

## ФЕНОМЕН МАКРОСКОПИЧЕСКИХ ФЛУКТУАЦИЙ

В.А. Панчелюга\*, В.А. Коломбет, М.С. Панчелюга

<sup>1</sup>*Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН  
Российская Федерация, 142290, Московская обл., Пущино,  
ул. Институтская, д. 3*

**Аннотация.** Краткий обзор имеет своей целью рассмотреть историю открытия и основные этапы исследования феномена макроскопических флуктуаций – дела жизни Симона Эльевича Шноля. Рассмотренные в настоящей статье работы являются первым в отечественной и мировой литературе исследованием универсальных закономерностей, выявленных в ходе исследования свойств флуктуаций в процессах различной природы. Даны краткие описания основных экспериментов и полученные при этом результаты.

**Ключевые слова:** флуктуации, феномен макроскопических флуктуаций, метод попарного сравнения гистограмм, форма гистограмм, периоды, эффект местного времени, радиоактивный распад.

### 1. История открытия феномена макроскопических флуктуаций

Результаты любых многократных, последовательных, однотипных измерений параметров любых природных процессов *всегда* сопровождаются неустранимыми флуктуациями. Обычно этот разброс рассматривают как помеху, затрудняющую получение точных значений измеряемой величины, и от него стараются избавиться. Существуют общепринятые методы уменьшения «вредного влияния» разброса результатов на достоверность умозаключений, следующих из этих измерений. В то же время разброс результатов последовательных, проводимых по одной и той же стандартной методике измерений или временные ряды флуктуаций в ходе этих измерений, как оказалось, имеют самостоятельную ценность и могут помочь выявлению закономерностей, обычно не обнаружимых другими методами.

Исследования, позволившие сформулировать подобное утверждение, были начаты около 70 лет тому назад (в 1951–1956 гг.), когда Симон Эльевич Шноль начал систематические исследования причин неустранимого и необъяснимого погрешностями метода разброса (флуктуаций) результатов измерений скоростей биохимических реакций.

Исторически первым исследованием, о котором можно сказать, что оно дало начало феномену макроскопических флуктуаций (МФ), было исследование АТФ-азной активности в равных, последовательно отбираемых порциях

---

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

раствора актомиозина, обнаружившее неустрашимый разброс результатов, который не объяснялся методическими причинами [1–7]. При этом наиболее ярко проявлялись два обстоятельства: 1) сравнительно большая амплитуда этого разброса; 2) сильно изрезанные гистограммы – спектры амплитуд флуктуаций измеряемых величин, которые в ряде опытов получались удивительно похожими друг на друга. Это явление было названо феноменом макроскопических флуктуаций. Аналогичное явление наблюдалось также при измерении титра SH-групп в последовательно отбираемых равных порциях актина, миозина, актомиозина [8].

Естественно было предположить, что в исследуемых препаратах происходят колебательные процессы, проявляющиеся в синхронных переходах молекул белков из одного состояния в другое. В этой связи было предпринято исследование колебательной химической реакции, открытой незадолго до этого Б.П. Белоусовым [9] и исследованной аспирантом С.Э. Шноля А.М. Жаботинским [10]. История открытия и исследования этой реакции, получившей впоследствии всемирную известность как реакция Белоусова–Жаботинского или BZ-реакция, описана в [11].

Хотелось бы отметить, что открытая Белоусовым реакция так навсегда бы и осталась известной только близкому кругу коллег (его статьи неизменно отклоняли научные журналы с рецензией «такого не может быть» [11. С. 249]), если бы не работы С.Э. Шноля по исследованию флуктуаций, которые вытаскивали реакцию Б.П. Белоусова из надвигающегося забвения и катализировали интерес научного сообщества к ее дальнейшему изучению. Дальнейший лавинообразный рост исследований в этой области привел не только к созданию ряда новых научных направлений, но и к высшему признанию, которое может иметь научная работа, – ее вхождению в университетские и школьные учебники.

После этого открытия был начат поиск колебательных биологических реакций, что представлялось особенно важным в связи с проблемой «биологических часов» [12; 13], и получили большое развитие исследования биохимических и химических колебательных процессов [14–16]. Однако объяснить наблюдавшийся разброс результатов проявлением сложнопериодических кинетических процессов не удалось – разброс результатов одинаковых последовательных измерений не имел явной периодичности.

Для объяснения наблюдаемых феноменов была предложена модель «конформационных колебаний» и высказано предположение, что наблюдаемые флуктуации обусловлены синхронизацией в микрообъеме конформационных изменений макромолекул белков [3–6]. Предполагалось, что посредником, обеспечивающим синхронизацию медленных обратимых изменений (колебаний) макромолекул, является разделяющая макромолекулы среда, то есть водный раствор [4]. В этом случае наблюдаемые макроскопические изменения – колебания измеряемых характеристик растворов белков – могут зависеть от двух факторов: 1) свойств самих макромолекул, 2) свойств разделяющего их раствора. Основным свойством, необходимым для проявления «конформационных колебаний» [3], считалось существование нескольких

равновероятных дискретных конформаций макромолекул. Также предполагалось наличие особой структуры макромолекул [4; 17–18].

Исходя из предположения об определяющей роли водной среды в обсуждаемом феномене были проведены детальные исследования зависимости амплитуды наблюдаемых флуктуаций от температуры, рН, концентрации солей (ионной силы), изотопного состава воды, ионов тяжелых металлов, мочевины, органических растворителей, освещения. Особенно детально была исследована зависимость амплитуды флуктуаций от концентрации различных алифатических спиртов – членов гомологического ряда – от метанола до октанола. Все работы, выполненные до 1969 г., суммированы в [6; 19], после 1970 – в [19–20]. Полученные при этом результаты подтверждали предположения о существенности вклада растворителя – состояния водной среды – в амплитуду наблюдаемых флуктуаций [20; 5].

Определяющая роль воды в наблюдаемых в растворах белков флуктуациях стала особенно правдоподобной после обнаружения аналогичных явлений в сильно разбавленных водных растворах креатинкиназы [21–23]. В опытах с растворами креатинкиназы глобулярные макромолекулы белка находятся друг от друга на расстояниях порядка 1000 ангстрем, а наблюдаемые флуктуации имеют амплитуду примерно такую же, как и в препаратах актомиозинового комплекса.

К 1980 г. стало ясно, что «конформационные колебания», «макроскопические флуктуации» – общее свойство всех исследованных белков-ферментов [19; 24–25]. Это еще раз укрепило вывод, в соответствии с которым наблюдаемый в растворах белков «разброс результатов измерений» ферментативной активности или других свойств макромолекул обусловлен флуктуациями свойств водного раствора, а макромолекулы белка являются лишь индикаторами. Макроскопические флуктуации (МФ) свойств воды полагались следствием ее полиморфности, когда различные кристаллические структуры практически равновероятны и состояние всей системы определяется флуктуациями, появлением зародышей – затравок разных кристаллических форм и распространением «волны структурной перестройки» по макрообъему раствора [4]. Молекулы белка делают, согласно этой гипотезе, переходы воды из одного состояния в другое не только наблюдаемыми, но и более частыми.

Но, после того как макроскопические флуктуации были обнаружены при исследовании реакции аскорбиновой кислоты с дихлорфенолиндофенолом (АК+ДХФИФ) в 30% растворе этанола, представление об определяющей роли воды было пересмотрено. Необходимо отметить, что большая амплитуда наблюдаемых флуктуаций отмечалась только в растворах нативного белка. При проведении тех же измерений после предварительной денатурации белков или после внесения в раствор «затравки» она резко уменьшалась.

Особо показательны здесь опыты с затравкой [5]. В этих опытах колебания свойств белков мышц прекращались при смешивании порций белковых растворов с раствором АТФ. Происходила «фиксация» состояния, застигнутого в момент такого смешивания. Эти фиксированные состояния отличались по ферментативной активности или по концентрации титруемых SH-групп в

разных пробах. Эффект затравки проявлялся при добавлении малой части раствора такого фиксированного белка к основному объему раствора, в котором после этого прекращались колебания (флуктуации): последовательно отбираемые из этого объема пробы имели одну и ту же (с точностью метода) ферментативную активность или титр SH-групп. Для разных затравок величины ферментативной активности или титра SH-групп, на которых «успокаивались» колебания, были соответственно разными.

С одной стороны, эти опыты были дополнительным свидетельством неметодических причин флуктуаций свойств белка: при «прочих равных условиях» – без затравки «разброс результатов» – среднеквадратичная амплитуда – составляли 20%, с затравкой 2–5%. С другой стороны, они подтверждали основную идею – действительно, весь макрообъем раствора белка фиксировался («кристаллизовался») то в одном, то в другом (соответственно разным затравкам) состоянии.

Одним из свойств исследуемого феномена «конформационных колебаний» была синхронность изменения измеряемых параметров во всем исследуемом объеме раствора. Первые опыты в этом направлении, обнаружившие синфазность изменений ферментативной активности белка в трех различных сосудах, были проведены в 1960 г. [5]. В опытах 1963 г. было показано, что при одновременном отборе равных порций из четырех-шести точек объема раствора актина или актомиозина наблюдаются синхронные изменения титра SH-групп или АТФ-азной активности во всем исследуемом объеме препарата [3; 5]. Конформационные колебания также были обнаружены Е.П. Четвериковой в опытах с креатинкиназой [21-23]. После этого исследовались реакции в растворах различных ферментов (креатинкиназа, пируваткиназа, щелочная фосфатаза, лактатдегидрогеназа, ацетилхолинэстераза, трипсин), приведшие к убеждению, что конформационные колебания – свойство всех белков [18]. Пример синхронности показали также опыты на кроликах, в которых, после введения раствора радиоактивного фосфата в кровоток животных и после синхронных отборов одинаковых порций крови, наблюдались синхронные колебания концентрации фосфата [26]. Необходимо отметить, что синхронность колебаний измеряемых параметров не пропадала также при временном охлаждении части проб, хотя фаза колебаний такой охлажденной части изменялась относительно неохлажденной части [3].

Наблюдаемая синхронность колебаний измеряемых параметров в отдельных сосудах, сохраняющаяся без прямого взаимодействия в течение продолжительного времени, привела к тому, что постепенно начало формироваться представление, что наблюдаемый феномен может быть связан не с внутренними свойствами системы. Из этих опытов следовало, что «конформационные колебания» зависят от какой-то «внешней силы». Но, тем не менее, в то время причина наблюдаемых явлений искалась в непосредственном взаимодействии молекул белков [27].

Уже в опытах 1955–1957 гг. было замечено, что в исследованных препаратах белков актомиозинового комплекса реализуются не все величины ферментативной активности, соответствующие области разброса результатов

измерений. Некоторые величины оказывались более вероятными, чем другие, некоторые вообще не наблюдались. Создавалось впечатление, что в ходе флуктуаций весь препарат переходит из одного дискретного состояния в другое, что есть «запрещенные» значения величины ферментативной активности и титра SH-групп. Все это имело вид «макроскопического квантования» и, естественно, казалось весьма странным. Основания для того, чтобы не считать указанную дискретность формы гистограмм лишь результатом «игры случая», было «очевидное» сходство их формы в последовательных опытах на одном и том же и даже различных препаратах.

В 1961 г. в работе [7] были связаны последовательные от опыта к опыту изменения формы гистограммы при измерениях АТФ-азной активности и постепенное старение препарата. Наблюдалось «вырождение» спектров дискретных состояний препаратов. В свежих препаратах белков удавалось выявить 5–7 дискретных величин ферментативной активности, а через 2–3 недели хранения препарата в холодильнике оставалось одно состояние, и гистограммы приобретали форму узкого пика – нормального распределения.

Однако в дальнейшем, в 1979 г., в опытах на растворах креатинкиназы от этой простой картины пришлось отказаться. Форма высокоразрешенных дискретных гистограмм результатов измерений ферментативной активности креатинкиназы при длительном хранении в общем случае изменялась вне связи с возрастом препарата. Число дискретных состояний и их выраженность («вес») то возрастали, то уменьшались без явной связи с состоянием самого препарата. Отсюда следовал вывод, в соответствии с которым вид спектра реализуемых состояний, форма соответствующих гистограмм и в самом деле определяется не столько состоянием молекул белка, сколько состоянием водного раствора, подвергающегося каким-то внешним влияниям.

В опытах 1976–1980 гг. в растворах самых разнообразных ферментов (пируваткиназы, гексокиназы, ацетилхолинэстеразы, щелочной фосфатазы, трипсина, лактатдегидрогеназы) наблюдались МФ с дискретными гистограммами характерной формы [19; 24–25]. Форма гистограмм в близких по времени опытах на разных белках (например, на гексокиназе и креатинкиназе) оказывалась сходной. В то же время в опытах на одном и том же препарате в разные дни получали гистограммы различной формы. Все это представлялось убедительным подтверждением вывода об «индикаторной» роли молекул белков, лишь «отслеживающих» флуктуации состояния воды в растворах. Данный вывод приобрел особую значимость, когда было показано, что «индикаторные» свойства теряются после денатурации белков. Такие опыты были проведены при измерениях МФ титра SH-групп в растворах актина (1963 г.) и креатинкиназы (1978–1979 гг.) [19; 28]. После предварительной денатурации резко уменьшался «разброс результатов» – амплитуда МФ становилась равной чисто методической ошибке: 1–2%.

Таким образом, можно было полагать, что именно нативные молекулы белков являются тонкими индикаторами «структурных особенностей воды».

Однако в 1979–1980 гг. были обнаружены типичные МФ в безбелковых водных растворах при измерении скорости реакции аскорбиновой кислоты (АК) с дихлорфенолиндофенолом (ДХФИФ) [19; 28].

В поисках «контроля», где не наблюдаются МФ, были получены гистограммы при измерениях процессов различной природы: электрофоретической подвижности клеток или частиц латекса, времени поперечной релаксации протонов воды  $T_2$ , разрядов в неоновой лампе в схеме РС-генератора, изменений спектральной чувствительности глаза [29]. С той же целью в 1980 г. в качестве контроля – примера заведомо случайного процесса с нормальным распределением результатов измерений – был взят процесс радиоактивного распада. Однако в опыте 27.12.1980 г. при измерениях двумя независимыми счетчиками двух препаратов  $^{14}\text{C}$  были получены сходные в деталях сложные гистограммы [28–30].

В марте 1982 г. были начаты ежедневные синхронные измерения интенсивности радиоактивного распада  $^{14}\text{C}$  и скорости реакции АК и ДХФИФ в двух лабораториях, находящихся на расстоянии около 200 м друг от друга. Гистограммы результатов этих синхронных измерений оказались сходными по форме. Аналогичные результаты – сходство форм гистограмм – были получены в [29]. В 1984 г. было показано, что сходные по форме гистограммы получаются при синхронных измерениях интенсивности  $\alpha$ -распада  $^{239}\text{Pu}$  и  $\beta$ -распада  $^{14}\text{C}$  и скорости реакции АК и ДХФИФ. При этом расстояние между лабораториями составляло около 100 км.

Стимулом для постановки первых опытов по измерениям в разных географических пунктах явилось предложение В.Е. Жвирблиса провести с ним синхронные измерения: флуктуаций при настройке визуального поляриметра в Москве и флуктуаций ферментативной, креатинкиназной активности в г. Пущино. Результаты этих опытов в апреле-мае 1978 г. показали сходство гистограмм, получаемых в одно и то же время при измерении разных процессов и при расстоянии между лабораториями более 100 км [29; 32–33]. Результаты этих опытов были восприняты «скептически» и поэтому даже не были полностью проанализированы. Следующий шаг был сделан осенью 1979 г. – были произведены измерения радиоактивности в Москве – в изотопной лаборатории корпуса А МГУ (впоследствии ин-та им. А.Н. Белозерского) и скорости химической реакции (аскорбиновой кислоты с дихлорфенолиндофенолом) – в Пущино. Также было обнаружено сходство гистограмм. Но, несмотря на это, до декабря 1980 г. эти опыты больше не ставили ввиду «смущения». Систематическая работа началась лишь в феврале 1980 г. – одновременные измерения разных процессов в Пущино и измерения  $\alpha$ -активности в МИФИ (Н.Б. Хохлов, М.П. Шарапов). Эти синхронные опыты (около 30) продолжались до июня и показали высокую вероятность сходства гистограмм в процессах разной природы в одно и то же время в этих опытах [28–29; 34].

Наиболее демонстративно «глобальность» изучаемого феномена проявилась при одновременных измерениях скорости реакции АК и ДХФИФ в Пущино и амплитуд колебаний в реакции Белоусова–Жаботинского в Томске (измерения Л.П. Агуловой). Были получены сходные по форме

дискретные гистограммы при расстояниях между лабораториями около 3500 км [28; 30]. При этом последовательно получаемые гистограммы часто сильно различались по форме. Таким образом, форма гистограмм, соответствующих различным процессам, изменяется одновременно. Это может быть объяснено общей, внешней по отношению ко всем изучаемым процессам причиной, действующей к тому же на расстояниях в сотни и тысячи километров [31].

Ниже дан краткий обзор феноменологии эффекта макроскопических флуктуаций. Все результаты, представленные во втором разделе, были получены с использованием флуктуаций скорости альфа-распада в качестве источника флуктуаций и попарного экспертного сравнения гистограмм в качестве метода обработки экспериментальных данных.

## **2. Основные свойства феномена макроскопических флуктуаций**

В настоящем разделе мы рассматриваем работы, которые были выполнены в период приблизительно с 1980 по 2004 г. Практически все рассмотренные ниже результаты были получены с использованием метода попарного сравнения формы гистограмм, который подробно рассмотрен в [35]. Кратко данный метод состоит в следующем. Временной ряд флуктуаций разбивается на непересекающиеся короткие (30–60 точек) отрезки, на основе которых строятся гистограммы, которые затем сглаживаются несколько раз с помощью процедуры скользящего среднего. То есть временной ряд преобразуется в последовательность гистограмм. После этого каждая гистограмма в последовательности попарно сравнивается экспертом со всеми остальными. Если при этом формы у сравниваемой пары гистограмм подобны, то интервал времени, разделяющий данную пару во временном ряду, входит в результирующее распределение с весом, равным единице, в противном случае – с весом равным нулю. Также в процессе попарного сравнения допускаются линейные преобразования гистограмм, не изменяющие их форму: сдвиги, растяжения или сжатия и зеркальные отражения.

Построение распределения интервалов, завершая процесс обработки экспериментальных данных, является основой дальнейшего анализа, в процессе которого были получены основные свойства феномена макроскопических флуктуаций, кратко рассмотренные ниже.

### ***Эффект ближней зоны***

Этот эффект состоит в достоверно более высокой вероятности появления сходных гистограмм в ближайших (соседних) не перекрывающихся интервалах рядов результатов измерений. На рис. 1 показан типичный пример проявления эффекта ближней зоны: более высокая вероятность подобия соседних гистограмм приводит к появлению пика в первом интервале. Из «эффекта ближней зоны» естественно следует понятие «время жизни» данной идеи формы [34; 36].

Специальные исследования эффекта ближней зоны показали сходство спектральных характеристик эффекта ближней зоны и параметров солнечного ветра. На основе временных рядов флуктуаций скорости альфа-распада, измеренных в Пушино и в Антарктиде, было найдено, что все основные периоды в спектре эффекта ближней зоны ок. 85 ч (3,5 сут), 105 ч (4,5 сут), 165 ч (6,8 сут), 330 ч (13,5 сут) совпадают с периодами, представленными в спектрах вертикальной компоненты межпланетного магнитного поля ( $B_z$ ), скорости и плотности солнечного ветра и значений Dst-вариации, и не совпадают с периодами в спектрах радиальной составляющей и модуля полного вектора межпланетного магнитного поля [37].

### ***Универсальность феномена макроскопических флуктуаций***

Универсальность феномена макроскопических флуктуаций заключается в том, что все основные феномены не зависят от качественной природы процесса, использованного для получения исходного экспериментального материала – временных рядов флуктуаций в процессах различной природы. Кроме уже перечисленных выше биологических и химических реакций можно привести также примеры физических процессов, для которых было установлено существование феномена макроскопических флуктуаций: измерения радиоактивности всех основных видов:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, К-захвата, при самых разных методах измерений – счетчиками Гейгера, сцинтилляционными счетчиками, полупроводниковыми детекторами; измерения движения частиц латекса в электрическом поле; измерения времени релаксации  $t_2$  протонов воды в переменном магнитном поле; измерения времени ожидания разряда неоновой лампы; измерения параметров колебаний в колебательной химической реакции Б.П. Белоусова; измерения флуктуаций темнового тока в фотоумножителях; измерения шумов в гравиградиентной антенне «Улитка»; измерения потока нейтронов из земной коры; измерения шумов в полупроводниковых шумовых генераторах [29; 30; 34; 36].

Сходство гистограмм при исследовании процессов, в которых диапазоны превращаемой энергии отличаются на десятки порядков (энергия  $\alpha$ -распада и шумов в гравитационной антенне – различие около 40 порядков), по мнению С.Э. Шноля, позволяло заключить, что фактор, определяющий их подобие, – неэнергетической природы. Ввиду принципиального различия природы процессов и методов их измерений такое сходство также означает весьма общую природу фактора, определяющего форму гистограмм [34; 36].

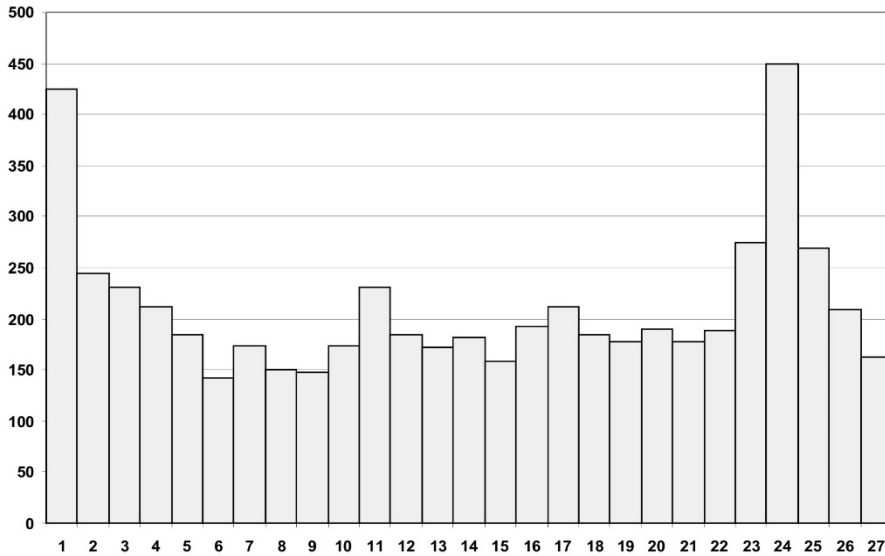
### ***Периодичность проявления феномена макроскопических флуктуаций***

Важным свидетельством неслучайности формы гистограмм являются их закономерные изменения во времени. Эти закономерности проявляются в следующем:

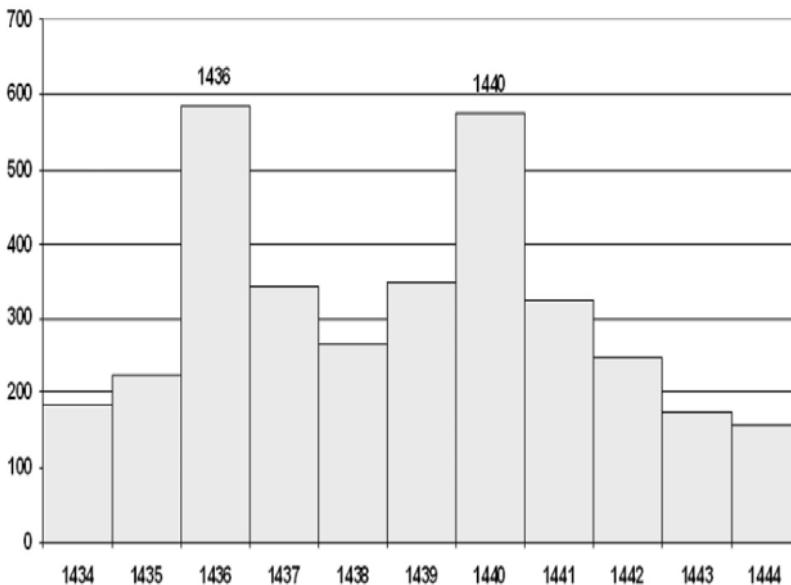
1) наличии суточных периодов изменения вероятности реализации гистограмм данной формы (рис. 1). Переход от часовых гистограмм (см.



рис. 1) к гистограммам длительностью 1 мин приводит к расщеплению суточного периода, заключающегося в существовании хорошо разрешимых «звездного» (1436 минут) и «солнечного» (1440 минут) суточных периодов (рис. 2). Наличие этих периодов означает зависимость формы гистограмм от вращения Земли вокруг своей оси. При этом экспозиция относительно картины звездного неба и экспозиция относительно Солнца определяют форму гистограмм независимо [38].



**Рис. 1. Иллюстрация эффекта ближней зоны и суточного периода: 1-часовые гистограммы, построенные по 60 1-минутным измерениям активности <sup>239</sup>Pu. Видно, что наиболее вероятна повторная реализация гистограмм сходной формы в ближайший соседний интервал времени и через 24 ч [34]**



**Рис. 2. «Расщепление» 24-часового пика при использовании 1-минутных гистограмм, построенным по 60 1-секундным измерениям активности <sup>239</sup>Pu. Ось X – интервал времени, между парой гистограмм в минутах; ось Y – число пар гистограмм, найденных подобными**

2) наличии около 27 суточных периодов изменения вероятности реализации гистограмм данной формы. Эти периоды можно считать признаком зависимости формы гистограмм от экспозиции относительно ближайших небесных тел – Солнца, Луны и, возможно, планет [39];

3) наличии годовых периодов, проявляющихся в высокой вероятности реализации сходных гистограмм через годы; в существовании хорошо разрешимых «календарного» (365 солнечных суток) и «звездного» (сидерического: 365 солнечных суток плюс 6 ч и 9 мин) годовых периодов [40].

Все вышеперечисленные периоды, очевидно, означают зависимость формы гистограмм от 1) вращения Земли вокруг своей оси и от 2) движения Земли по околосолнечной орбите.

### *Эффект местного времени*

Зависимость формы гистограмм от вращения Земли вокруг своей оси большой четкостью проявляется также в эффекте местного времени – высокой вероятности появления пар сходных гистограмм в разных географических пунктах в одно и то же местное (долготное) время. Поправка на разницу местного времени первый раз была сделана при сравнении гистограмм при измерениях в Пушино и в Ленинграде (А. Сунгуров,  $^3\text{H}$ -бета-активность) в 1984 г. [28, 30]. Однако более тщательно «эффект местного времени» был исследован только при переходе от часовых гистограмм к одноминутным. Это произошло после создания И.А. Рубинштейном высокостабильных устройств для измерений  $\alpha$ -активности в 2000 г. В процессе сравнения гистограмм, полученных при измерениях на корабле в Арктической экспедиции (С.Н. Шаповалов) и в Пушино, была обнаружена высокая синхронность по местному времени при расстоянии между «лабораториями» в несколько тысяч километров и разности местного времени в 9 часов [41]. Затем этот эффект был показан при измерениях в Антарктике и Пушино; в Германии (Линдау) и Пушино; в Германии (район Дюссельдорфа) и в Москве; в США (г. Каламбус) и в Пушино, в Испании (г. Валенсия) и в Пушино [34; 36; 41].

На рис. 3 в качестве примера приведены два распределения интервалов, построенные на основе рядов флуктуаций скорости  $\alpha$ -распада  $^{239}\text{Pu}$ , измеренных 1.03.2003 в Пушино ( $54^\circ 50'$  с.ш.,  $37^\circ 38'$  в.д.) и на станции Новолазаревская в Антарктиде ( $70^\circ 02'$  ю.ш.,  $11^\circ 35'$  в.д.). Расстояние между точками измерений около 14 500 км и разность местного времени – 103 мин. В левой части рис. 3 приведено распределение интервалов, показывающее синхронность появления сходных пар гистограмм по абсолютному времени, в правой части рис. 3 – по местному времени. Видно, что синхронность по местному времени выражена значительно более ярко [34; 36; 41].

Интенсивные исследования эффекта местного времени, проводимые в 1985–2004 гг., показали, что данный эффект существует для расстояний между местами проведения измерений от сотен километров до практически максимально возможных на Земле расстояний (ок. 15 000 км). Эти результаты

были получены в основном с использованием в качестве исходного экспериментального материала флуктуаций скорости  $\alpha$ -распада.

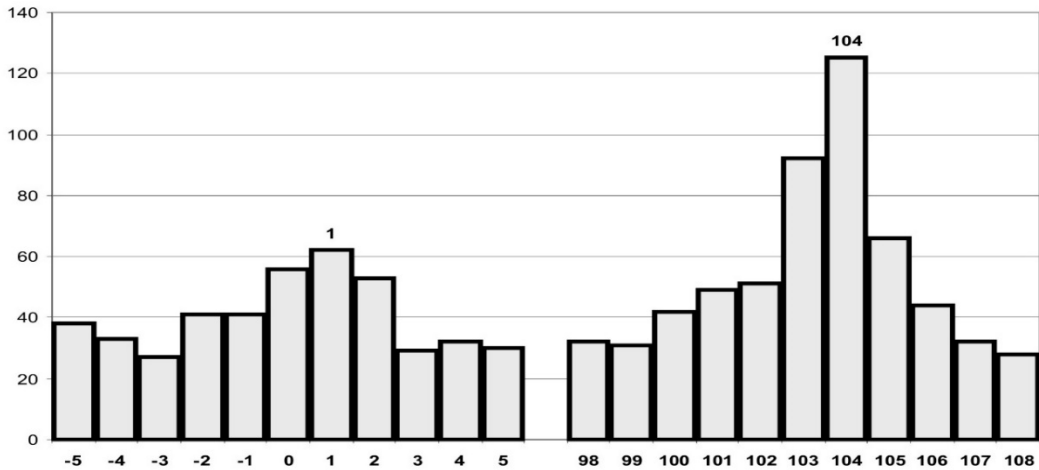


Рис. 3. Синхронность по абсолютному (слева) и местному (справа) времени. Ось X – интервал между парами подобных гистограмм, мин; ось Y – число сходных пар, отобранных экспертом

### Зависимость результатов измерений от направления в пространстве

В 2001–2004 гг. были проведены исследования зависимости формы гистограмм, получаемых при обработке результатов измерений флуктуаций скорости  $\alpha$ -распада образцов  $^{239}\text{Pu}$ , от направления вылета  $\alpha$ -частиц. Измерения осуществляли приборами, в которых полупроводниковые детекторы были установлены после коллиматоров, позволявших считать число альфа-частиц, вылетающих при радиоактивном распаде в определенном направлении. При этом были получены следующие результаты.

**Неподвижный коллиматор, направленный на Полярную звезду.** Для гистограмм, построенных по результатам подсчета  $\alpha$ -частиц, вылетающих при радиоактивном распаде на Север (в направлении на Полярную звезду), околосуточные периоды не наблюдаются и эффекта ближней зоны нет. Эти измерения осуществлялись в Пущино под  $54^\circ$  град. с.ш., а эффект аналогичен ожидавшемуся под  $90^\circ$  град. с.ш. – на северном полюсе. Это означает зависимость формы гистограмм от направления в пространстве. Такая зависимость, в свою очередь, влечет за собой вывод об анизотропии пространства [42].

**Опыты с неподвижными коллиматорами, направленными на восток и на запад.** Вывод об анизотропии пространства был подкреплён одновременными измерениями с двумя коллиматорами – одним, направленным на восток, и другим, направленным на запад. В этих опытах было получено два важных эффекта:

1) гистограммы, регистрируемые при измерениях с «восточным» коллиматором, с высокой вероятностью реализуются при измерениях с «западным» коллиматором на 718 мин позже, то есть через половину «звездных» суток;

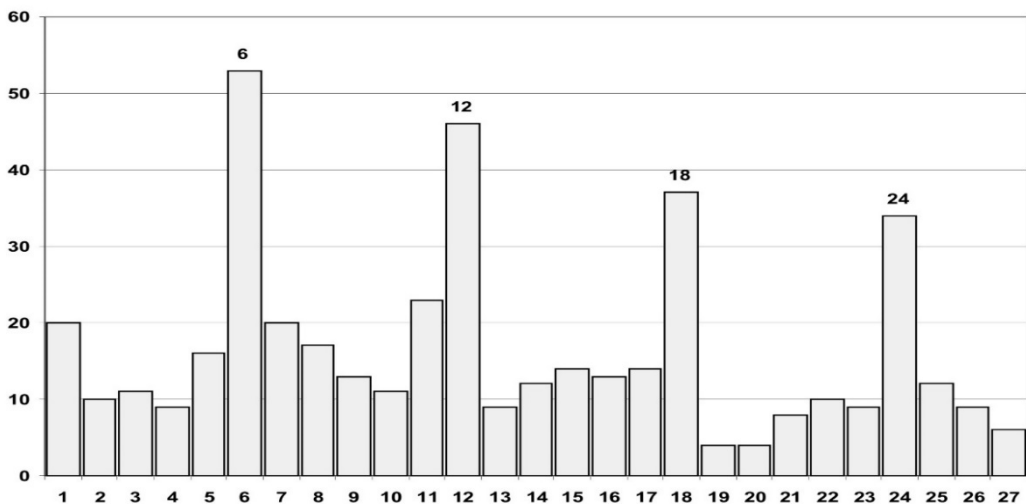
2) при измерениях с «восточным» и «западным» коллиматорами одновременно сходные гистограммы не наблюдаются.

В опытах без коллиматоров, при измерениях в одном и том же месте, сходные гистограммы с высокой вероятностью наблюдаются в одно и то же время. Этой синхронности нет при одновременных измерениях числа  $\alpha$ -частиц, вылетающих через коллиматоры в разных направлениях.

Данные результаты согласуются с представлениями об анизотропии пространства, то есть о зависимости формы гистограмм от направления вылета  $\alpha$ -частиц [43].

**Опыты с вращаемыми коллиматорами.** Естественным развитием отмеченных выше исследований были опыты с вращением коллиматоров [43].

1. При вращении коллиматора против часовой стрелки (в направлении вращения Земли) сканирование небесной сферы производится с периодами, кратными числу оборотов коллиматора в сутки плюс 1 оборот, совершаемый самой Землей. Было проведено исследование зависимости вероятности появления сходных гистограмм от числа оборотов в сутки вращаемого коллиматора. Было получено, что вероятность появления гистограмм данной формы резко возрастает с периодами, равными 1440 минутам, деленным на число оборотов коллиматора плюс 1. Измеряли периоды при 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11 и 23 оборотах коллиматора в сутки. И нашли, соответственно, периоды равные 12, 8, 6 и т.д. часам. При 1-минутном разрешении эти периоды, расщепились на два экстремума каждый – «звездный» и «солнечный». Эти результаты означали, что форма гистограмм действительно определяется направлением вылета  $\alpha$ -частиц [43]. Пример 6-часовых периодов, полученных при трех оборотах против часовой стрелки для последовательности 1-часовых гистограмм, показан на рис. 4.



**Рис. 4.** Распределение интервалов между парами 60-минутных гистограмм, построенное на основе измерений флуктуаций скорости  $\alpha$ -распада с использованием коллимированного источника  $^{239}\text{Pu}$ , совершающего 3 оборота против часовой стрелки, плюс один оборот самой Земли – всего 4 оборота в сутки, то есть «обзор неба» за 6 часов. Видны четкие 6-часовые периоды. Ось X – 1-часовые интервалы, Y – число схожих пар гистограмм [43]

2. При вращении коллиматора, совершающего 1 оборот в сутки по часовой стрелке, произошла компенсация вращения Земли –  $\alpha$ -частицы все время вылетали в направлении к одному и тому же участку небесной сферы – и, соответственно, исчезли суточные периоды. Этот результат оказался полностью аналогичным результатам измерений вблизи Северного полюса и измерений с неподвижным коллиматором, направленным на Полярную звезду [43].

3. При вращении 1 оборот в сутки по часовой стрелке коллиматора, расположенного в плоскости эклиптики и направленного на Солнце,  $\alpha$ -частицы все время вылетают в направлении на Солнце. При этом, как и ожидалось, исчезли околосуточные периоды – и солнечный и звездный.

### ***Выделенные формы гистограмм***

Все представленные выше результаты имеют вероятностный характер и были получены в результате десятков тысяч попарных сравнений гистограмм. Совершенно иначе обстоит дело с поиском характерных форм гистограмм. В этих случаях смотрится форма гистограмм в заранее рассчитанный момент. При этом было обнаружено, что для этих моментов – практически одновременно – на разных долготах и широтах, по всей Земле, появляются гистограммы характерной, специфической формы. Эти характерные гистограммы соответствуют отрезку временного ряда длиной всего 0,5 – 1 мин [44].

### ***Зеркальная симметрия гистограмм***

Весьма часто (до 30% случаев) форма последовательных гистограмм зеркально симметрична – есть правые и левые формы. В данном случае речь может идти об очень сложных формах [34; 36].

Суммируя вышеприведенный обзор экспериментальных результатов, можно сделать вывод, что существует изменяющееся во времени, внешнее по отношению к измеряемой системе воздействие, определяющее в каждый данный момент спектр амплитуд флуктуаций (формы соответствующих гистограмм) в ходе процессов различной природы [28; 30; 34; 36]. При этом найденные периоды этого воздействия, его глобальный, планетарный характер позволяют говорить о его космофизической природе.

## **3. Исследования эффекта местного времени на малых пространственно-временных масштабах**

Как отмечалось, эффект местного времени состоит в повышенной вероятности подобию формы для пар гистограмм, разделенных интервалом, равным разности местного времени для мест проведения измерений [45–46].

Идею организации эксперимента по исследованию эффекта местного времени дает рис. 5. Здесь 1 и 2 – источники флуктуаций, фиксированные на расстоянии  $L$  друг от друга и движущиеся с некоторой скоростью  $V$ , так,

чтобы линия, соединяющая источники флуктуаций, была коллинеарна вектору скорости измерительной системы. При этом через время  $\Delta t$ , равное  $\Delta t = L / V$  источник флуктуаций  $1$  попадет в то же место пространства, где до этого находился источник  $2$ . На рис. 5 эти новые положения показаны как  $1'$  и  $2'$ . Как оказалось, и в этом состоит главное содержание эффекта местного времени, одинаковые пространственные положения обуславливают подобие формы гистограмм, разделенных интервалом времени  $\Delta t$ , что выражается появлением пика на результирующем распределении интервалов.

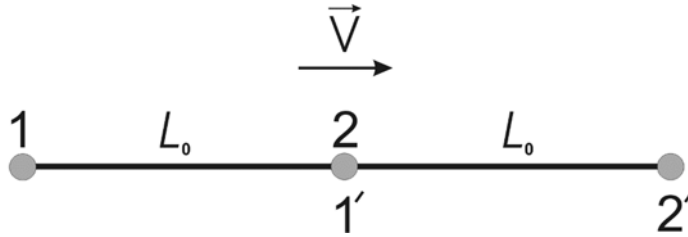


Рис. 5. Иллюстрация возникновения эффекта местного времени

Дальнейшие экспериментальные исследования феномена макроскопических флуктуаций связаны с изучением эффекта местного времени с использованием полупроводниковых источников флуктуаций, которые позволили на несколько порядков увеличить временное разрешение метода исследований [45–53]. Благодаря этому удалось показать существование указанного эффекта вплоть до расстояний порядка одного метра. Такое пространственно-временное разрешение позволило провести лабораторные исследования, недоступные ранее, когда в качестве основного источника флуктуаций использовался процесс радиоактивного распада. В ходе этих исследований был обнаружен ряд новых феноменов, к которым можно отнести следующие:

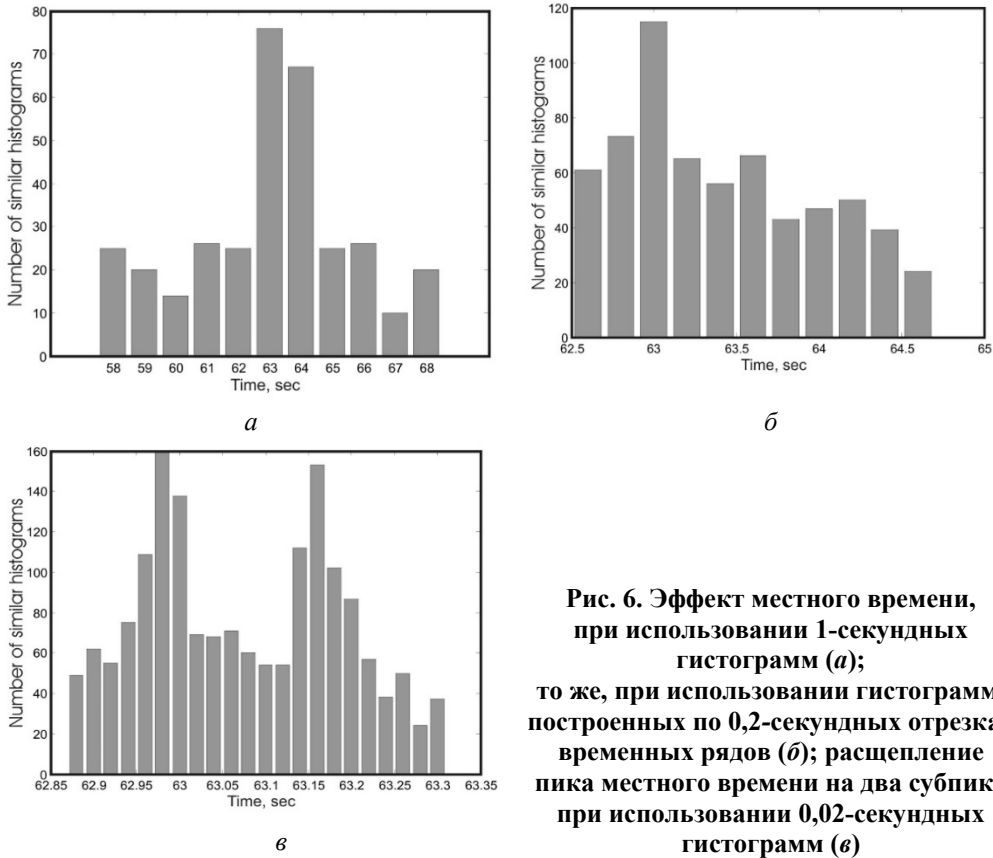
- 1) фрактальная структура пика местного времени [45–48];
- 2) зависимость выраженности эффекта местного времени от пространственных направлений [49–51];
- 3) возможность наблюдения эффекта местного времени для случая движущихся источников флуктуаций [52].

Ниже дано краткое описание перечисленных феноменов.

### ***Фрактальная структура пика местного времени***

Впервые фрактальная структура пика местного времени была обнаружена в ходе пространственно-разнесенных измерений в г. Пущино и пос. Большевик, долготная разность расстояний, между которыми равна 15 км, а соответствующая разность местного времени – 62,7 с. Представленное на рис. 6а распределение интервалов было получено в результате экспертного сравнения последовательностей 1-секундных гистограмм. Как можно видеть, распределению присущ четкий пик, соответствующий временному интервалу между гистограммами, равному 63 с. С учетом точности синхронизации момента начала измерений (0,1–0,2 с), и длительности

используемых гистограмм можно считать, что данный пик с хорошей точностью соответствует разности местного времени  $\Delta t = 62,7$  с между г. Пушино и пос. Большевик.



**Рис. 6. Эффект местного времени, при использовании 1-секундных гистограмм (а); то же, при использовании гистограмм, построенных по 0,2-секундных отрезках временных рядов (б); расщепление пика местного времени на два субпика при использовании 0,02-секундных гистограмм (в)**

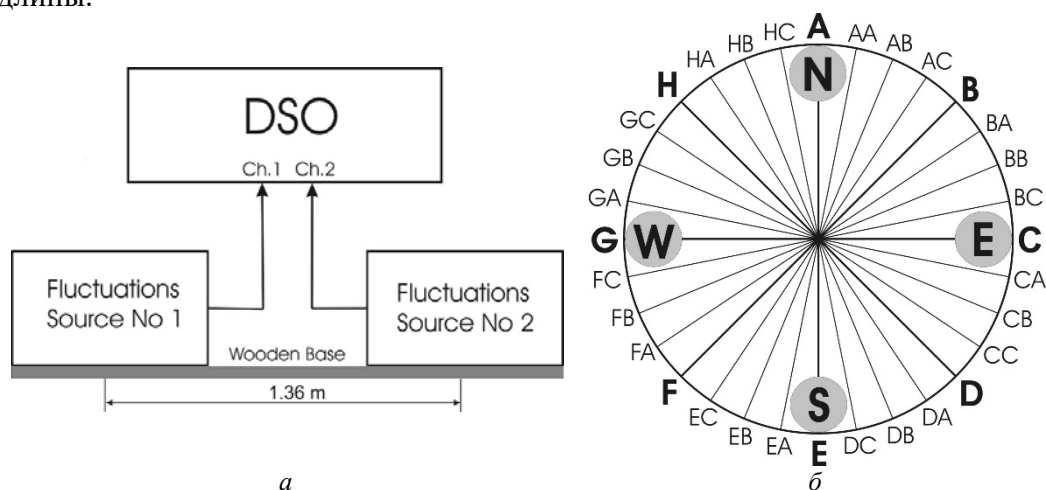
Переход к гистограммам длительностью 0,2 с (рис. 6б), увеличив на порядок временное разрешение, не привел к картине, качественно отличающейся от рис. 6а. Но использование 0,02 с гистограмм обнаружило расщепление пика местного времени на два субпика: 62,98 с и 63,16 с. При этом отношение величины расщепления  $\Delta t' = 0,18$  с к величине местного времени  $\Delta t = 62,7$  с практически совпадает с отношением величины «расщепления» суточного периода (4 мин – разность между длительностью солнечных и звездных суток) к длительности солнечных суток (1440 мин):  $k = 4/1440 \approx 2,78 \cdot 10^{-3}$ , что может указывать на общую причину, обуславливающую эти два феномена.

Так как величина  $\Delta t'$  равна  $\Delta t' = k\Delta t$ , то было высказано предположение о возможности расщеплений высших порядков, в частности второго:  $\Delta t'' = k\Delta t' = k^2\Delta t$ . Данное предположение было подтверждено в ходе синхронных пространственно-разнесенных измерений г. Пушино – г. Ростов-на-Дону [46], а также при исследовании расщеплений суточного периода [48]. В обоих экспериментах [46; 48] было обнаружено расщепление второго порядка.

Необходимо отметить, что расщепление первого порядка наблюдалось также в опытах с вращением коллиматоров, вырезающих коллинеарные пучки  $\alpha$ -частиц, вылетающих при радиоактивном распаде. При вращении коллиматоров против часовой стрелки – имитации суточного вращения Земли – также наблюдалось расщепление на «звездный» и «солнечный» периоды, длительность которых определялась числом оборотов коллиматора в сутках [43].

***Азимутальная выраженность эффекта местного времени для неподвижных источников флуктуаций***

На рис. 7а представлена схема экспериментальной установки, использовавшейся для исследования выраженности эффекта местного времени в зависимости от направлений в пространстве. Установка состояла из пары источников флуктуаций, жестко фиксированных на деревянном основании на расстоянии 1,36 м друг от друга. Основание могло ориентироваться в любом, требуемом направлении. Аналоговый сигнал с выхода каждого источника оцифровывался при помощи цифрового запоминающего осциллографа, объем памяти которого был достаточен для получения записи необходимой длины.



**Рис. 7. Схема эксперимента (а) и диаграмма исследуемых пространственных направлений (б)**

Под направлением в пространстве понимается линия, проходящая через источники флуктуаций. Диаграмма пространственных направлений, исследованных в эксперименте, показана на рис. 7б. Буквами обозначены положения источника флуктуаций № 1. Буквы N, S, W и E показывают ориентацию по сторонам света.

После того как деревянное основание с источниками флуктуаций устанавливалось в необходимом пространственном направлении, производилась синхронная по обоим каналам регистрация временных рядов флуктуаций. В каждом эксперименте, как следует из рис. 7б, производилось 32 синхронные регистрации, на основе которых строились 32 распределения интервалов.



Обычно считается, что величина эффекта местного времени пропорциональна разности географических долгот мест измерений и не зависит от разности их широт. Это утверждение было подтверждено всей совокупностью ранее проведенных экспериментов. Поэтому, ожидалось, что для направлений NS величина эффекта местного времени будет нулевой, в то время как для направлений EW – максимальной. При этом величина эффекта должна плавно увеличиваться от нуля (AE–NS), плавно возрастая по ходу направлений AA-EA, AB-EB, AC-EC, ..., BB-FB, BC-FC, достигая максимального значения для CG-EW.

Выполненные эксперименты показали, что для направлений «север-юг» и «восток-запад», действительно, получены результаты, которые количественно совпадают с расчетными. В то же время для диагональных направлений полученные распределения интервалов, как оказалось, имеют очень сложную полиэкстремальную структуру, не позволяющую говорить о какой-либо величине местного времени [49-51].

Такая сложная структура диагональных распределений долгое время оставалась непонятной. Для ее выяснения были поставлены опыты с движущимися источниками флуктуаций, которые приведены ниже.

### *Эффект местного времени для движущихся источников флуктуаций*

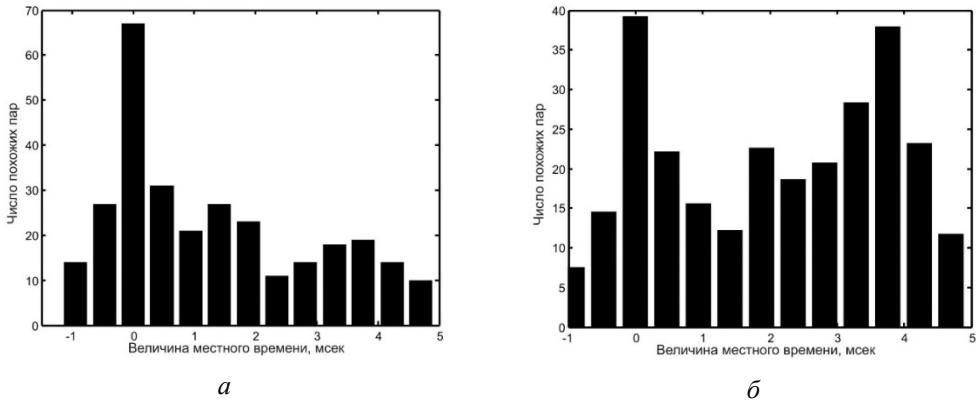
Как следует из вышеизложенного, эффект местного времени обусловлен перемещением измерительной системы за счет вращательного движения Земли. Поэтому можно предположить, что должно быть верно и обратное: измерительная система, связанная с движущимся объектом, способна зарегистрировать это движение в форме эффекта местного времени. Для проверки этого предположения были выполнены рассмотренные ниже эксперименты.

Первый эксперимент был поставлен на борту самолета А319, движущегося со средней скоростью 850 км/ч в направлении юг-север [52]. Экспериментальная установка в общих чертах повторяла показанную на рис. 7а с пространственной базой 0,75 м по ходу движения самолета, что при скорости 850 км/ч давало ожидаемую величину местного времени  $3,18 \pm 0,5$  мс.

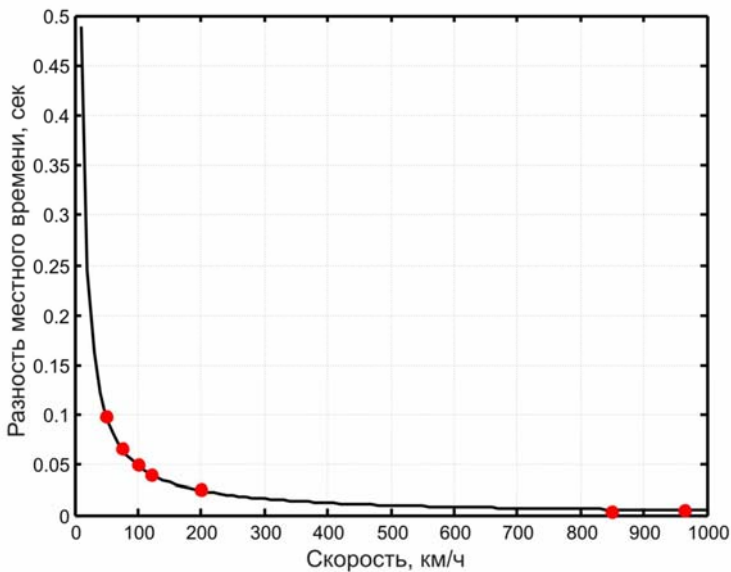
На рис. 8а приведены усредненные результаты экспертного сравнения для наземной неподвижной измерительной системы, ориентированной в точности, как и движущаяся. Результат для движущейся измерительной системы представлен на рис. 8б. Он совпадает с представленным на рис. 8а в части наличия нулевого пика, но отличается наличием пика, положение которого, с точностью до погрешностей эксперимента, совпадает с расчетной величиной разности местного времени. Измерения проводились в одно и то же время суток; обе системы одинаково ориентированы в направлении юг-север.

На рис. 9 приведен сводный график величин разности местного времени для различных значений скорости движения измерительной системы. Сплошной линией обозначена расчетная зависимость величины разности местного времени для заданного расстояния между источниками флуктуаций. Видно очень хорошее совпадение экспериментальных результатов (помечены

точками) с расчетной кривой. Полученные результаты подтверждают предположение о том, что наличие эффекта местного времени связано с перемещением измерительной системы [49–53].



**Рис. 8. Распределение интервалов для случая неподвижной (а) и движущейся измерительной системы (б)**



**Рис. 9. Величина разности местного времени в зависимости от скорости движения измерительной системы**

***Азимутальная выраженность эффекта местного времени для движущихся источников флуктуаций***

Экспериментальное доказательство возможности «искусственного» эффекта местного времени позволило исследовать азимутальную выраженность этого эффекта для движущихся источников флуктуаций и попробовать выяснить причины плохой выраженности данного эффекта для «диагональных» направлений с неподвижными источниками флуктуаций.

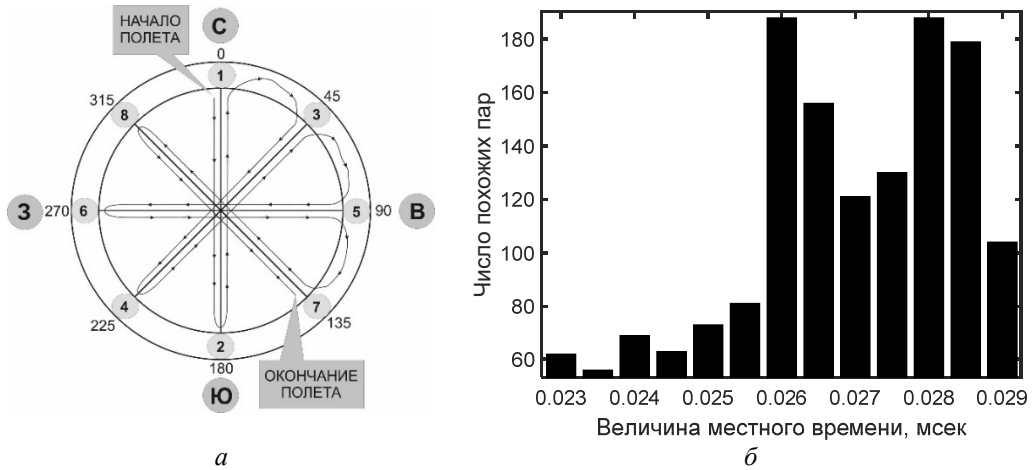


Рис. 10. Диаграмма исследуемых пространственных направлений (а);  
результатирующее распределение интервалов (б)



Рис. 11. С.Э. Шноль у самолета, на котором выполнялся эксперимент по исследованию азимутальной выраженности эффекта местного времени для движущихся источников флуктуаций

Измерения выполнялись на борту самолета Як-18Т, движущегося согласно схеме, представленной на рис. 10а. Каждый азимут проходил в двух противоположных направлениях, как показано на рис. 10а. После этого самолет выходил на новый азимут, который проходил таким же образом. Координаты самолета в пространстве и его скорость контролировались при помощи системы GPS.

Расстояние между источниками флуктуаций, по направлению движения, составляло 1,36 м, средняя скорость самолета –  $200 \pm 20$  км/ч. Следовательно,

разность местного времени за счет движения источников флуктуаций составляла величину  $0,025 \pm 0,002$  с. В ходе исследований временной ряд, полученный при частоте оцифровки 100 кГц преобразовывался в последовательность гистограмм длительностью 0,0005 с.

После процедуры попарного экспертного сравнения гистограмм были получены восемь распределений интервалов, сумма которых дала результирующее распределение интервалов, показанное на рис. 10б. С учетом разброса скорости движения самолета и точности определения положения пиков ( $\pm 0,0005$  с) пик на рис. 10б соответствует расчетной величине разности местного времени.

Особенностью полученного распределения интервалов является наличие двух четко выделенных пиков, которые можно рассматривать как расщепление пика местного времени. Величина коэффициента расщепления  $0,002/0,025 = 0,08$  отличается от коэффициента, полученного для измерений с источниками флуктуаций, неподвижно расположенных на поверхности Земли – 0,0028. Возможно, что причина такого различия нелинейно связана со скоростью движения измерительной системы [53].

Вторым, главным результатом рассматриваемого эксперимента является независимость вида полученных распределений интервалов от направления движения измерительной системы. Очевидно, выраженность эффекта местного времени на малых пространственно-временных масштабах во всех случаях зависит от угла между осью симметрии измерительной системы и вектором скорости ее движения. Образно говоря, источники флуктуаций должны идти «след в след». С увеличением угла это условие нарушается и, соответственно, наблюдается уменьшение выраженности эффекта местного времени. По нашему мнению, наиболее полное понимание описанных в настоящем разделе феноменов возможно с учетом результатов дальнейших исследований [54–57], но их анализ выходит за рамки настоящей статьи.

### Заключение

В заключение приведем (в немного сокращенном виде) оригинальный текст, присутствующий в одной из презентаций 2007 г., в котором С.Э. Шноль в самых общих чертах выражает свое видение причин, лежащих в основе описанной выше феноменологии.

#### **Картина мира, открывшаяся после 50 лет исследований:**

- *В каждый данный момент в данном географическом пункте наблюдаются сходные формы гистограмм (сходная идея формы – сходная тонкая структура), построенные по результатам независимых измерений процессов любой природы – от шумов в гравитационной антенне до альфа-распада.*

- *Поскольку эти процессы отличаются по диапазону изменений в них энергии на десятки порядков, это сходство формы гистограмм не может быть объяснено влияниями на сами эти процессы.*

- *Единственное общее для всех этих процессов – их осуществление в одном и том же пространстве-времени.*

Симон Эльевич говорит о «масштабе мира», который локально, в каждой точке пространства, «определяется совокупностью всех гравитационных полей, то есть зависит от сочетания масс в окружающем мире». Он зависит от «наличия «небесных тел» и «пустого пространства», и «...этот масштаб, эта “величина единицы” все время изменяется, флуктуирует». Такие локальные изменения «масштаба» приводят к неоднородности пространства и, как следствие, к «макроскопическим флуктуациям» результатов однотипных последовательных измерений. А так как эти флуктуации «обусловлены множеством дискретных масс в окружающем мире... они воспринимаются нами, вследствие очень большого числа причин, как случайный процесс».

Фактически утверждается, что «масштаб», влияющий на локальные свойства систем различной качественной природы и проявляющий себя в флуктуациях параметров этих систем, зависит от распределения масс во Вселенной. Это в действительности равнозначно формулировке принципа Маха: «...обусловленность локальных свойств материальных образований закономерностями и распределением всей материи мира» [58. С. 62]. Таким образом, приведенные в настоящей статье результаты могут быть рассмотрены как экспериментальные следствия принципа Маха. Этот принцип, как отмечено в [59], ведет к появлению универсальных спектров, которым посвящен ряд публикаций настоящего номера [60–62].

Проведение дальнейших исследований временных рядов флуктуаций, выполненных с использованием методов [54], кардинально отличающихся от попарного экспертного сравнения гистограмм [35], с одной стороны, подтвердило основные свойства феномена макроскопических флуктуаций, с другой – расширило и углубило феноменологию, выявляемую при исследовании флуктуаций [54–57].

## Литература

1. Шноль С.Э. О самопроизвольных синхронных переходах молекул актомиозина в растворе из одного состояния в другое // Вопросы медицинской химии. 1958. Т. 4. Вып. 6. С. 443–454.
2. Шноль С.Э., Шольц Х.Ф., Руднева О.А. Изменение адсорбционной способности белка при самопроизвольных изменениях состояния актомиозина в растворе // Вопросы медицинской химии. 1959. Т. 5. Вып. 4. С. 259–264.
3. Шноль С.Э. Синхронные конформационные колебания молекул актина, миозина и актомиозина в растворах // Молекулярная биофизика. М.: Наука, 1965. С. 56–81.
4. Шноль С.Э. Конформационные колебания макромолекул // Колебательные процессы в биологических и химических системах. М.: Наука, 1967. С. 22–41.
5. Шноль С.Э. Синхронные обратимые изменения («конформационные колебания») препаратов мышечных белков: дис. ... д.б.н. Пущино: Институт биофизики АН СССР, 1969. 307 с.
6. Shnoll S.E. Conformational oscillations in protein macromolecules // Biological and Biochemical Oscillators / ed. B. Chance. N.Y.: Acad. Press, 1973. P. 667–669.
7. Шноль С.Э., Руднева О.А., Никольская Е.Л., Ревельская Т.А. Изменение амплитуды самопроизвольных переходов препарата актомиозина из одного состояния в другое при хранении препаратов // Биофизика. 1961. Т. 6. Вып. 2. С. 165–171.

8. *Шноль С.Э., Смирнова Н.А.* Колебания концентрации сульфгидрильных групп в растворах актомиозина, актина, миозина // *Биофизика*. 1964. Т. 9. Вып. 4. С. 532-534.
9. *Белоусов Б.П.* Периодически действующая реакция и ее механизм // *Сборник рефератов по радиационной медицине за 1958 год*. М.: Медгиз, 1959. С. 145-147.
10. *Жаботинский А.М.* Периодический ход окисления малоновой кислоты в растворе (исследование кинетики реакции Белоусова) // *Биофизика*. 1964. Т. 9. С. 306-311.
11. *Шноль С.Э.* Герои, злодеи, конформисты отечественной науки. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 720 с.
12. *Шноль С.Э.* Предисловие к русскому изданию книги «Биологические часы». М.: Мир, 1964.
13. *Шноль С.Э.* Биологические часы (краткий обзор хода исследований и современного состояния проблемы) // *Соросовский образовательный журнал*. 1996. № 7. С. 26-32.
14. *Жаботинский А.М.* Концентрационные автоколебания. М.: Наука, 1974.
15. Колебательные процессы в биологических и химических системах / под ред. Г.М. Франка. М.: Наука, 1967.
16. Труды Всесоюзного Симпозиума по колебательным процессам в биологических и химических системах. Пушино-на-Оке, 21-26 марта 1966 г. / ред. Г. М. Франк. М.: Наука, 1967.
17. *Чернавский Д.С., Хургин Ю. И., Шноль С. Э.* Об упругих деформациях белка-фермента // *Молекулярная биология*. 1967. Т. 1. С. 419-424.
18. *Шноль С.Э., Чернавский Д.С., Хургин Ю.И.* Молекула белка-фермента как механическая система // *Колебательные процессы в биологических и химических системах*. М., Наука, 1967. С. 42-50.
19. *Shnoll S.E., Kolombet V.A.* Macroscopic fluctuations and statistical spectral analysis and the states of aqueous protein solutions // *Sov. Sci. Rev. / Ed. by V. P. Sculachev*. N.Y.: OPA, 1980.
20. *Калиниченко Л.П., Христова М.Л., Шноль С.Э.* Влияние алифатических спиртов на амплитуду конформационных колебаний миозина и на скорость поглощения кислорода митохондриями // *Свойства и функции макромолекул и макромолекулярных систем*. М.: Наука, 1969. С. 89-106.
21. *Четверикова Е.П.* Колебания активности креатинкиназы, выделенной из скелетных мышц // *Биофизика*. 1968. Т. 13. 864-869.
22. *Четверикова Е.П.* «О существовании нескольких состояний креатинкиназы в растворе, различающихся по величине ферментативной активности» // *Биофизика*. 1971. Т. 16. С. 925-928.
23. *Shnoll S.E., Chetverikova E.P.* Synchronous reversible alterations in enzymatic activity (conformational fluctuations) in actomyosin and creatine kinase preparations // *Biochem. Biophys. Acta*. 1975. V. 403. P. 89-97.
24. *Коломбет В. А., Брицина Т.Я., Иванова Н.П., Шноль С.Э.* Спектр макроскопических флуктуаций ферментативной активности креатинкиназы // *Биофизика*. 1980. Т. 25. Вып. 2. С. 213-217.
25. *Шноль С.Э., Иванова Н. П., Брицина Т.Я., Коломбет В.А.* Зависимость спектров макроскопических флуктуаций ферментативной активности креатинкиназы от pH раствора белка // *Биофизика*. 1980. Т. 25. С. 218-220.
26. *Шноль С.Э., Гришина В.И.* Сложнопериодический характер изменения концентрации различных веществ в крови // *Биофизика*. 1964. Т. 9. Вып. 3. С. 367-381.
27. *Шноль С.Э.* Синхронные в макрообъеме колебания АТФ-азной активности в концентрированных препаратах актомиозина // *Колебательные процессы в биологических и химических системах*. Пушино, 1971. С. 20-24.
28. *Шноль С.Э.* Общие проблемы физико-химической биологии // *Итоги науки и техники*. М.: ВИНТИ, 1985. Т. 5. С. 130-200.

29. Шноль С.Э., Намиот В.А., Жвирблис В.Е., Морозов В.Н., Темнов А.В., Морозова Т.Я. Возможная общность макроскопических флуктуаций скоростей биохимических и химических реакций, электрофоретической подвижности клеток и флуктуаций при измерениях радиоактивности, оптической активности и фликкерных шумов // Биофизика. 1983. Т. 28. Вып. 1. С. 153–157.
30. Удальцова Н.В., Коломбет В.А., Шноль С.Э. Возможная космофизическая природа макроскопических флуктуаций в процессах различной природы. Пушино, ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1987.
31. Перевертун Т.В., Удальцова Н.В., Коломбет В.А., Иванова Н.П., Брицина Т.Я., Шноль С.Э. Макроскопические флуктуации в водных растворах различных веществ как возможное следствие космогеофизических факторов // Биофизика. Т. 26. Вып. 6. 1979. С. 270–276.
32. Жвирблис В. Что нарушает симметрию? // Химия и жизнь. 1977. № 12. С. 42.
33. Жвирблис В.Е. О дрейфе нулевой точки визуального поляриметра // Изв. АН СССР. Сер. Биологическая. 1982. № 3. С. 465–468.
34. 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 // Успехи физических наук. 1998. 168 (10). С. 1129–1140.
35. Шноль С. Э., Панчелюга В.А. Феномен макроскопических флуктуаций: методика измерений и обработки экспериментальных данных // Мир измерений. 2007. № 6. С. 49–55.
36. 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 // Успехи Физических Наук. 2000. 170 (2). С. 214–218.
37. Зенченко Т.А., Конрадов А.А., Зенченко К.И. Корреляция динамики амплитуды «эффекта ближней зоны» с параметрами межпланетного магнитного поля // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4. № 1/2. С. 125–132.
38. Шноль С.Э. Форма спектров состояний, реализуемых в ходе макроскопических флуктуаций, зависит от вращения Земли вокруг своей оси // Биофизика. 1995. Т. 40. Вып. 4. С. 865–875.
39. Шноль С.Э. Макроскопические флуктуации как следствие арифметических и космофизических причин (Факторы, определяющие тонкую структуру гистограмм, возможно, находятся за пределами Солнечной системы) // Биофизика. 2001. Т. 46. № 5. С. 775–782.
40. Shnoll S.E. Periodical Laws in the Fine Structure Stochastic Distributions as an Effect of Space-Time Structure // Progress in Physics. 2005. V. 1. № 2.
41. Шноль С.Э., Рубинштейн И.А., Зенченко К.И., Зенченко Т.А., Удальцова Н.В., Конрадов А.А., Шаповалов С.Н., Макаревич А.В., Гориков Э.С., Трошичев О.А. Зависимость «макроскопических флуктуаций» от географических координат (по материалам Арктической (2000 г.) и антарктической (2001 г.) экспедиций) // Биофизика. 2003. Т. 48. № 6. С. 1123–1131.
42. Шноль С.Э., Зенченко К.И., Берулис И.И., Удальцова Н.В., Жирков С.С., Рубинштейн И.А. Зависимость «макроскопических флуктуаций» от космофизических факторов. Пространственная анизотропия // Биофизика. 2004. Т. 49. № 1. С. 132–139.
43. Shnoll S.E., Rubinshtejn I.A., Zenchenko K.I., Shlekhtarev V.A., Kaminsky A.V., Konradov A.A., Udaltsova N.V. Experiments with Rotating Collimators Cutting out Pencil of  $\alpha$ -Particles at Radioactive Decay of  $^{239}\text{Pu}$  Evidence Sharp Anisotropy of Space // Progress in Physics. 2005. V. 1. P. 81–84.
44. Shnol S.E., Panchelyuga V.A. On the characteristic form of histograms appearing at the culmination of solar eclipse. 2006. URL: <https://arxiv.org/ftp/physics/papers/0603/0603029.pdf>

45. *Панчелюга В. А., Коломбет В. А., Каминский А. В., Панчелюга М. С., Шноль С. Э.* Эффект местного времени в шумовых процессах // Вестник Калужского университета. 2006. № 2. С. 3–8.
46. *Panchelyuga V.A., Kolombet V.A., Panchelyuga M. S., Shnoll S.E.* Experimental Investigations of the Existence of Local-Time effect on the Laboratory Scale and the Heterogeneity of Space-Time // Progress in Physics. January. 2007. Vol. 1. P. 64–69.
47. *Панчелюга В. А., Коломбет В. А., Панчелюга М. С., Шноль С. Э.* Исследование эффекта местного времени на малых пространственно-временных масштабах // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. 2006. 1 (5). Вып. 3. С. 116–121.
48. *Panchelyuga V.A., Shnoll S.E.* On the Second-Order Splitting of the Local-Time Peak // Progress in Physics. 2008. V. 2. P. 154–157.
49. *Панчелюга В. А., Шноль С. Э.* О пространственной анизотропии, выявляемой при исследовании «эффекта местного времени» // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. 2006. № 2 (6). Vol. 3. С. 188–193.
50. *Панчелюга В. А., Шноль С. Э.* Феноменология эффекта местного времени на малых пространственно-временных масштабах и в случае движущихся источников флуктуаций // Метафизика. Век XXI. Вып. 2. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. С. 320–326.
51. *Panchelyuga V.A., Shnoll S.E.* On the Dependence of a Local-Time Effect on Spatial Direction // Progress in Physics. July 2007. V. 3. P. 51–54.
52. *Panchelyuga V.A., Shnoll S.E.* A Study of a Local Time Effect on Moving Sources of Fluctuations // Progress in Physics. July, 2007. Vol. 3. P. 55-56.
53. *Панчелюга В. А.* О закономерностях подобия формы спектров амплитуд флуктуаций в процессах разной природы: дис. ... канд. физико-математических наук. Пущино, 2008. 130 с.
54. *Панчелюга В. А., Панчелюга М. С.* Фрактальная размерность и гистограммный метод: методика и некоторые предварительные результаты анализа шумоподобных временных рядов // Биофизика. 2013. Т. 58. Вып. 2. С. 377–384.
55. *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.
56. *Диатроптов М. Е., Панчелюга В. А., Панчелюга М. С.* Динамика температуры тела у мелких млекопитающих и птиц в 10-120-минутном диапазоне периодов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2020. Т. 169. № 6. С. 706–711.
57. *Диатроптов М. Е., Панчелюга В. А., Панчелюга М. С., Сузов А. В.* Околочасовые ритмы температуры тела у млекопитающих и птиц с разным уровнем обмена веществ // Доклады российской академии наук. Науки о жизни. 2020. Т. 494. № 1. С. 472–476.
58. *Владимиров Ю. С., Терещенко Д. А.* Развитие представлений о принципе Маха // Метафизика. 2019. № 1 (31). С. 62–74.
59. *Панчелюга В. А., Панчелюга М. С.* Принцип Маха и универсальный спектр периодов: комплементарные фрактальные распределения как следствие рациональных и иррациональных отношений между частями целостной системы // Метафизика. 2021. № 2. С. 39–56.
60. *Панчелюга В. А., Панчелюга М. С.* Принцип Маха и спектр микросейсм // Метафизика. 2021. № 4. С. 50–59.
61. *Коломбет В. А., Лесных В. Н., Панчелюга В. А.* Универсальная система утраивающихся периодов // Метафизика. 2021. № 4. С. 98–106.
62. *Владимирский Б. М., Панчелюга В. А.* Максимальная резонансность Солнечной системы – полвека размышлений и дискуссий // Метафизика. 2021. № 4. С. 107–118.



## MACROSCOPIC FLUCTUATIONS PHENOMENON

V.A. Panchelyuga\*, V.A. Kolombet, M.S. Panchelyuga

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

**Abstract.** The following brief review considers the history of discovery and main stages of investigations of the macroscopic fluctuations phenomenon, which were the work of life of Simon E. Shnoll. The works considered in this article are the first in world literature to study the universal laws revealed in the course of studying the properties of fluctuations in processes of various nature. Brief descriptions of the main experiments and the results obtained are given.

**Keywords:** fluctuations, macroscopic fluctuations phenomenon, pairwise histogram comparison method, histogram shape, periods, local time effect, radioactive decay

---

\* E-mail: [victor.panchelyuga@gmail.com](mailto:victor.panchelyuga@gmail.com)