler.ru*

Поступила в редакцию 19.10.18 г.

После доработки 01.02.19 г.

Принята к публикации 04.02.19 г.

Универсальная система утраивающихся периодов была обнаружена в разнообразных астрономических, геофизических и биологических явлениях в диапазоне периодов от 1,64 млрд лет до 50 лет, а затем ее существование было подтверждено нами в масштабах вплоть до  $10^{-15}$  с на примерах особенностей памяти и слуха человека, ряда технических устройств, в том числе медицинского назначения, и, наконец, в настройках зрения человека и животных. Этот беспрецедентно мультимасштабный дискретный спектр периодов исследовался до сих пор исключительно на базе литературных данных, и в результате было показано, что множество систем различной природы, в том числе самые обыденные, функционируют на фоне безразмерного спектра периодов  $\sim 3^k/2^m$ . Он близок к спектру стохастического аттрактора, дающего, в частности, пифагорейскую музыкальную октаву. Результат этого феноменологического обобщения мы подтверждаем экспериментально, тестируя различные генераторы электрических колебаний.

*Ключевые слова: утроение периода, универсальная система утраивающихся периодов, релаксационный генератор, RC-генератор, стохастический аттрактор октавы, зрение, слух, память.*

**DOI:** 10.1134/S0006302919020194

Универсальная система утраивающихся периодов (УСУП) описывается формулой  $T_{k;m} = P_0 \cdot 3^k / 2^m$ ; где  $P_0 = 114,57$  лет,  $k = -51 \div 15$  и  $m \sim -10 \div 10$ . В настоящее время по литературным данным УСУП обнаружена в диапазоне периодов от  $10^{-15}$  с до 1,64 млрд лет. Сначала УСУП была выявлена в результатах измерений астрономических, геофизических и биологических явлений [1], затем в области биофизических явлений, в частности, в УВЧ-терапии, в особенностях памяти, слуха и зрения человека и животных [2–5] а также в технических устройствах [6] (см. рис. 1).

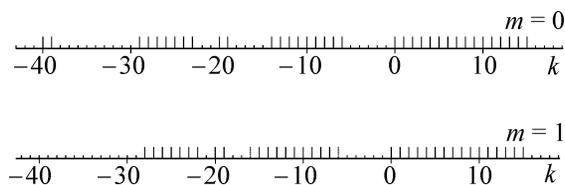
Идеология особой роли в биофизических системах дискретных состояний и переходов между ними заложена еще в 1950-х годах [9,10]. Хотя и не совпадают в некоторых моментах, но идейно достаточно близко к нашим стоят исследования Х. Мюллера [11–19], приведшие,

в частности, к созданию им биомедицинского прибора «Curator». Испытания в ИТЭБ РАН этого прибора на биологических объектах оказались вполне успешными [20–26].

Результаты работ [1–6] свидетельствуют о доминировании периодов  $T_{k;m} = P_0 \cdot 3^k / 2^m$  с параметром  $m = 0$  и 1 при значениях  $k$  от +15 до –40 (рис. 1) и далее до –51 [27]. Хотя наблюдаемая масштабная инвариантность системы утраивающихся периодов указывает на свободу выбора нуля параметра  $k$ , в своих работах [4,6–8 и др.] мы по традиции связываем с  $k = 0$  период  $P_0 = T_{0;0} = 114,57$  лет, определенный в пионерской работе [1].

Универсальность системы утраивающихся периодов можно принять за свидетельство функционирования всех перечисленных, а также множества других объектов в «темпоральном фрактале», обнаруженном в форме УСУП [1,7]. Термин «темпоральный фрактал» взят из той же работы [1]. Существование УСУП можно подтвердить экспериментально посредством

Сокращение: УСУП – универсальная система утраивающихся периодов.



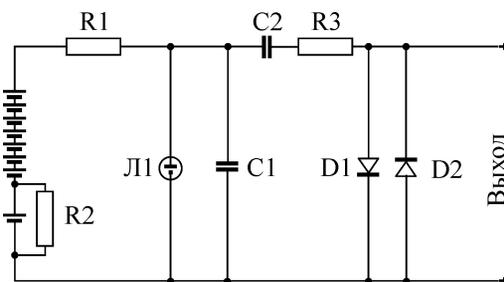
**Рис. 1.** Фрагмент исследованного диапазона периодов, где помечены обнаруженные периоды  $T_{k,m} = P_0 \cdot 3^k / 2^m$ , входящие в УСУП. Масштаб логарифмический. Астрономические, гео- и биологические периоды  $T_{k,m}$ , занимающие диапазон  $k = 0 \div 15$ , описаны в работе [1], биофизические периоды  $T_{k,m}$ , найденные в окрестности  $k = -10$  и  $k = -25$ , представлены в работах [2–5], технические периоды  $T_{k,m}$ , обнаруженные в сверхвысокочастотной области в окрестности  $k = -40$ , см. в работах [6–8].

различных технических устройств, функционирующих циклически в самых разных масштабах времени. По сути, все эти устройства являются часами, поэтому описание УСУП есть описание согласованности периодических процессов, происходящих в различных масштабах времени, другими словами, согласованности хода часов в разных масштабах времени. Справедливость идеи о возможности сведения УСУП к традиционной теории колебаний, в том числе к часам как автоколебательным системам [28,29], остается пока под вопросом. Здесь ощущается нужда в точном эксперименте.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

**Генератор релаксационных колебаний на неоновой лампе.** Для экспериментальной проверки существования периодов УСУП в обыденных масштабах времени мы сначала провели опыты с релаксационным генератором электрических колебаний, сканирующим область периодов, охватывающую по крайней мере несколько периодов из множества  $T_{k,m}$ , доступных для несложного экспериментирования. Фактически мы создали стенд, который обеспечил наглядный эксперимент. Немалое значение имеет важная для стенда простота устройства (см. рис. 2).

В процессе работы генератора конденсатор С1 медленно заряжается через сопротивление R1 и при достижении на конденсаторе напряжения, достаточного для зажигания лампы Л1, происходит быстрый его разряд через газ лампы, после чего лампа гаснет, и все начинается сначала. Генератор настроен так, чтобы он работал в диапазоне визуально контролируемых вспышек лампы с периодом, лежащим в удобном для восприятия диапазоне  $\sim 0,5\text{--}4$  с. Для зажигания неоновой лампы Л1 (мы использовали лампу МН-7) понадобилось посто-



**Рис. 2.** Принципиальная схема релаксационного генератора на неоновой лампе Л1.

янное напряжение  $U \approx 70$  В. Чтобы задать требуемый период вспышек лампы, мы выбрали емкость 160-вольтового конденсатора С1, близкую к 0,1 мкФ, и сопротивление резистора R1 в несколько МОм (в релаксационном генераторе сопротивление резистора R1 должно быть много больше сопротивления неоновой лампы при протекании через нее тока разряда конденсатора).

Для защиты входа звуковой карты компьютера, сопряженного с генератором, от перегрузки мы использовали, во-первых, конденсатор С2 с параметрами 0,1 мкФ и 160 В, отсекающий постоянную компоненту выходного напряжения, и, во-вторых, ограничитель напряжения на диодах D1 и D2. Резистор R3 номиналом 100 Ом ограничивает ток через эти диоды.

Выбранный диапазон периодов вспышек неоновой лампы сканировали за счет плавного изменения напряжения питания релаксационного генератора. Для выбора темпа сканирования в систему питания генератора на батарейках 4,5 В и/или 9 В мы дополнительно подключали такие же батарейки, зашунтированные резистором R2 с сопротивлением порядка 1 КОм. В процессе разряда зашунтированных батареек напряжение питания релаксационного генератора плавно снижалось к минимальному напряжению зажигания неоновой лампы, и период вспышек лампы постепенно возрастал. Так осуществлялось сканирование исследуемого диапазона периодов, нацеленное на поиск аномалий, обусловленных существованием УСУП.

При измерениях сигнал о вспышке лампы подавали в форме короткого импульса с выхода генератора на звуковую карту компьютера и оцифровывали написанной в среде МАТЛАБ программой, осуществляющей обнаружение этих импульсов, накопление результатов измерений и периодическую запись в файл на диск компьютера с указанием в имени файла момента времени записи. За основу была выбрана вы-

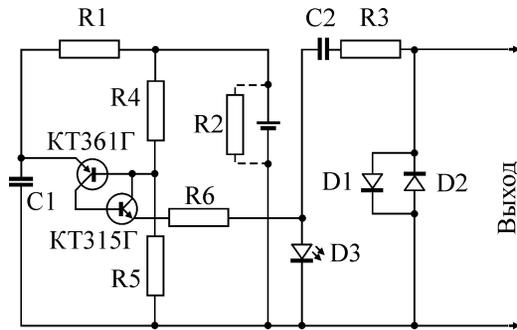


Рис. 3. Принципиальная схема релаксационного генератора на тиристоре, реализованного посредством транзисторов КТ315Г и КТ361Г. Светодиод D3 – индикатор/визуализатор импульсов.

ложенная в Интернет в свободное пользование программа *geiger.m* [30]; в процессе адаптации к эксперименту она была соответствующим образом модифицирована.

Звуковая карта обеспечивала частоту сэмпинга 44100 Гц; измерения проводили с полуминутным интервалом. За этот период времени приходило несколько импульсов. При обработке накопленных файлов применяли программу Excel из пакета MS Office.

Перед испытаниями релаксационного генератора была выполнена проверка стабильности работы всей измерительной системы. Для этого релаксационный генератор подменили стабильным кварцевым генератором и поделили его частоту так, что полученный «модельный» период оказался в окрестности трех секунд – в диапазоне периодов, изучаемом в этих экспериментах. Многократные замеры посредством тестируемой измерительной системы показали, что модельный период изменяется не более чем на единицу в шестой значащей цифре. При сканировании же медленно изменяющегося периода релаксационного генератора измеренные значения то стабилизировались на уровне пятой значащей цифры, то колебались в третьей. Эта переменная неточность имеет две главные причины. В случае релаксационного генератора на неоновой лампе одна причина обусловлена режимом внешнего освещения газа неоновой лампы и играет второстепенную роль, так как в эксперименте несложно обеспечить стабильные условия – постоянную темноту или постоянное яркое освещение. Другой источник неточностей – наводки от электрической сети, проявляющиеся при медленном сканировании изучаемого диапазона периодов; в результате этой помехи в период между двумя последовательными импульсами генератора релаксационных

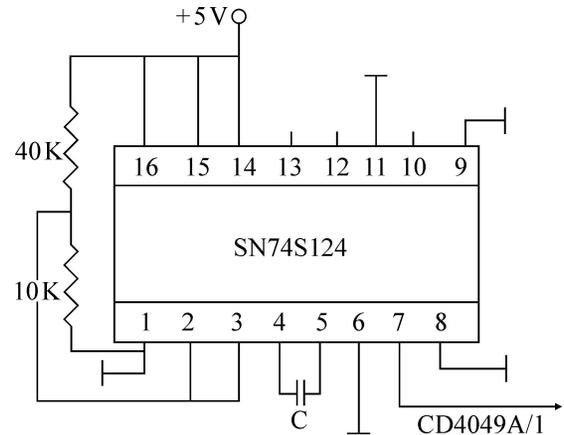


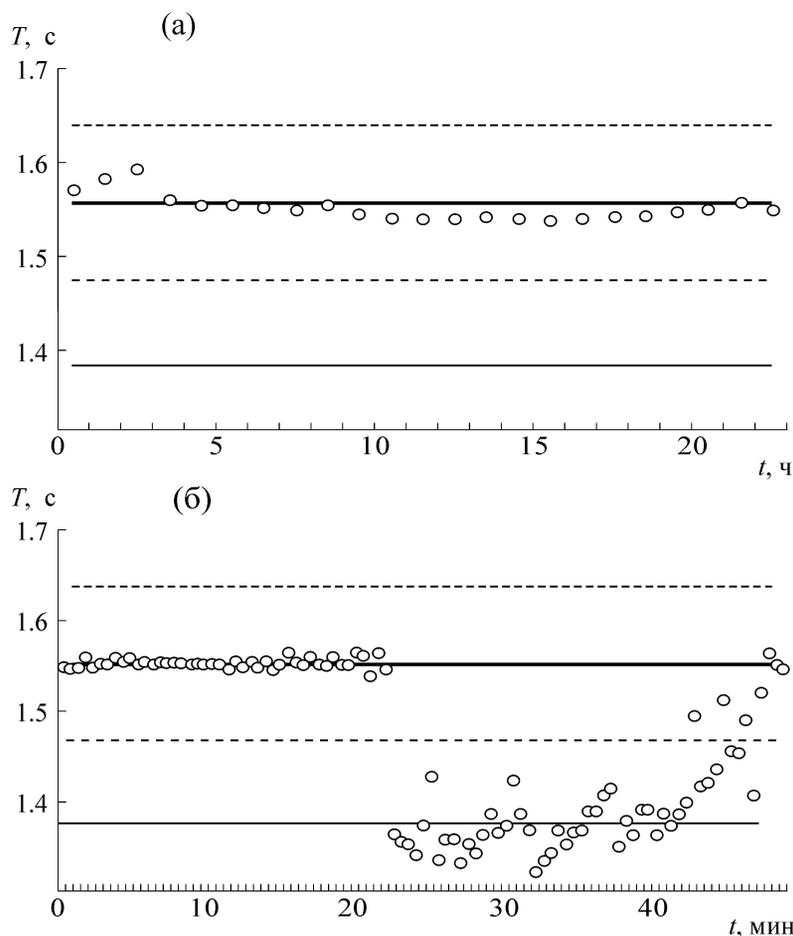
Рис. 4. Ядро RC-генератора периодических колебаний. Для того чтобы начальный период генератора попадал в область околосекундных периодов, емкость *C* выбирали из широкой окрестности 1000 мкФ. Сопряжение с компьютером, как на предыдущих схемах.

колебаний попадает разное число волн наводки от сети 50 Гц. В окрестности трехсекундного периода следования измеряемых импульсов генератора дискретное отличие на 1/50 секунды составляет 1/150 от измеряемого периода. Погрешность измерения в третьей значащей цифре не повлияла на выводы нашей статьи; основные результаты получены после усреднения более ста последовательных измерений.

**Генератор релаксационных колебаний на тиристоре.** От необходимости учитывать режим освещения и использовать напряжение порядка 100 В свободна использованная нами схема релаксационного генератора на низковольтном тиристоре (рис. 3). Само устройство тиристора (ток разряда конденсатора течет в полупроводнике, защищенном от света корпусом транзистора) обеспечивает режим, аналогичный работе неоновой лампы в темноте.

**RC-генератор на микросхеме К531ГГ1.** От опытов с релаксационными генераторами мы быстро перешли к тестированию более удобного RC-генератора периодических колебаний, построенного на базе микросхемы К531ГГ1 или ее прообраза SN74S124 (см. рис. 4).

Напряжение питания генератора в этом случае стало неизменным, а в качестве сканирующего фактора мы стали использовать медленно изменяющиеся внешние условия, демпфируя их воздействие на период генератора путем установки генератора в изолированном помещении с относительно постоянными параметрами и/или в специальный кожух.



**Рис. 5.** (а) – Итог суточного мониторинга периода RC-генератора в окрестности периода  $T_{-19;1} = 1,555$  с. Толщина горизонтальных линий, которые представляют уровни УСУП, качественно отвечает вероятности их наблюдения, которая, согласно накопленной эмпирике, быстро падает с ростом абсолютной величины параметра  $m$  периода  $T_{k;m}$ . На рисунке представлены четыре уровня – маловероятные,  $T_{-24;-7} = 1,639$  с и  $T_{-14;9} = 1,476$  с (штриховые линии), весьма вероятный,  $T_{-19;1} = 1,555$  с (жирная линия) и несколько менее вероятный,  $T_{-21;-2} = 1,383$  с (сплошная более тонкая линия). Общую картину уровней УСУП в окрестности этой зоны периодов см. ниже на рис. 14 и 15. (б) – Обратимый переход между уровнями УСУП  $T_{-19;1} = 1,555$  с и  $T_{-21;-2} = 1,383$  с на заключительном этапе суточного опыта, представленного на рис. 5а. Переход произошел в окрестности момента почти точного совпадения периода RC-генератора с периодом УСУП. RC-генератор находился в течение опыта в кожухе, несколько демпфирующем изменения температуры в лаборатории.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

**Генератор релаксационных колебаний на неоновой лампе.** В этом случае был обнаружен ожидаемый период УСУП  $T_{-19;0} = 3,111$  с (см. работу [31]).

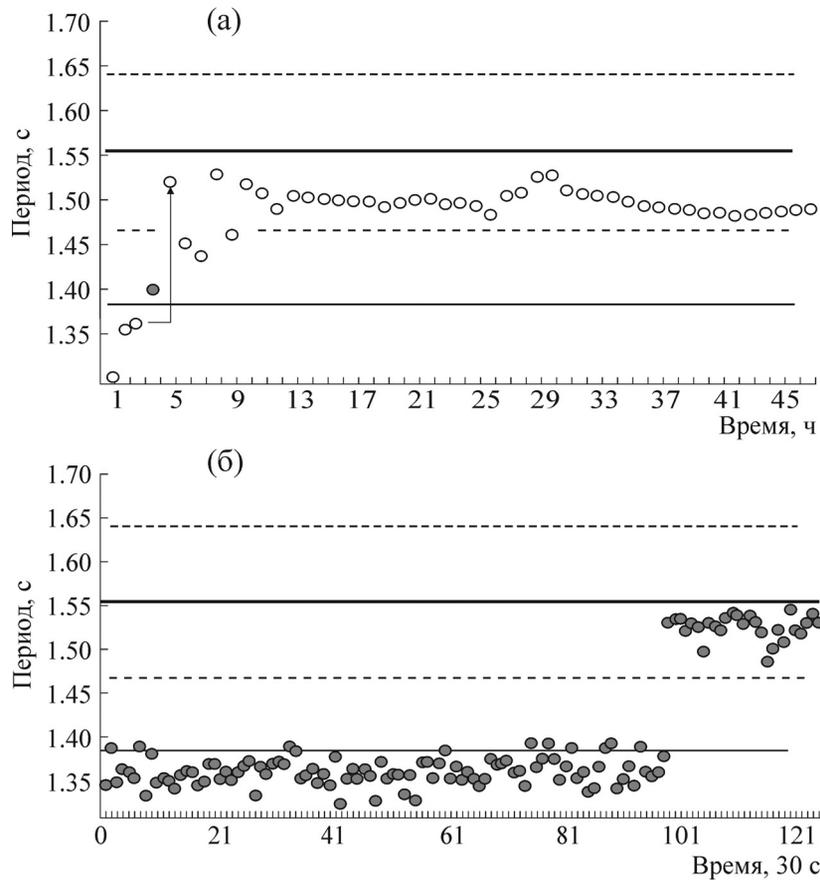
**Генератор релаксационных колебаний на тиристоре.** Оказалось, что этот генератор позволяет обнаружить характерные периоды УСУП в достаточно широкой области периодов. В исследуемом диапазоне  $\sim 0,1$  с  $\div$   $\sim 4,0$  с были найдены искомые дискретные периоды  $T_{-20;1} = 0,518$  с,  $T_{-20;0} = 1,037$  с,  $T_{-19;1} = 1,555$  с и  $T_{-19;0} = 3,111$  с.

**RC-генератор периодических колебаний на микросхеме К531ГГ1** привел к еще более бо-

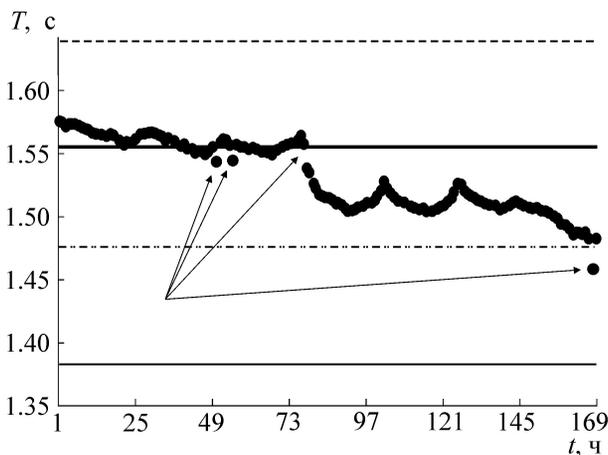
гату спектру результатов. Примеры итогов эксперимента с этим типом генератора показаны на рис. 5–12.

Первоначальный вариант формулы для  $T_{k;m}$  в работе [1], а также массив обсуждавшейся там эмпирики имели сильный акцент на значениях  $m = 0$  и  $1$ , как на характеристиках наиболее часто проявляющихся уровней УСУП (ср. с рис. 1). Уровень  $T_{-19;1} = 1,555$  с (рис. 5а, 5б) соответствует одному из этих выделенных значений параметра  $m$ .

Достаточно сильные однонаправленные температурные дрейфы в RC-генераторе периодических колебаний могут выявлять уровни УСУП, делая переходы между этими уровнями необратимыми (рис. 6).



**Рис. 6.** Скачок значений периода RC-генератора из окрестности уровня  $T_{-21;-2} = 1,383$  с в окрестность уровня  $T_{-19;1} = 1,555$  с в момент дрейфа периода RC-генератора периодических колебаний через окрестность уровня УСУП  $T_{-21;-2}$ . Вверху график среднечасовых значений в течение двух суток, внизу – полуминутных в течение часа.



**Рис. 7.** Серия аномальных выбросов в результатах среднечасовых измерений периода RC-генератора. Моменты возникновения аномалий коррелируют с моментами совпадения дрейфующего периода RC-генератора с уровнями УСУП.

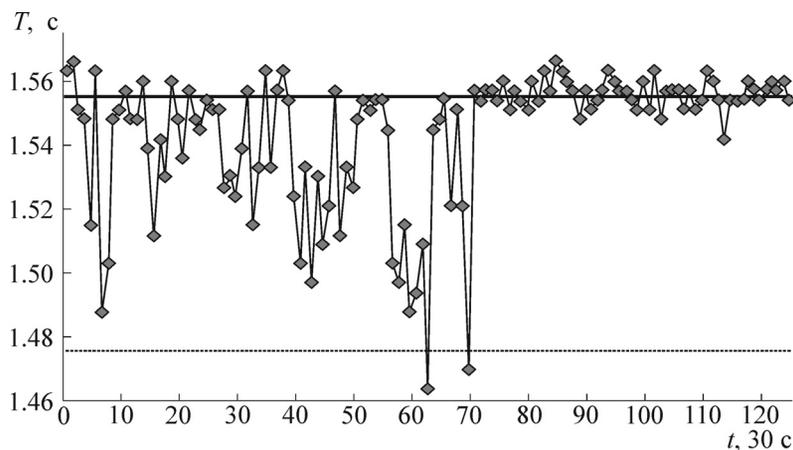
Естественно, что дискретные переходы с уровня на уровень и обратно могут происходить столь кратковременно, что из-за процеду-

ры усреднения они будут наблюдаться при измерениях не как дискретные переходы (см. рис. 5, 6), а лишь как кратковременные выбросы с дискретного уровня (см. рис. 7–9).

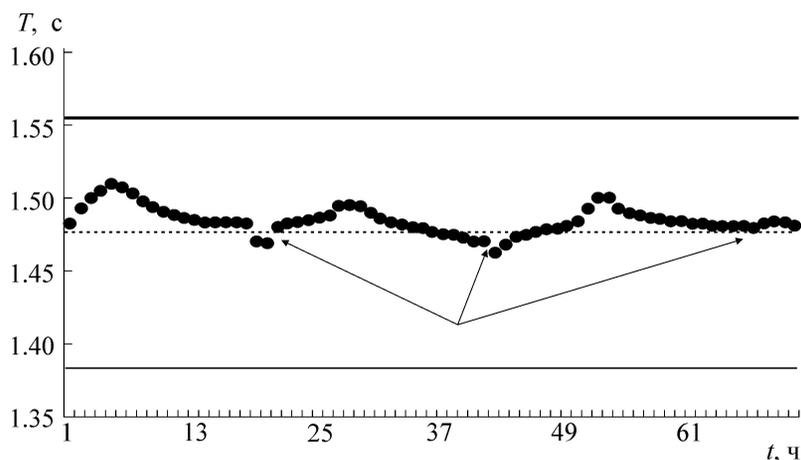
Наблюдаемый на рис. 7 и 9 многодневный дрейф периода – это следствие осеннего падения температуры в лаборатории, а периодические волны отражают суточный цикл температуры. Выбросы – следствие своеобразного резонанса генерируемой частоты с частотами УСУП, более тщательно рассмотренного ниже.

На рис. 7 и 9 приведены результаты последовательного мониторинга периода одного и того же RC-генератора. В окрестностях моментов пересечения уровней УСУП наблюдаются аномалии в форме выбросов.

Получается, что, с одной стороны, наблюдается тяготение к уровням УСУП (когда-то приведшее к обнаружению феномена УСУП), а с другой – очевидно избегание этих уровней в виде выбросов. Эту ситуацию разъясняют рис. 10–12, где в несколько усовершенствованном эксперименте, во-первых, показано возник-



**Рис. 8.** Выбросы (резко возросшие флуктуации) в момент пересечения периодом RC-генератора окрестности дискретного уровня УСУП  $T_{-19;1} = 1,555$  с. В течение 30-секундного измерения эти выбросы могут возникать из-за смешивания неизменных дискретных значений периода  $T_{-19;1} \approx 1,555$  с и результатов произошедших за эти 30 с кратковременных переходов на другие дискретные уровни УСУП. При этом среднечасовое значение периода наблюдается тоже как некий выброс с уровня  $T_{-19;1}$  (рис. 7 и 9).



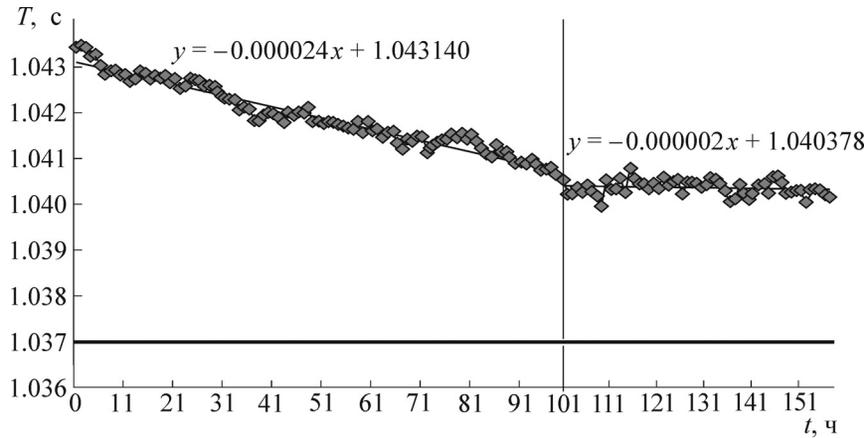
**Рис. 9.** Продолжение опыта, представленного на рис. 7. Зона аномальных значений периода (выбросов) располагается теперь в окрестности уровня  $T_{-14;9} = 1,476$  с.

новение долгоживущего состояния в близкой окрестности уровня УСУП, т.е. фактически наличие запрета на более тесное приближение к дискретному уровню, и, во-вторых, показано скачкообразное преодоление этого запрета, т.е. наличие узкой зоны запрещенных значений периода в окрестности точного значения  $T_{k;m}$ .

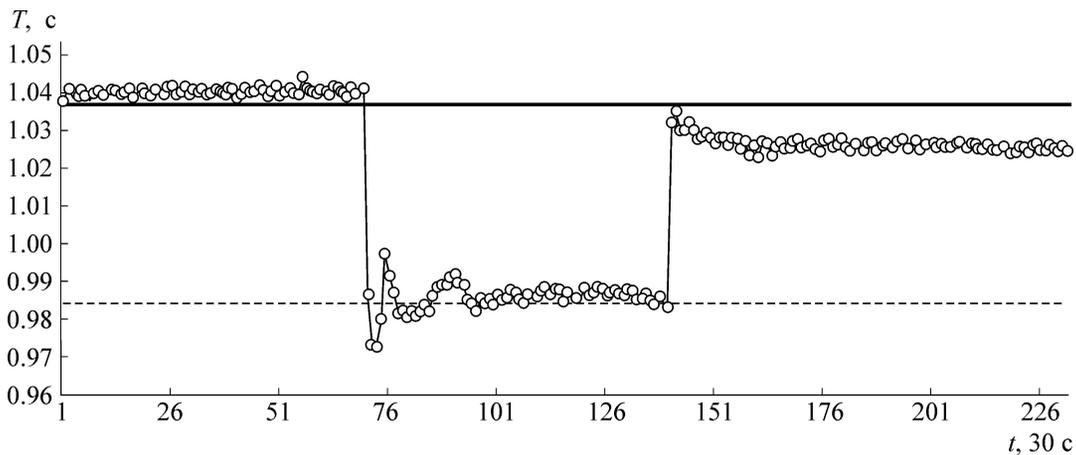
Преодоление уровней  $T_{k;m}$  происходит с трудностями, оно совершается дискретными скачками, спровоцированными различными внешними обстоятельствами. В частности, в опыте, представленном на рис. 11, скачок от  $m = 0$  к  $m = 8$  мог произойти в момент возникновения искры при отключении от электрической сети (220 В) блока питания одного из приборов. В отсутствие же подобных внешних возмущений это типичная ситуация воз-

можности долгого и надежного наблюдения уровня УСУП (а на самом деле значения, близкого к этому уровню, но отличающегося на  $\sim 0,3\%$ ). Мы предполагаем, что многократное повторение этой ситуации в разных масштабах времени могло привести к идее существования феномена УСУП.

Первый дискретный переход на рис. 11 произошел из окрестности высоковероятного состояния  $T_{-20;0}$  (с  $m = 0$ ) в близкую окрестность соседнего (см. рис. 14) маловероятного состояния с  $m = 8$ , где колебательная система затем пребывала около получаса. В близкой окрестности состояния  $T_{-20;0}$  она пребывала к моменту скачка уже более двух суток (имея период около 1,040 с, см. плато на рис. 10). Обращают на себя внимание нередкие для таких скачкооб-



**Рис. 10.** Результат мониторинга периода RC-генератора в близкой окрестности  $T_{-20,0} = 1,037$  с. Возможной причиной наблюдения универсальной системы утраивающихся периодов для дрейфующих значений периода может оказаться феномен их стабилизации в окрестностях уровней  $T_{k,m}$ .



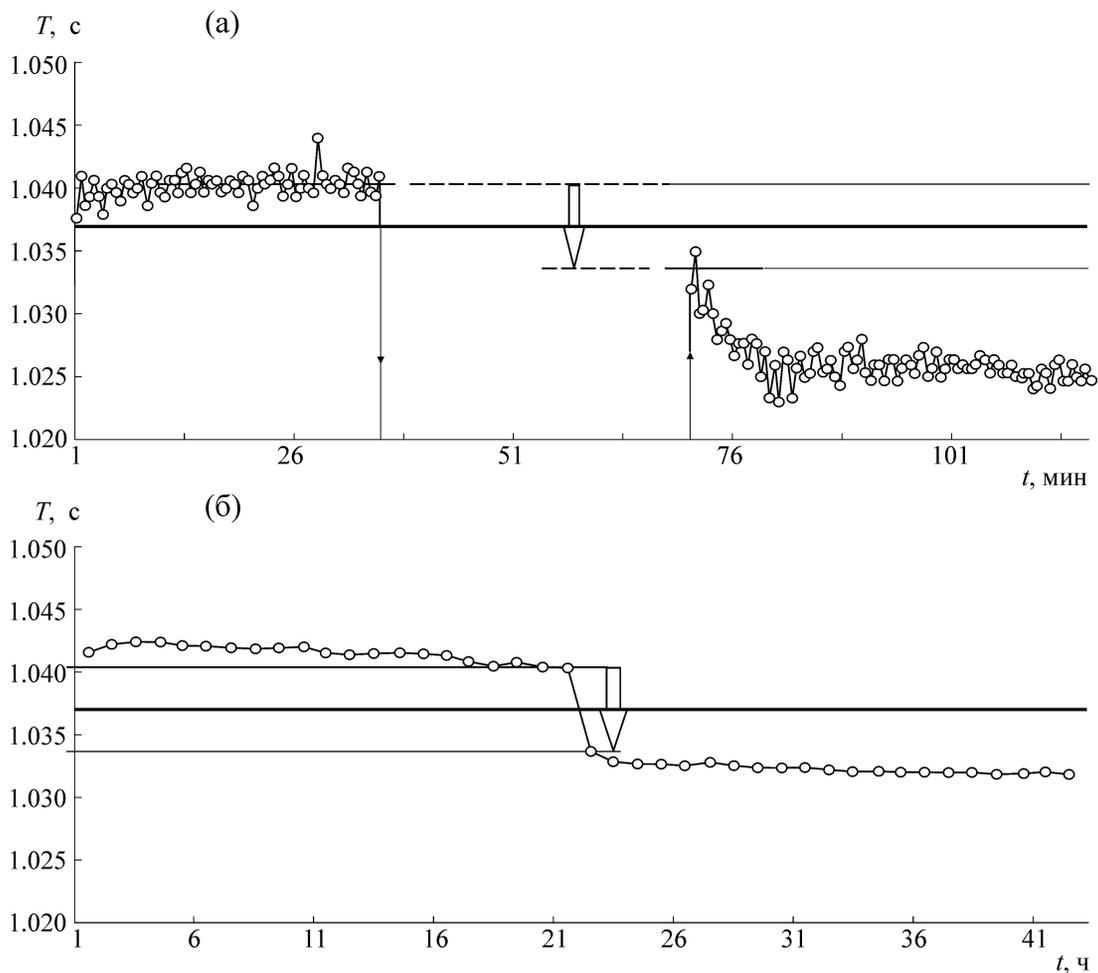
**Рис. 11.** Одиночный выброс – обратимый дискретный переход между соседними уровнями УСУП в дальнейшем ходе многосуточного мониторинга, представленного на рис. 10 (ср. с рис. 5б).

разных переходных процессов затухающие колебания вокруг финального уровня (см. начальную зону после скачка).

На рис. 12а и 12б иллюстрируются воспроизводимость и высокое разрешение результатов измерений, достигнутые после финальной модификации методики эксперимента – применения улучшенного демпфера изменений температуры окружающего воздуха и уточненного выбора величины стартового периода RC-генератора посредством 12-разрядного цифро-аналогового преобразователя Arduino Due. При этом выходное напряжение преобразователя подавали на К531ГГ1/2, и напряжение 5 В – на К531ГГ1/3.

При более совершенном демпфировании в изолированном помещении температуры окружающего генератор воздуха за счет введения еще и пенопластового кожуха частота генера-

тора стала стабильной, и возникла возможность производить сканирование частоты последовательными минимальными изменениями величины выходного напряжения цифро-аналогового преобразователя. Наблюдавшийся на рис. 12 плавный дрейф сменился множеством ежечасных мелких дискретных скачков периода по 0,14 мс. (Для сравнения: скорость плавного дрейфа на рис. 12 составляет 0,03 мс/ч.) Дополнительное изменение условий этого опыта состояло в замене конденсатора с целью удаления приблизительно в 30 раз частоты генератора от гарантированной граничной частоты используемой микросхемы (для SN74S124 около 0,1 Гц, а для ее советского аналога К531ГГ1 – около 1 Гц, т.е. величины, указанной в паспорте микросхемы, но реально приблизительно до 0,2 Гц), и последующей компенсацией этого изменения делителем частоты на 27, что воз-



**Рис. 12.** (а) – Фрагмент рис. 11 в окрестности периода 1,037 с при большем увеличении по вертикали. В узкой окрестности этого периода УСУП расположена симметричная область ( $\pm 0,3\%$ ) запрещенных значений периода тестируемого RC-генератора периодических колебаний. (б) – Результат аналогичного опыта, выполненного при другой настройке RC-генератора. Симметричная область запрещенных значений периода УСУП, обнаруженная в этом опыте, совпадает с областью запрещенных значений периода УСУП в опыте, представленном на рис. 12а.

вращало измеряемый период в окрестность одной секунды. Столь точное сканирование интервала, включающего оба уровня, проявившиеся на рис. 12, потребовало 26 суток. Результат изображен на рис. 13: на сглаженном графике отчетливо проявились ожидаемые уровни УСУП.

Мы считаем, что методика этих хорошо воспроизводимых опытов уже может быть положена в основу как дальнейшего экспериментального изучения феномена УСУП, так и создания его многообразных практических приложений.

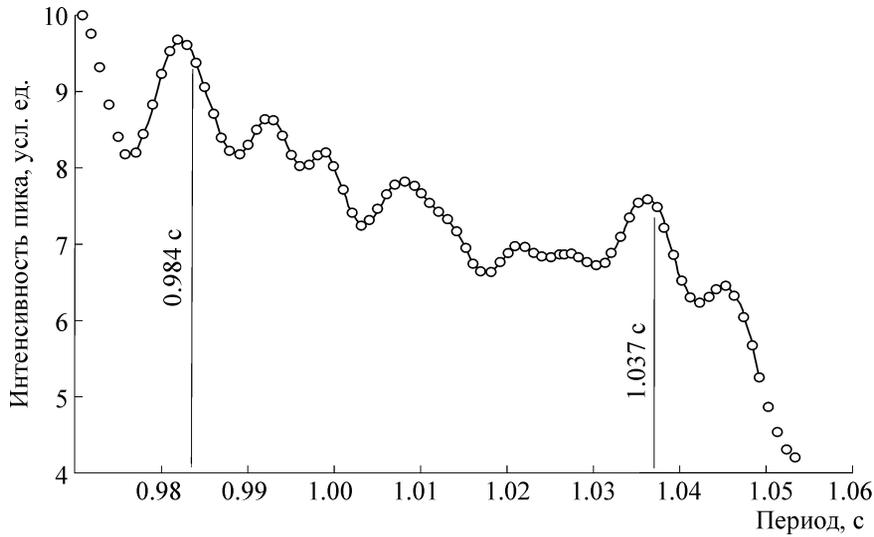
### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Оказалось, что в выбранном для исследования диапазоне периодов, удобном для визуального контроля, действительно, проявились

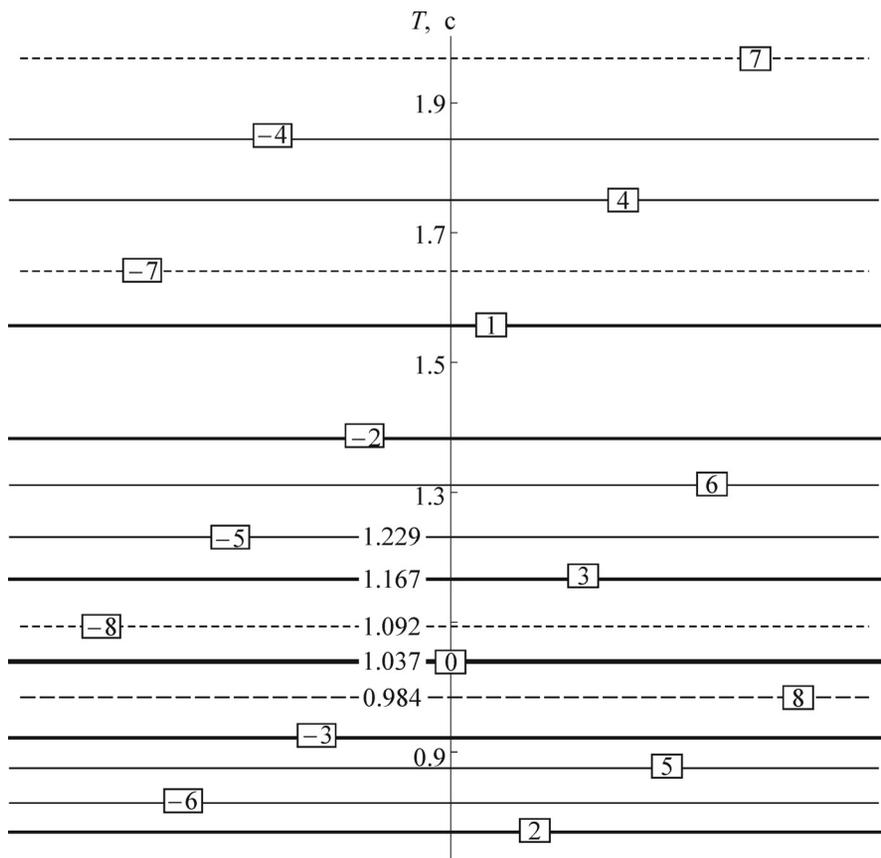
все ожидаемые периоды УСУП. Часть этого диапазона приведена на рис. 14.

В предельно сжатой форме имманентное самоподобие УСУП отражено на рис. 15, где ось периодов  $T_{k;m}$  задана в логарифмическом масштабе. Замена естественного масштаба УСУП рис. 14 логарифмическим сделала очевидным периодическое повторение по вертикальной оси одной и той же структуры резонансов вокруг соответствующих центральных (с  $m = 0$ ) периодов.

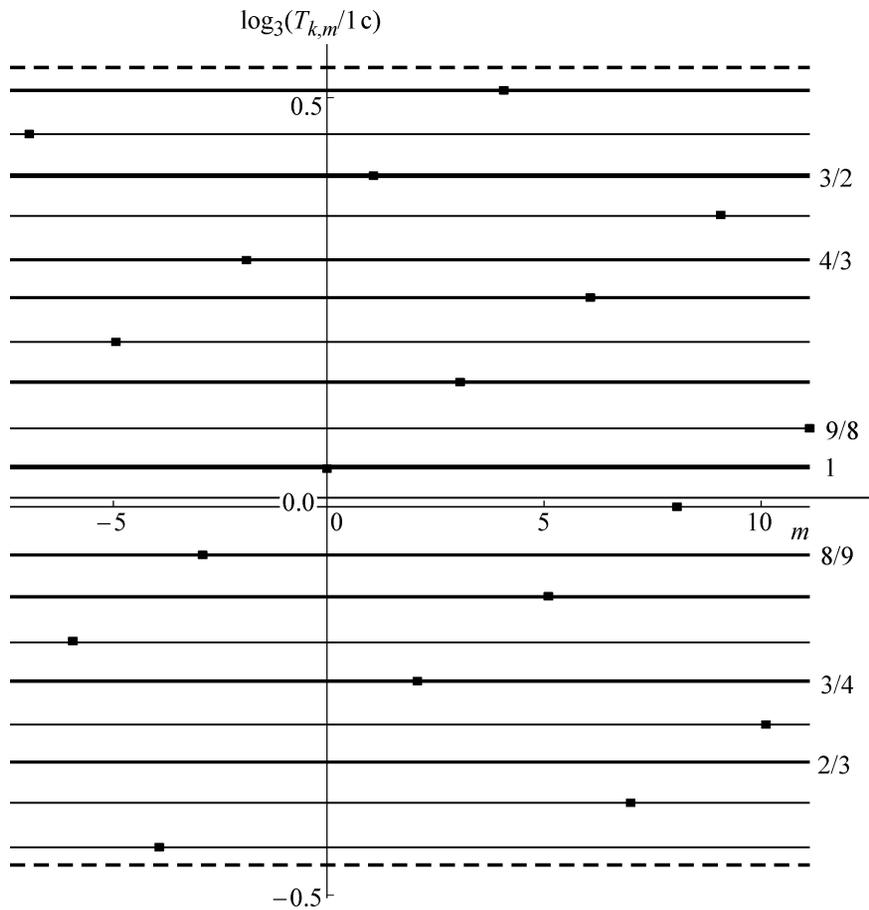
Тривиальную мелкую «почти периодичность» строя пифагорейских резонансов, т.е. расположения периодов УСУП на рис. 15 (см. всю систему горизонтальных полос) сильно затушевали две экспериментально обнаруженные особенности спектра  $T_{k;m}$ . Это, во-первых, уменьшение роли периода  $T_{k;m}$  с ростом абсо-



**Рис. 13.** Соседние уровни УСУП  $T_{-20;0} = 1,037$  с и  $T_{-15;8} = 0,984$  с найдены в ходе сканирования посредством 12-разрядного цифро-аналогового преобразователя периода хорошо термостабилизированного генератора периодических колебаний. Экспериментальный ряд чисел сглажен 12-кратным применением алгоритма  $Y_i^{n+1} = (Y_{i-1}^n + 2Y_i^n + Y_{i+1}^n)/4$ .



**Рис. 14.** Фрагмент спектра периодов УСУП в окрестности уровня  $T_{-19;1} = 1,555$  с (ср. с рис. 5–12). Вдоль вертикальной оси отложены значения периодов УСУП, горизонтальная ось играет вспомогательную роль: периоды УСУП изображены как горизонтальные уровни, толщина которых качественно отражает значимость периода, вероятность его наблюдения. Цифры в прямоугольниках показывают значения параметра  $m$  для каждого из уровней; вероятность обнаружения уровня  $T_{k;m}$  (толщина линии) заметно падает с ростом абсолютной величины  $m$ .



**Рис. 15.** Страта УСУП в окрестности периода  $T_{-20;0} = 1,037$  с. Две наиболее жирные линии отвечают периодам с  $m = 0$  и  $1$ , отмеченным еще в пионерской работе [1]. Верхняя и нижняя границы страты помечены горизонтальными штриховыми линиями, это вспомогательные линии рисунка. Выше и ниже этой страты находятся страты с точно таким же распределением резонансов по отношению к соответствующим центральным периодам страт, т.е. по отношению к периодам ...,  $9 \cdot 1,037$  с,  $3 \cdot 1,037$  с, а также  $1,037/3$  с,  $1,037/9$  с, ... , что в итоге дает полное представление об УСУП.

лутного значения параметра  $m$  (на рисунке это снижение толщины горизонтальных линий с ростом  $|m|$ ), и, во-вторых, заметно меньшая вероятность появления периодов с отрицательными  $m$ , предполагаемая на основе накопившейся к данному моменту эмпирики. Влево и вправо от области значений  $m$ , приведенной на рис. 15, существуют смещенные вниз и вверх на одну пифагорейскую комму точно такие же системы аналогичных, но более слабых уровней, а дальше влево и вправо – смещенных еще на одну пифагорейскую комму и еще более слабых и т.д. (О тесной связи УСУП и стохастического аттрактора музыкальной октавы [32] см. нашу работу [33]; их отличие в том, что для УСУП значения  $m$  это целые числа, а для нот они зависят от несколько различающихся настроек музыкальных инструментов, но при этом тесно концентрируются вокруг полуцелых чисел).

2. Для иллюстрации важности биофизических следствий существования УСУП ниже приведены сводки цветового зрения птицы и человека (рис. 16 и 17) [34]. Они различают цвета в окрестности длины волны света, близкой к 500 нм, что соответствует периоду  $T_{-51;0}$ , т.е. центру страты номер  $-51$ .

На рис. 17 палочкам сетчатки глаза человека соответствует жирная горизонтальная линия с  $m = 0$  (центр страты). Красным колбочкам отвечает довольно интенсивная/толстая линия с  $m = 3$ , синим колбочкам – менее интенсивная линия с  $m = 5$ . Зеленым колбочкам соответствует совокупность двух слабых линий, разделенных по частоте интервалом в одну пифагорейскую комму; для них  $m = -8$  и  $+11$ . Последний тип светочувствительных клеток глаза человека – светочувствительные нервные клетки сетчатки – настроены на  $m = 8$ .

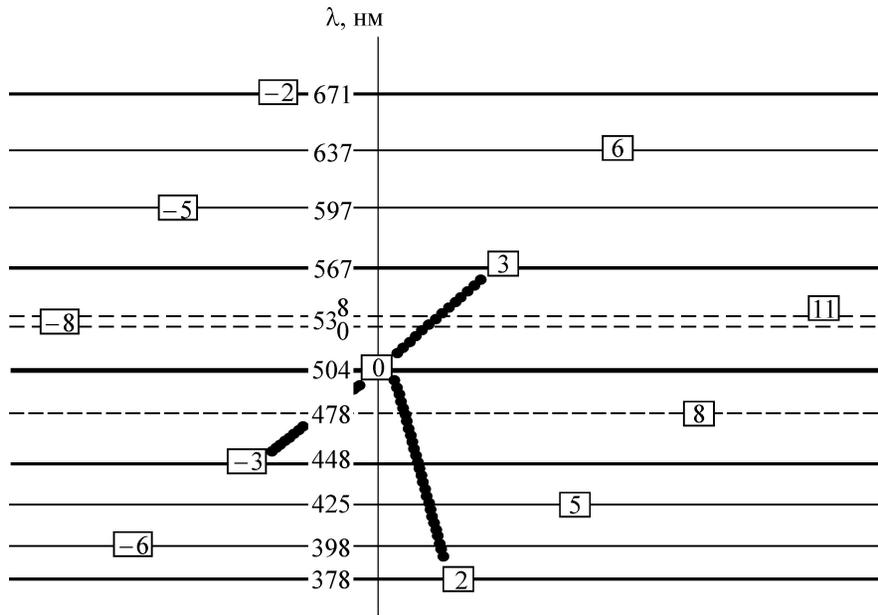


Рис. 16. Максимумы светочувствительности всех четырех типов колбочек, обеспечивающих птицам-тетрахроматам их тетрахроматическое зрение, отвечают уровням УСУП, имеющим повышенную вероятность (на рисунке повышенная вероятность отражена повышенной толщиной соответствующих горизонтальных линий).

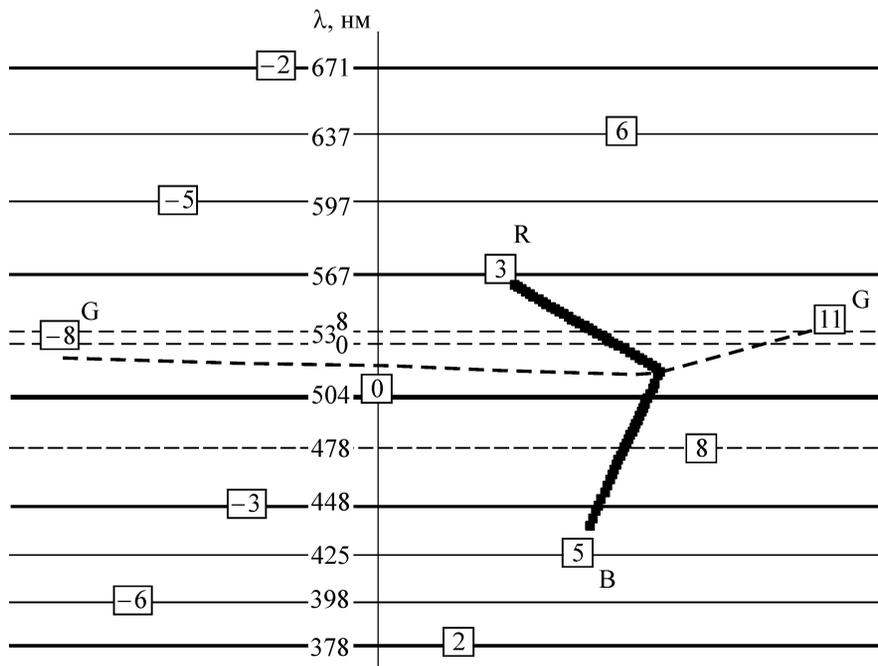


Рис. 17. Максимумы светочувствительности трех типов колбочек, обеспечивающих человеку его трихроматическое (RGB) зрение, отвечают уровням УСУП, имеющим самую разную вероятность (на рисунке это отражено как «разнокалиберность» соответствующих горизонтальных линий – толстая, тонкая, штриховые).

Попутно выясняется, что цветовое зрение птиц [35] настроено заметно удачнее, чем цветовое зрение человека (рис. 17) [27,36]. И дело не только в преимуществе тетрахроматов над трихроматами. Настройка цветового зрения

птиц на более важные уровни УСУП выглядит результатом известной эволюционной древности этих животных по сравнению с млекопитающими и, в частности, с человеком – у птиц было больше времени на настройку. Вполне

может оказаться, что перед нами сейчас первая иллюстрация нового метода сравнительной датировки в эволюционной биологии.

Введение понятия страты УСУП (рис. 15) позволяет делать весьма общие выводы, объединяя эмпирику, соответствующую различным значениям  $k$ , например  $k = -51$  (рис. 15 и 16) и  $k = -20$  и  $-19$  (рис. 5–12). Пафос в том, что соответствующие области частот отличаются на 15 десятичных порядков величины: это  $\sim 10^{15}$  Гц и  $\sim 1$  Гц. На явлениях, происходящих в удобной для эксперимента частной страте, изображенной на рис. 15, могут моделироваться, например, механизмы эволюционной настройки на частоты УСУП характеристик зрения человека и животных. В частности, в сетчатке глаза и в РС-генераторе периодических колебаний вполне могут оказаться сходными физические механизмы осуществления настройки на частоты УСУП. Мы считаем, что в обоих случаях здесь могут проявляться характерные изменения периода УСУП, сходные с изображенными на рис. 10–12. Достигнутые в эксперименте успехи позволяют надеяться на быстрый прогресс в этой области.

В этой статье было представлено состояние дел в важном для биофизических приложений методе экспериментального наблюдения дискретных уровней универсальной системы утраивающихся периодов и, соответственно, анализа особенностей связи изучаемых конкретных биофизических явлений с соответствующими фрагментами УСУП. Описанные технические устройства и методы их использования дают возможность экспериментальных исследований в этой новой области. В сложных многофакторных мультипериодических системах, таких как, в частности, биологические, уже показана существенная роль универсальной системы утраивающихся периодов. Идеология УСУП обещает дальнейшее расширение новых аспектов явлений, расположенных на стыке физики, биологии, биофизики и техники.

Авторы благодарны А.Е. Коломбету за помощь в эксперименте.

Работа выполнена по Государственному заданию Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН (№ госрегистрации 01201351298).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. S. J. Puetz, A. Prokoph, G. Borchardt, et al., *Chaos, Solitons & Fractals* **62–63**, 55 (2014).
2. А. Т. Бондарь, Докл. АН СССР **236** (6), 1503 (1977).
3. А. Т. Бондарь, *Память и следовые процессы* (ОНИИ НЦБИ, Пушино, 1979).
4. А. Т. Бондарь, М. В. Федоров и В. А. Коломбет, *Биофизика* **60** (6), 1208 (2015).
5. В. Коломбет, *Введение в гипнографический психоанализ* (Изд. ООО «Мэйлер», Москва, 2008).
6. В. А. Коломбет, В. Н. Лесных, Е. В. Коломбет и М. В. Федоров, *Биофизика* **61** (3), 615 (2016).
7. В. А. Коломбет, В. Н. Лесных и Е. В. Коломбет, *Изв. Института инженерной физики* **39** (1), 8 (2016).
8. В. А. Коломбет, Е. В. Коломбет и В. Н. Лесных, *Изв. Института инженерной физики* **39** (2), 8 (2016).
9. С. Э. Шноль, *Космофизические факторы в случайных процессах* (Svenska fysikarkivat, Stockholm, 2009).
10. С. Э. Шноль, В. А. Коломбет, Э. В. Пожарский и др., *Успехи физ. наук* **168**, 1129 (1998).
11. Н. Müller, *Progress in Physics* **5** (2), 72 (2009).
12. Н. Müller, *Progress in Physics*, **8** (4), 44 (2012).
13. Н. Müller, *Progress in Physics* **11** (2), 133 (2015).
14. Н. Müller, *Progress in Physics* **13** (4), 189 (2017).
15. Н. Müller, *Progress in Physics* **13** (4), 206 (2017).
16. Н. Müller, *Progress in Physics* **13** (4), 231 (2017).
17. Н. Müller, *Progress in Physics*, **14** (1), 3 (2018).
18. Н. Müller, *Progress in Physics*, **14** (1), 19 (2018).
19. Н. Müller, *Progress in Physics*, **14** (1), 41 (2018).
20. А. Р. Дюкина, С. И. Заичкина, О. М. Розанова и др., в *Сб. тезисов 12-й Международной Пуцинской школы-конференции молодых ученых «Биология – наука XXI века»* (Пушино, 2008), с. 127.
21. С. И. Заичкина, О. М. Розанова, А. Р. Дюкина и др., в *Сб. тезисов V Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине»* (Санкт-Петербург, 2009), с. 8.
22. С. И. Заичкина, О. М. Розанова, А. Р. Дюкина и др., *Бюл. эксперим. биологии и медицины*, № 4, 407 (2009).
23. S. I. Zaichkina, O. M. Rozanova, A. R. Dyukina, et al., In *Abstr. 38<sup>th</sup> Annu. Meet. of the Europ. Radiation Research Society* (Stockholm, 2010), p. 69.
24. S. I. Zaichkina, O. M. Rozanova, A. R. Dyukina, et al., In *Abstr. 2010 Photobiol. School of the Europ. Society for Photobiology* (Italy, 2010), p. 10.
25. С. И. Заичкина, О. М. Розанова, А. Р. Дюкина и др., в *Сб. тезисов VI Съезда по радиационным исследованиям* (Москва, 2010), с. 188.
26. Н. В. Хундерякова, А. В. Захарченко, М. В. Захарченко и др., *Биофизика* **60** (6), 917 (2015).
27. В. А. Коломбет, в *Сб. материалов Всероссийской конференции «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях»* (ИПФ, Нижний Новгород, 2017), сс. 126–128.
28. А. А. Андронов, А. А. Витт и С. Э. Хайкин, *Теория колебаний* (Физматлит, М., 1959).
29. Н. Н. Баутин, *Динамическая теория часов. Стабилизация периода в системах с двумя степенями свободы* (Наука, М., 1986).
30. А. Воронин, [https://github.com/Dreamy16101976/GeigerCounter\\_MATLAB](https://github.com/Dreamy16101976/GeigerCounter_MATLAB).

31. В. А. Коломбет, В. Н. Лесных и А. Т. Бондарь, Изв. Института инженерной физики **47** (4), 63 (2018).
32. Б. Сварог, *Октава как фрактально-числовой объект*, <http://314159.ru/svarog/svarogl.htm>.
33. В. А. Коломбет, В. Н. Лесных и Е. В. Коломбет, Изв. Института инженерной физики **49** (3), 88 (2018).
34. В. А. Коломбет, В. Ю. Архипов, А. В. Елистратов и др., Изв. Института инженерной физики **48** (2), 56 (2018).
35. T. Goldsmith, *Sci. Amer.* **295**, 68 (2006). DOI: 10.1038/scientificamerican0706-68.
36. В. А. Коломбет, В. Н. Лесных и Е. В. Коломбет, Изв. Института инженерной физики **46** (4), 18 (2017).

## The Experimental Approach to the Investigation of the Universal Period-Tripling System

V.A. Kolombet\*, V.N. Lesnykh\*, A.V. Elistratov\*, E.V. Kolombet\*, M.V. Fedorov\*\*, and S.E. Shnoll\*

*\*Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, Russian Academy of Sciences, Institutskaya ul. 3, Pushchino, Moscow Region, 142290 Russia*

*\*\*Skolkovo Institute of Science and Technology, ul. Nobelya 3, Moscow, 143026 Russia*

The universal period-tripling system was discovered in astronomical, geophysical and biological phenomena in the period range from 1.64 billion years to 50 years, and then its existence was confirmed on a scale of up to  $10^{-15}$  seconds by examples of human memory and hearing, technical and medical devices, and, finally, in the settings of human and animal vision. This unprecedented multiscale discrete spectrum of periods has been studied so far exclusively on the basis of literature data and as a result it has been shown that many systems of a diverse nature, including the most common ones, operate against the background of a dimensionless spectrum of  $\sim 3^k/2^m$  of periods. It is similar to the spectrum of a stochastic attractor, giving, in particular, the Pythagorean musical octave. The result of this phenomenological generalization is confirmed experimentally by testing various generators of electrical oscillations.

*Keywords: tripling periods, universal period-tripling system, relaxation generator, RC-generator, stochastic attractor, octave, vision, hearing, memory*