

О реализации дискретных состояний в ходе флуктуаций в макроскопических процессах

С.Э.Шноль, В.А.Коломбет, Э.В.Пожарский,
Т.А.Зенченко, И.М.Зверева, А.А.Конрадов

Показано, что при последовательных измерениях любых процессов вследствие флуктуаций получают последовательность дискретных величин. Форма соответствующих гистограмм сходна в каждый данный момент для процессов разной природы и изменяется с высокой вероятностью одновременно в разных процессах и при больших расстояниях между лабораториями. В ряду последовательных гистограмм данная гистограмма с высокой вероятностью сходна с ближайшими соседями и повторяется с периодом в 24 часа, 27 суток и около 356 суток. Все это свидетельствует о весьма общей космофизической (космогонической) причине феномена.

Содержание

1. Введение
2. Неслучайность тонкой структуры распределений (формы гистограмм) результатов измерений процессов разной природы (1131)
3. Неслучайность повторения формы гистограмм во времени (1132)
4. Синхронность реализации формы гистограмм в процессах разной природы (1134)
5. Синхронность реализации формы гистограмм в разных географических пунктах (1136)
6. Генераторы случайных чисел. Арифметическая природа тонкой структуры гистограмм. Изменение формы гистограмм как следствие фундаментальных физических причин (1137)
7. Случайность исходного временного ряда по стандартным критериям. Закономерность тонкой структуры как возможное следствие низкочастотной 1/f модуляции (1138)
8. Заключение (1138)
Список литературы (1139)

С.Э.Шноль. Московский государственный университет
Им. М.В.Ломоносова, физический факультет
119899 Москва, Воробьевы горы, Россия
Институт Теоретической и экспериментальной биофизики РАН
142290 г. Пущино, Московская обл., Россия
Тел. (0967) 73-92-62. E-mail: shnoll@pbc.iteb.serpukhov.su

В.А.Коломбет, Э.В.Пожарский, Т.А.Зенченко
Институт Теоретической и экспериментальной биофизики РАН
142290 г. Пущино, Московская обл., Россия
Тел. (0967) 73-92-62, (0967) 73-93-43
E-mail: kolomber@geocities.com,
zenchenko@pbc.iteb.serpukhov.su

И.М.Зверева. Научно-исследовательский отдел ядерной физики
МГУ им. М.В.Ломоносова
119899 Москва, Воробьевы горы, Россия
Тел (095) 939-50-31

А.А.Конрадов. Институт биохимической физики РАН
117977 Москва, ул. Косыгина 4, Россия
Тел (095) 938-21-72. E-mail: ak@sky.ras.ru

1. Введение

Предлагаемая статья является обзором работ, выполняемых в нашей лаборатории на протяжении более чем 40 лет. Начатые на биологических объектах, наши исследования последние годы всё более приобретают чисто физическое направление. Результаты отдельных этапов этих исследований регулярно публиковались, преимущественно в биологических и биофизических изданиях, и мало известны физикам. В то же время выводы из наших работ, как нам кажется, затрагивают некоторые общезначимые представления.

В 1955 г. при измерениях скоростей биохимических реакций было обнаружено существование странного разброса результатов - получаемые величины группировались около двух - трех дискретных значений - промежуточные значения были очень редки. Измеряли скорость ферментативной АТФ-азной реакции - гидролиз АТФ в растворах мышечных белков - миозина и актомиозина. Первоначально это явление было объяснено особенностями фибриллярных белков, существованием дискретных конформаций их молекул и синхронизацией флуктуационных переходов молекул из одного состояния в другое [2]. Однако после нескольких лет исследований аналогичные картины были получены и при изучении растворов глобулярных белков. Затем, в качестве контроля, были проведены опыты с чисто химическими реакциями низкомолекулярных веществ - и здесь получили дискретные, с несколькими экстремумами, распределения результатов измерений.

Было показано, что эти распределения не являются тривиальными эффектами недостаточного числа измерений или каких-либо иных артефактов. Наблюдалось удивительное сходство тонкой структуры соответствующих гистограмм в разных

опытах и явно закономерное изменение их формы в последовательных опытах. Возникло предположение, что во всех этих опытах проявляются особые свойства общего для всех реакций растворителя – воды. Однако аналогичные распределения скоростей были получены и при исследовании реакции в неводных растворителях. Тогда (в 1979г) в качестве «последнего контроля» были получены детальные распределения результатов измерений радиоактивности. Эффект был поразителен. Тонкая структура распределения результатов измерений радиоактивности – форма соответствующих гистограмм – оказалась чрезвычайно сходной при измерениях двух радиоактивных препаратов двумя независимыми автоматическими измерительными установками (рис.9).

25 лет исследований позволили сделать вывод, что наличие дискретности в распределениях измеряемых величин имеет нетривиальный и весьма общий характер. Можно, впрочем, отметить, что эти исследования, начатые на растворах белков, стимулировали поиск и изучение колебательных процессов в биохимических, химических и физико-химических системах [3]. В частности, работа нашей лаборатории в этом направлении привела к значительному прогрессу в изучении гомогенной колебательной реакции Белоусова – Жаботинского [4, 5]. Однако наличием колебательных режимов нельзя было объяснить дискретные распределения результатов.

К 1983г мы убедились в том, что «макроскопическое квантование» характерно для процессов принципиально разной природы. Оно проявляется в биохимических реакциях с участием макромолекул белков, в гомогенных химических реакциях с участием низкомолекулярных соединений, а также при исследованиях различных физико-химических процессов: а) скоростей движения частиц латекса в электрическом поле, б) времени ожидания разряда в RC-генераторе на неоновой лампе, в) времени поперечной релаксации T_2 протонов воды методом спин-эхо, г) измерениях амплитуд флуктуаций концентрации реагентов в реакции Белоусова-Жаботинского, д) интенсивности радиоактивного распада различных изотопов [6].

Ввиду необычности обсуждаемого феномена было предпринято тщательное, длительное, многостороннее его изучение. Основным объектом такого изучения по понятным причинам стали измерения различных типов радиоактивности.

Особое внимание было обращено на исключение возможных артефактов [6-11]. Было показано, что наблюдаемые феномены не зависят от используемых методов измерений и природы изучаемых процессов. В частности измерения радиоактивности проводили посредством счетчиков Гейгера, жидких и твердых сцинтилляторов и полупроводниковых детекторов. Измеряли β -активность ^3H , ^{14}C , ^{32}P , ^{60}Co , ^{204}Tl , а также вторичные рентгеновские кванты 5,9 KeV и 6,3 KeV, сопровождающие K-захват при превращении

^{55}Fe в ^{55}Mn . Однако основной материал для исследований представляют измерения α -активности препаратов ^{239}Pu , неподвижно прикрепленных к полупроводниковым кремниевым детекторам. Были проведены необходимые контрольные измерения для исключения зависимости получаемых результатов от нестабильности температуры и напряжения в электрической сети, режима амплитудной дискриминации и т.п. Проблема исключения артефактов обсуждается и далее в тексте этой статьи.

Следует заметить, что обсуждаемый феномен не противоречит каким-либо «основам науки». В частности, нет сомнений во вполне случайном во времени характере радиоактивного распада и его подчинении статистике Пуассона. Просто существующие критерии согласия гипотез не чувствительны к тонкой структуре распределений. Поэтому вывод о закономерности дискретных распределений с наибольшей ясностью следует из детального совпадения форм гистограмм, получаемых независимо в разных сериях измерений. Мы наблюдали такое подобие форм гистограмм при одновременных независимых измерениях параметров совершенно разных процессов, в том числе и в лабораториях, удаленных друг от друга на сотни и тысячи километров.

Само по себе наличие нескольких узких пиков и впадин («полиэкстремальность» соответствующих гистограмм) по-видимому, обусловлено чисто арифметическими причинами – алгоритмами взаимодействия «реагентов» в изучаемых процессах. В самом общем случае эти алгоритмы основаны на операциях умножения, деления, возведения в степень. Результаты этих операций с необходимостью дискретны – вероятность получения данной измеряемой величины (например, скорости реакции) тем выше, чем больше сочетаний сомножителей (например, мгновенных значений активностей реагентов) дают при перемножении данную величину (см. ниже). Форма соответствующих распределений – тонкая структура гистограмм – будет определяться распределением числа сомножителей в соответствующем отрезке натурального ряда чисел. Сказанное относится к процессам совершенно разной природы. Отсюда следует, что гладкие распределения типа Гаусса или Пуассона являются, как правило, результатами уменьшения числа разрядов в соответствующих гистограммах. В известном смысле именно гладкие распределения можно считать артефактами – результатами искусственного огрубления получаемых результатов [9].

Таким образом, дискретность распределения результатов измерений сама по себе не должна вызывать удивления. Однако закономерное изменение тонкой структуры гистограмм во времени, сходство этой структуры при независимых измерениях процессов разной природы не объяснимо

чисто математическими закономерностями и является проявлением фундаментальных физических свойств нашего мира.

Не претендуя на выяснение природы этих свойств, можно констатировать :

При любых последовательных во времени измерениях процессов любой природы вследствие флуктуаций получают последовательность дискретных величин. Некоторые из этих величин встречаются существенно чаще других - наблюдаются «разрешенные» и «запрещенные» состояния макроскопических объектов. На соответствующих гистограммах видны экстремумы - «пики» и «впадины». Форма спектра разрешенных и запрещенных состояний - относительные величины расстояний между уровнями и степень их заселенности - сходна в каждый данный момент для процессов разной природы и изменяется с высокой вероятностью одновременно в разных процессах, в том числе при больших расстояниях между лабораториями. Существует «время жизни» данной формы гистограмм - в ряду последовательных гистограмм с наибольшей вероятностью данная гистограмма сходна с ближайшими соседними гистограммами. Формы гистограмм с высокой вероятностью повторяются с периодом в 24 часа, около 27 суток, около 365 суток. Все это - закономерное изменение формы последовательных во времени гистограмм, их сходство при одновременных независимых измерениях процессов разной природы, в том числе в разных географических пунктах - свидетельствует о существовании весьма общей космофизической (космогонической) причины обсуждаемого феномена.

Ниже представлены основные данные, обосновывающие эти утверждения.

2. Неслучайность тонкой структуры распределений (формы гистограмм) результатов измерений процессов разной природы

На рис.1 представлены четыре «слоистые» гистограммы, построенные без сдвигов и без сглаживания, каждая по результатам 1200 последовательных измерений радиоактивности препарата ^{55}Fe . Измерения проводили посредством счетчика сцинтилляций и амплитудного анализатора "ORTEC" по числу вторичных рентгеновских квантов 5,9 KeV и 6,3 KeV, сопровождающих K-захват при превращении ^{55}Fe в ^{55}Mn . Средняя активность около 31500 имп/36сек. Разряд по оси абсцисс 30 имп. Слоевые линии проведены через каждые 100 измерений. Суммарная продолжительность 1200 измерений в каждой гистограмме равна 12 часам. Измерения начаты в 23ч.00 мин. 18.02.1982г. и закончены в 23ч.00мин 20.02.1982г. На рисунке1

видно подобие формы всех четырех независимо

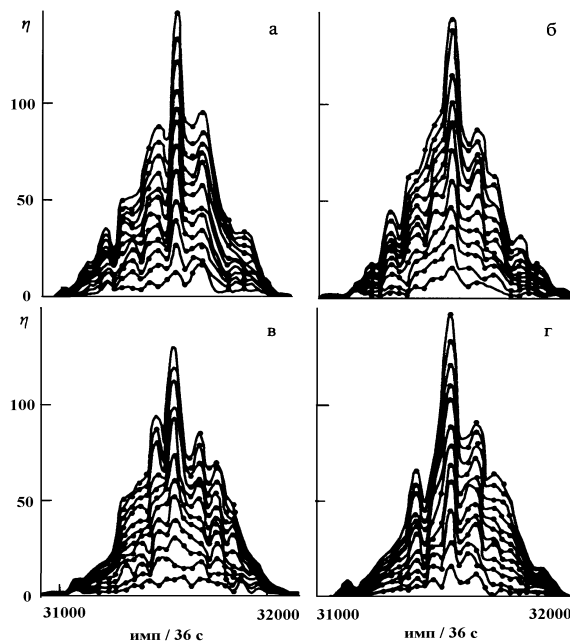


Рис 1. Иллюстрация неслучайности тонкой структуры распределений результатов измерений радиоактивности. Четыре гистограммы, построенные без сдвигов и без сглаживания, каждая по результатам 1200 последовательных измерений радиоактивности препарата ^{55}Fe . Измерения посредством счетчика сцинтилляций и амплитудного анализатора ORTEC по числу вторичных рентгеновских квантов 5,9 кэВ и 6,3 кэВ, сопровождающих K-захват при превращении ^{55}Fe в ^{55}Mn . Средняя активность около 31500 имп/36 сек. Разряд по оси абсцисс 30 имп. Слоевые линии проведены через каждые 100 измерений.

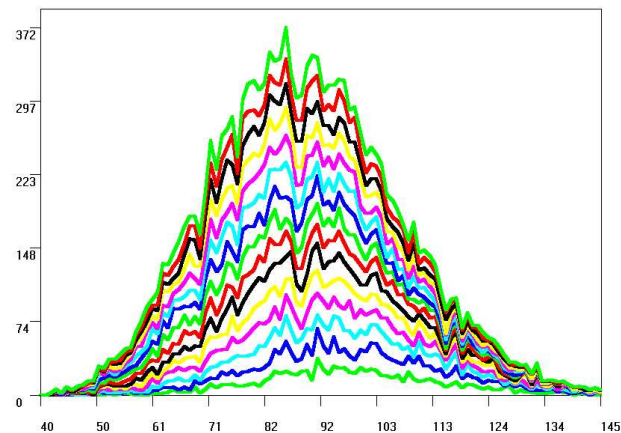


Рис.2 Распределение результатов 15000 измерений α -активности препарата ^{239}Pu , неподвижно укрепленного на полупроводниковом детекторе. Без сдвигов и без сглаживания. Продолжительность одного измерения 6 сек. По оси абсцисс отложены величины радиоактивности (имп/бсек). Средняя активность около 90 имп/бсек. По оси ординат - число измерений с данной величиной α -активности. «Слоевые» линии проведены через каждые 1000 измерений.

На рисунке 2 представлено распределение результатов 15000 измерений α -активности препарата ^{239}Pu , неподвижно укрепленного на полупроводниковом детекторе. Продолжительность одного измерения 6 сек. Такие измерения в нашей

лаборатории на протяжении многих лет проводятся круглосуточно на нескольких детекторах. Результаты измерений сохраняются в компьютерном банке (архиве) данных. На рисунке 2 по оси абсцисс отложены величины радиоактивности (имп/бсек). Средняя активность около 90 имп/бсек. По оси ординат - число измерений с данной величиной α -активности. «Слоевые» линии проведены через каждые 1000 измерений.

На рисунках 1 и 2 видно наличие относительно узких экстремумов – некоторые значения измеряемой величины оказываются более вероятными, чем другие. Эта «полиэкстремальность» не обусловлена недостаточно большим числом измерений – по мере увеличения числа измерений дискретность также растет – увеличиваются высоты пиков и глубины впадин. Это явление не обусловлено и «статистической инерцией»: при одновременных или близких по времени измерениях гистограммы данной формы независимо повторяются. При огрублении гистограммы – увеличении величины разряда (шага) – полиэкстремальность нивелируется. Полиэкстремальность не противоречит подчинению процесса радиоактивного распада статистике Пуассона: существующие статистические критерии согласия гипотез нечувствительны к тонкой структуре таких гистограмм. Вывод о неслучайности этой тонкой структуры следует из сходства формы независимо получаемых гистограмм.

Относительная узость «пиков» и «впадин» означает, что полиэкстремальность не является следствием вероятностных причин: ширина этих экстремумов в соответствии со статистикой Пуассона должна быть порядка \sqrt{N} , где N среднесрифметическая величина. Значения N_i для соседних экстремумов очень близки и соответствующие распределения оказались бы взаимно перекрыты.

На рис. 1 и 2 видно, что по мере увеличения числа измерений форма слоевых линий постепенно приобретает все более определенный вид. Однако, если построить распределения по меньшим выборкам, становится видным, что форма гистограмм все время изменяется. Так, на рисунке 3 представлены первые 12 из 150 гистограмм, построенных по 100 последовательным измерениям – тем же, по которым построена слоистая гистограмма рис.2. Гистограммы для удобства визуального сравнения сглажены. Видно, что форма последовательных гистограмм различна. Можно было бы объяснить эти различия малостью выборки и случайной природой наблюдаемых форм. Однако видно, что форма некоторых гистограмм удивительным образом сходна (№№ 1 и 2; №№ 7 и 8; №№ 7 и 12).

Для большей наглядности на рис.4 совмещен ряд гистограмм этой серии. На рис.5 изображены типичные различаемые формы гистограмм. На этом рисунке гистограммы представлено с наложением одной сходной по форме гистограммы на другую для

наглядной иллюстрации принятых критериев их сходства. Всего надежно различимо 15–25 вариантов формы – тонкой структуры дискретных распределений – спектра состояний, реализуемых в ходе флуктуаций.

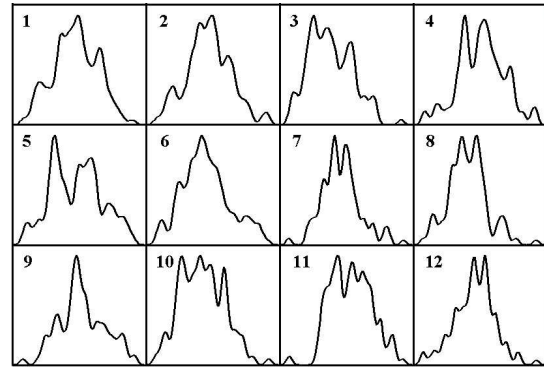


Рис. 3. Первые 12 из 150 гистограмм, построенных по 100 последовательным измерениям – тем же, по которым построена слоистая гистограмма рис.2. Гистограммы для удобства визуального сравнения сглажены.

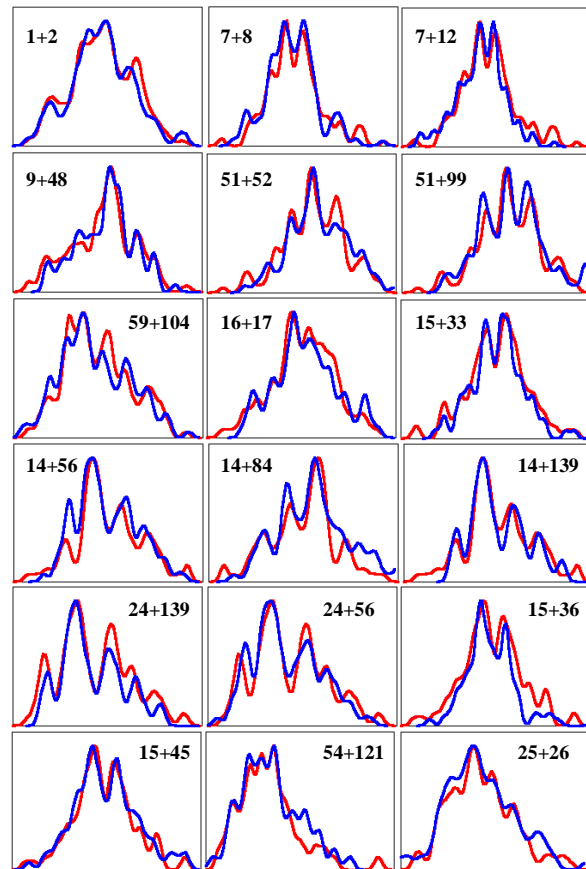


Рис.4 Совмещен ряд гистограмм (рис.3). Показана иллюстрация их сходства.

3. Неслучайность повторения формы гистограмм во времени

Очевидна малая вероятность повторного появления гистограмм одной и той же сложной формы. Однако более убедительным свидетельством

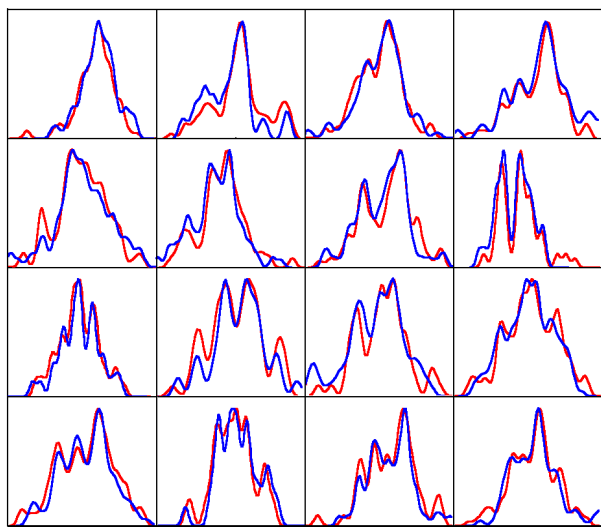


Рис.5 Типичные различаемые формы гистограмм. Наложение одной сходной по форме гистограммы на другую для наглядной иллюстрации принятых критериев их сходства.

неслучайности тонкой структуры распределений результатов измерений служит закономерное повторение их во времени. Для этого мы преобразуем получаемые временные ряды в ряды соответствующих гистограмм – распределения 60-100 последовательных чисел – результатов измерений. Для сравнения формы гистограмм и определения величин временных интервалов между сходными гистограммами была использована компьютерная программа Histogram Manager, разработанная одним из авторов (Э.В.Пожарским). Для удобства визуального сопоставления формы эти гистограммы сглаживаются. При анализе сходства формы гистограмм допустимо их линейное растяжение или сжатие по горизонтали. Чтобы исключить субъективные эффекты, оценка сходства формы производится при зашифрованных номерах последовательных гистограмм. Выводы формулируются в результате сопоставлений десятков и сотен тысяч возможных сочетаний гистограмм. Как правило, число сходных по форме пар гистограмм составляет 2–5% от числа возможных сочетаний.

В результате такой работы было показано, что повторное появление той же формы в ряду последовательных гистограмм наиболее вероятно в ближайший соседний интервал времени. Это видно на рис.6а, б, где приведено распределение временных интервалов между гистограммами сходной формы. Гистограммы были построены каждая по 60 результатам шестисекундных измерений α -активности препарата ^{239}Pu , т.е. за суммарное время 6 минут. На рис.6а интервал по оси абсцисс равен 6 минутам. Видно, что вероятность повторения данной формы гистограмм наиболее велика в ближайшем соседнем интервале – на рис.6а число таких случаев - 51. В следующем интервале таких случаев 34, затем 24 и т.д. до 10-15 случаев в дальнейшем. На рис.6б для тех же самых результатов измерений интервал по оси абсцисс углублен и равен 1 часу (10 гистограмм).

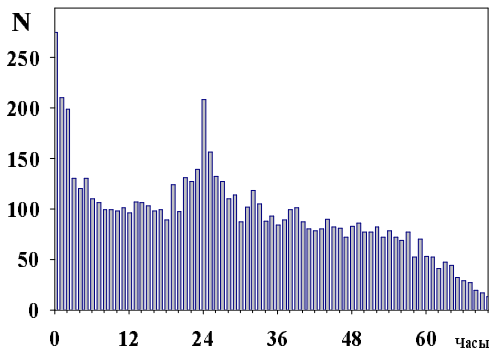
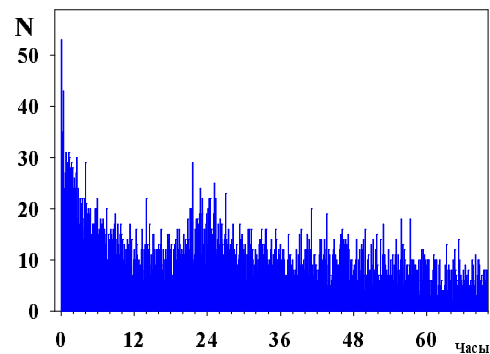


Рис. 6. Распределение временных интервалов между гистограммами сходной формы. Гистограммы построены каждая по 60 результатам шестисекундных измерений α -активности препарата ^{239}Pu , т.е. за суммарное время 6 минут: (а) интервал по оси абсцисс равен 6 минутам, (б) интервал по оси абсцисс равен 1 часу (10 гистограмм).

Видно, что в ближайший час число сходных пар равно 275, в следующий 210, а через 4-5 часов число сходных пар за час уменьшается до 100.

Сходство формы гистограмм в «ближней зоне» – весьма замечательное обстоятельство. Гистограммы строятся по неперекрывающимся рядам результатов независимых измерений. Радиоактивный распад следует статистике Пуассона; атомы распадаются независимо друг от друга. Следовательно, существует внешняя причина сходства формы соответствующих гистограмм. Более того, «идея данной формы» имеет некоторое «время жизни» – вероятность повторного появления данной формы достоверно и воспроизводимо больше в ближайших интервалах и убывает в последующих. А отсюда следует, что каждая из различаемых форм гистограмм – неслучайна. Эта неслучайность не обусловлена свойствами измерительных приборов – счетчики работают в логике 0,1. Форма гистограмм не зависит от режима дискриминации амплитуды импульсов, вариантов методов измерений или каких-либо избирательных «предпочтений» пересчетных схем.

Однако неоднократные попытки определения временной характеристики внешней «силы», определяющей форму спектра реализуемых состояний, оказались неудачными. Мы строили гистограммы по одному и тому же числу измерений разной длительности, так что интервалы между гистограммами варьировали от 1 часа до 1 секунды. Тем не менее, вид распределения интервалов был одинаковым – во всех случаях наиболее вероятным

оказывалось сходство соседней по времени гистограммы. Эта типичная фрактальность требует для своего объяснения дальнейших экспериментов.

Повторное появление гистограмм данной формы с периодами 24 часа, 27 суток, 365 суток свидетельствует о наличии космофизического агента, определяющего их форму.

Анализ распределения интервалов между сходными гистограммами в протяженных временных рядах показал, что существует не только относительная, как в «ближней зоне», но и абсолютная временная зависимость повторного появления гистограмм данной формы.

Как видно на рисунке 6, наблюдается достоверное возрастание вероятности повторного появления гистограмм данной формы через 24 часа. Весьма важно, что 24-часовой период наблюдается как при продолжительности измерений равной 6 сек (6 мин. одна гистограмма), так и при продолжительности измерений равной 60 сек (60 мин. одна гистограмма). В обоих случаях наблюдается достоверное возрастание вероятности повторного появления данной формы гистограмм с периодом около 24 часов.

Наличие 24-часового периода, как и сходство «ближайших соседей» – свидетельство существования внешней по отношению к изучаемому объекту природы изучаемого агента. Наиболее вероятна связь этого агента с вращением Земли вокруг своей оси. Понятна желательность более точного определения этого периода, однако для этого необходима дальнейшая работа.

Однако помимо этой «связи с внешним миром» существуют другие, не менее существенные. Это следует из обнаруженных нами около 27 суточных и окологодичных периодов повторного появления гистограмм данной формы. На рисунке 7 представлено распределение интервалов между повторным появлением гистограмм данной формы в

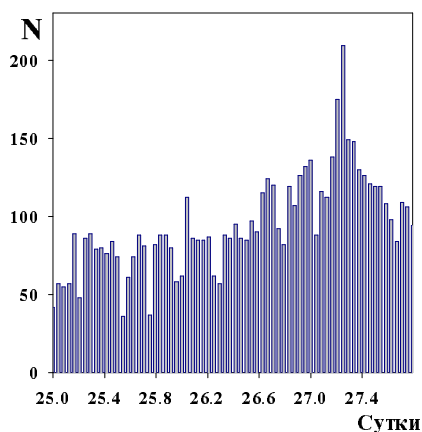


Рис.7 Распределение интервалов между повторным появлением гистограмм данной формы в районе 27 суток. Гистограммы построены по 60-и шестисекундным измерениям α -активности препарата ^{239}Pu . Разряд распределения равен 1 часу (10 гистограмм).

районе 27 суток. Гистограммы также строили по 60-и шестисекундным измерениям α -активности

препарата ^{239}Pu . Разряд распределения на рис. 7 равен 1 часу (10 гистограмм). В более детальном изображении видны несколько экстремумов. На рисунке 7 наиболее выражен экстремум, соответствующий периоду 27.28 суток, что совпадает с синодическим периодом Солнца относительно Земли.

На рисунке 8 представлено аналогичное распределение интервалов повторного появления гистограмм данной формы через 360-367 суток. Видно три резких экстремума – 364.4, 365.2 и 366.6 суток. Второй экстремум кажется «естественным» – это период вращения Земли по околосолнечной орбите. Однако два остальных периода требуют особой интерпретации.

Из всей совокупности данных следует вывод, что «идея формы» – тонкая структура распределений результатов измерений процессов разной природы – определяется космофизическими факторами.

4. Синхронность реализации формы гистограмм в процессах разной природы

Высокая вероятность появления гистограмм сходной формы при одновременных независимых измерениях, в том числе процессов разной природы, и тем более в разных географических пунктах – важнейшее свидетельство фундаментального характера анализируемого феномена.

Первый такой результат был получен в декабре 1980г. при измерениях двумя независимыми измерительными устройствами β -активности двух примерно равных по активности препаратов ^{14}C . Форма соответствующих гистограмм оказалась в деталях одинаковой (рис. 9). Никакими тривиальными причинами такое сходство объяснить не удалось. В дальнейшем мы неоднократно наблюдали этот феномен.

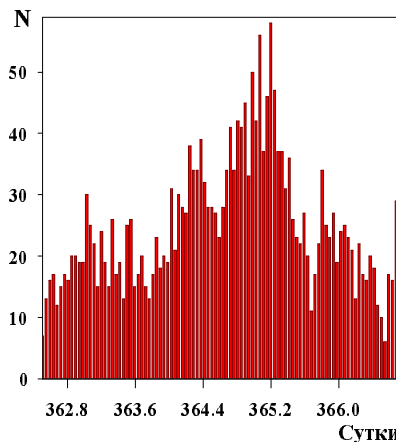


Рис.8 Распределение интервалов повторного появления гистограмм данной формы через 362-367 суток. Гистограммы по 60-и шестисекундным измерениям α -активности препарата ^{239}Pu . Видны три экстремума, соответствующих повторному появлению гистограмм через 364.4, 365.2 и 366.6 суток.

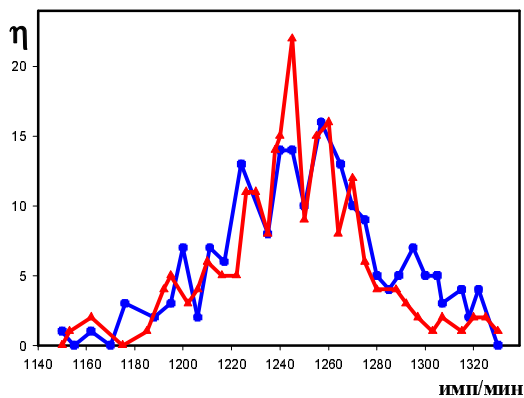


Рис.9 При синхронных измерениях радиоактивности двух препаратов ^{14}C на двух независимых автоматических установках SL-30 и SL-40 получаются весьма сходные гистограммы. Опыт 28.12.80

Весьма важным свидетельством нетривиальности сходства тонкой структуры распределений результатов были аналогичные эффекты при измерениях процессов разной природы. Мы наблюдали сходные формы гистограмм при одновременных измерениях β -активности ^3H или ^{14}C , скорости реакции аскорбиновой кислоты (АК) и дихлорфенолиндофенола (ДХФИФ), α -активности препарата ^{239}Pu , электрофоретической подвижности частиц латекса, времени поперечной релаксации T_2 протонов воды, времени ожидания разряда неоновой лампы в РС-генераторе, измерениях флуктуаций амплитуд колебаний в реакции Белоусова-Жаботинского. Во всех этих сочетаниях использовали разные методы, природа процессов была различной, а формы гистограмм были с высокой вероятностью сходными [6-11].

Представление о сходстве формы гистограмм при одновременных измерениях процессов разной природы дает **рис. 10** из [6, 7]. На этом рисунке совмещены две гистограммы опыта 4.07.1984г – одна построена по 250 измерениям скорости реакции АК и ДХФИФ, другая по такому же числу синхронных измерений β -активности ^{14}C . Измерения проводили в соседних зданиях разными методами. Скорость химической реакции измеряли по изменению оптической плотности фотокolorиметром, радиоактивность – жидким сцинтилляционным счетчиком в автоматическом режиме. При совмещении гистограмм, характеризующих разные процессы, существенен подбор правильного масштаба по оси абсцисс. В данном случае масштаб по абсциссе выражен в единицах среднеквадратичного отклонения для обоих процессов.

Оценку достоверности этого эффекта можно получить из формы распределения интервалов между сходными гистограммами. На **рисунке 11** представлено такое распределение, полученное из сопоставления формы гистограмм, построенных по результатам измерения α -активности двух препаратов ^{239}Pu двумя независимыми

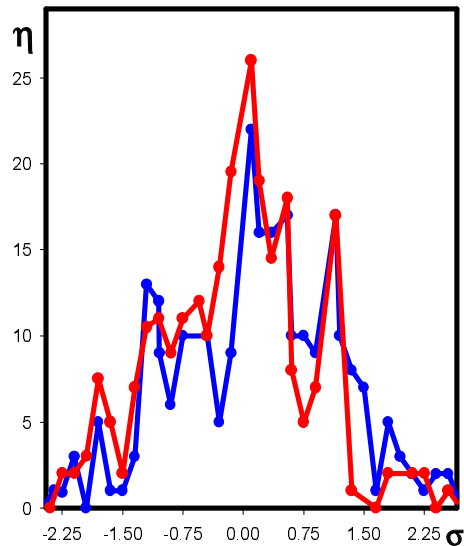


Рис.10. Иллюстрация сходства формы гистограмм при одновременных измерениях процессов разной природы [6, 7]. Совмещены две гистограммы опыта 4.07.1984г – одна построена по 250 измерениям скорости химической реакции аскорбиновой кислоты с дихлорфенолиндофенолом, другая по такому же числу синхронных измерений β -активности ^{14}C .

полупроводниковыми детекторами. Видно, что вероятность сходства формы синхронных гистограмм (интервал равен нулю) существенно больше, чем в несинхронных измерениях. Из 541 пары сходных гистограмм в этом распределении 154 пары оказались сходными в одно и то же время. Вероятность получения сходных гистограмм еще довольно велика в двух ближайших интервалах в обе стороны, но затем быстро уменьшается.

Гораздо более резкая зависимость получена в измерениях одного из авторов (И.М.Зверевой) при измерениях α -активности различных изотопов семейства ^{226}Ra , находящегося в вековом равновесии с продуктами своего распада: ^{222}Rn , ^{218}Po , ^{214}Po , ^{210}Po [12]. Различия в энергиях α -частиц этих изотопов позволяют раздельно измерять их α -активность посредством одного полупроводникового детектора,

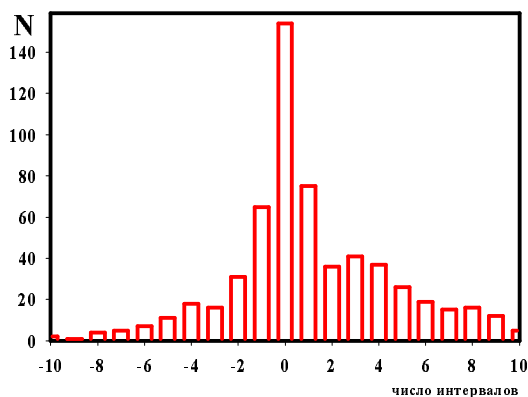


Рис.11 Распределение отклонений от точного синхронного совпадения формы гистограмм, построенных по результатам измерения α -активности двух препаратов ^{239}Pu в Пущино 31 января-2 февраля 1996 г.

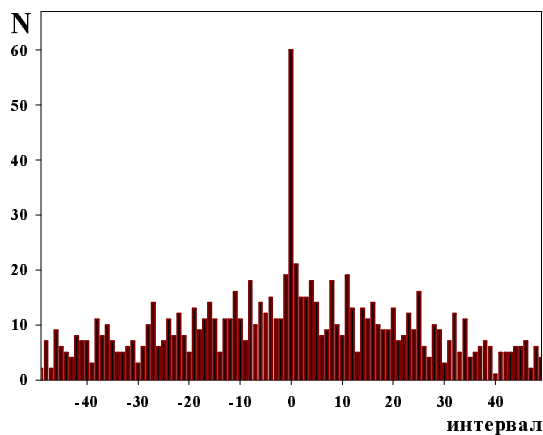


Рис.12 Распределение интервалов между сходными гистограммами, построенными по измерениям α -активности ^{226}Ra , ^{218}Po , и ^{214}Po одним полупроводниковым детектором, соединенным с амплитудным анализатором. Видна наибольшая вероятность появления сходных гистограмм в одно и то же время (интервал равен нулю).

На рисунке 12 представлено распределение интервалов между сходными гистограммами, построенными по измерениям α -активности ^{226}Ra , ^{218}Po , и ^{214}Po . Видно резкое преобладание вероятности синхронного (интервал равен нулю) совпадения формы независимо определяемых гистограмм над всеми другими интервалами. Этот результат более детально обсужден в специальной публикации [13].

5. Синхронность реализации формы гистограмм в разных географических пунктах

В опытах, проведенных в марте–июле 1982г., были сопоставлены формы гистограмм, построенных по синхронным измерениям посредством полупроводникового детектора α -активности препарата ^{239}Pu в Москве, (МИФИ, Н.Б.Хохлов, М.П.Шарапов) и посредством сцинтилляционного счетчика β -активности ^{14}C в Пущино (ИБФ, В.И.Брусков, В.Д.Ражин). При расстоянии между лабораториями около 100 км более 60% синхронных пар гистограмм имели сходную форму.

В 1983-84 г.г. аналогичные сопоставления формы гистограмм были выполнены по измерениям β -активности ^3H в Ленинграде (А.Ю.Сунгуров) и α -активности препарата ^{239}Pu в Пущино (В.А.Коломбет) (расстояние более 700 км) и также обнаружено достоверное сходство формы гистограмм, построенных по этим измерениям.

Аналогичные результаты были получены при сопоставлении формы гистограмм, построенных по измерениям флуктуаций параметров реакции Белоусова-Жаботинского в Томске (Л.П.Агулова) и флуктуаций скорости реакции АК с ДХФИФ в Пущино.

Измерения α -активности препарата ^{239}Pu были проведены А.Н.Зайкиным в 1987г. на корабле в Тихом океане и в 1988г. – в Индийском океане, а в

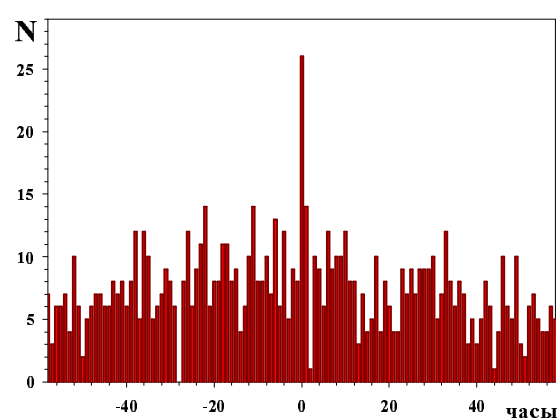


Рис.13 Распределение интервалов между сходными гистограммами, построенными по измерениям на корабле в Индийском океане и в лаборатории в Пущино. Наиболее вероятно получение сходных по форме гистограмм при синхронных измерениях.

1990 г. одним из авторов (В.А.Коломбет) – в районе Полярного Круга на Беломорской Биостанции МГУ. Во всех случаях было произведено сопоставление форм гистограмм с синхронными измерениями в Пущино.

На рисунке 13 представлено распределение интервалов между сходными гистограммами, построенными по измерениям на корабле в Индийском океане и в лаборатории в Пущино. Видно, что и в этом случае высока вероятность получения сходных гистограмм при синхронных измерениях. Аналогичные результаты получены для опытов на Полярном Круге.

Следует отметить, что измерения на корабле в Индийском океане, на ББС МГУ (Полярный Круг) и в Пущино проводили в одном и том же часовом поясе – долготы этих пунктов близки между собой.

В синхронных измерениях на корабле в Тихом Океане и в Пущино была получена более сложная картина: на соответствующих графиках распределения интервалов между сходными гистограммами имеется несколько достоверных экстремумов. Их анализ в дальнейшем может выявить более сложные временные зависимости в разных географических пунктах.

Среди прочего, результаты сопоставления формы гистограмм, построенных в разных географических пунктах, окончательно исключают предположения о каких-либо артефактах типа изменения частоты или напряжения в общей электрической сети, суточного дрейфа температуры или интенсивности радиопомех. Измерения при автономном электрическом питании внутри стальных корпусов корабля, находящегося в автономном плавании над километровыми толщами морской воды и сходная тонкая структура соответствующих гистограмм, полученных при синхронных измерениях за тысячи километров в условиях институтской лаборатории в Пущино никак не могут быть отнесены на счет каких-либо артефактов.

6. Генераторы случайных чисел. Арифметическая природа тонкой структуры гистограмм. Изменение формы гистограмм как следствие фундаментальных физических причин.

В связи со всем сказанным выше естественно попытаться произвести сравнение тонкой структуры распределений двух «генераторов случайных чисел»: физического – процесса радиоактивного распада и математического – соответствующей компьютерной программы. Результат, полученный нами много лет тому назад, был поразительным: формы компьютерных гистограмм, имитирующих статистику Пуассона, ничем не отличались от гистограмм, построенных по результатам измерений радиоактивности. Также было получено ограниченное число четко различимых форм, и сами эти типичные формы в обоих случаях были очень похожи. Однако дальнейший анализ показал принципиальное отличие двух «генераторов» (вероятность повторного появления компьютерных гистограмм не убывает с возрастанием величины интервалов): нет «эффекта ближней зоны» и нет какой-либо закономерной периодичности. Нет, в частности, периода равного 24 часам. Таким образом:

1) сами по себе характерные дискретные формы гистограмм обусловлены арифметическими причинами. И эти причины одинаковы и в физических процессах и в компьютерных программах.

2) однако в физических процессах арифметические причины образования дискретных распределений управляются внешним, универсальным, глобальным по масштабу действия внешним агентом.

Основной арифметической причиной дискретности распределений результатов в физических и математических генераторах случайных чисел, возможно, являются алгоритмы умножения, деления, возведения в степень, характерные для обоих случаев [9].

В самом деле, любые физические процессы основаны на *взаимодействиях*. При неупругих взаимодействиях флуктуирующих величин скорость изучаемых процессов в самом общем виде определяется *произведением* мгновенных значений *активностей* (концентраций) реагентов:

$$V_t = k [A]_t [B]_t$$

где V_t , $[A]_t$, $[B]_t$ – мгновенные значения соответственно скорости реакции (т.е. измеряемой величины), и концентрации реагентов А и В. При многократном повторном измерении величина V_t будет определяться случайным сочетанием величин $[A]_t$ и $[B]_t$. Ясно, что некоторые значения V_t будут встречаться часто (если возможно много вариантов сочетания величин $[A]_t$ и $[B]_t$, перемножение которых дает данное значение V_t) некоторые редко. Никогда

при перемножении не будут реализовываться простые числа. Иными словами частота появления данной величины V_t определяется числом всех возможных сомножителей данного числа. Эти простые соображения показывают, что при реализации всех возможных комбинаций сомножителей, т.е. в нашем случае мгновенных значений $[A]_t$ и $[B]_t$, должны получаться дискретные распределения вероятности реализации величин V_t . Форма этих распределений в пределе определяется распределением числа сомножителей в натуральном ряду чисел. Стоит обратить внимание на то, что при вполне случайных сочетаниях возможных сомножителей получается тем более закономерная форма распределений, чем полнее перебор возможных сочетаний.

Таким образом, дискретные распределения с резко неодинаковой вероятностью реализации отдельных значений измеряемых величин – обязательное следствие алгоритмов взаимодействия реагентов в процессах разной природы. На самом деле, в реальных физических процессах возможны более сложные, многоэтапные процессы. Однако это может привести лишь к ещё большей дискретности. Гладкие распределения получают, лишь в результате искусственных процедур – огрублении разрядов в гистограммах и их сглаживании.

В компьютерных генераторах случайных чисел ситуация сходна. Все эти генераторы основаны на алгоритмах умножения и деления – аналогах неупругих взаимодействий в физике. Попытка «запутать» картину отбрасыванием начальных или конечных разрядов в многоразрядном числе не уничтожает дискретность, обусловленную процедурами умножения или возведения в степень.

Таким образом компьютерные генераторы случайных чисел могут служить ценной моделью для исследования арифметической природы дискретных распределений.

Значительно сложнее представить себе природу *универсального* агента, управляющего реализациями конкретных форм дискретных распределений. Одной из возможностей здесь может быть изменение масштаба в натуральном ряду чисел, т.е. «изменение размера единицы». Например, единицы времени. Такое глобальное изменение масштаба мира может быть следствием гравитационных возмущений – изменения кривизны пространства-времени. Для сколько-нибудь плодотворного анализа этой гипотезы, по-видимому, понадобятся экспериментальные исследования в условиях различных гравитационных возмущений

7. Случайность исходного временного ряда по стандартным критериям. Закономерность тонкой структуры как возможное следствие низкочастотной 1/f модуляции.

Естественен вопрос о связи дискретных распределений с закономерностями хода изучаемых процессов во времени. Многократный анализ традиционными методами показал, что в изученных нами процессах такую связь выявить не удастся. Как и следовало ожидать процесс радиоактивного распада во времени по принятым критериям вполне случаен – это «белый шум» [14]. Здесь может быть уместна аналогия с атомарными спектрами – наличие дискретных уровней энергии и вполне случайный переход между уровнями. Однако, в нашем случае инвариантна лишь форма гистограмм – относительные расстояния между уровнями и относительная «заселенность» этих уровней. Абсолютные расстояния (в единицах измеряемых параметров разных процессов) могут изменяться с сохранением *подобия* формы соответствующих гистограмм. Это позволяет при сравнении формы проводить линейные растяжения и сжатия соответствующих фигур. Таким образом обсуждаемое «макроскопическое квантование» отличается от квантования энергии.

Среднеквадратичная амплитуда макроскопических флуктуаций изменяется во времени, по-видимому, независимо от изменений формы гистограмм. Есть ряд оснований полагать, что и этот параметр зависит от космофизических агентов. В частности, среднеквадратичная амплитуда «разброса результатов» при исследованиях химических и биохимических процессов почти строго отрицательно коррелирует с солнечной активностью. Это видно на рис.14 из [6, 7].

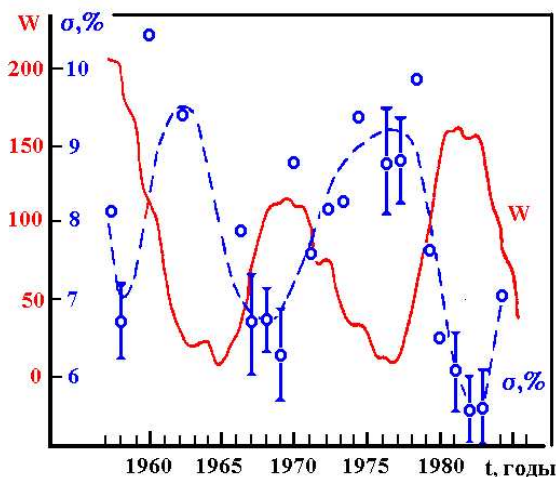


Рис.14 Среднеквадратичная амплитуда «разброса результатов» σ^2 при исследованиях химических и биохимических процессов почти строго отрицательно коррелирует с солнечной активностью – числами Вольфа W [6,7].

Утверждение о несвязанности изменений формы гистограмм с особенностями временных рядов, возможно, потребует уточнений в связи с очень ярким эффектом зеркальной симметрии в ряду последовательных гистограмм. Форма значительной части (около 30%) гистограмм совпадает при их совмещении после зеркального поворота вокруг вертикальной оси. Это относится и к гистограммам очень сложной формы. Эффект «зеркальности», существование «правых» и «левых» гистограмм, можно было бы объяснить, допустив низкочастотную, 1/f модуляцию временных рядов. В этом случае характерная форма гистограмм определялась соотношением амплитуд и частот такой модуляции, а эффект зеркальности – соответствующими сдвигами по фазе отрезков временного ряда, используемых для построения гистограмм [15].

Полагая основной задачей этой статьи обзор феноменологии, мы ограничимся приведенным обсуждением.

8. Заключение

Завершая краткий обзор исследований нашей лаборатории, представляется желательным попытаться ответить на некоторые естественно возникающие вопросы. От первой публикации по проблеме в 1958 году прошло 40 лет [1]. Чем объясняется отсутствие за прошедшее время аналогичных работ других лабораторий? Дело прежде всего в «твердом знании основ науки» большинством исследователей. Речь идет о «разбросе результатов» при измерениях. «Разброс результатов» – это то, с чем следует бороться, а не искать в нем тонкие закономерности. Когда в опытах физиков и химиков разброс результатов кажется больше ожидаемого из учета возможных неточностей отдельных этапов измерений и, тем более, проявляет дискретный характер, физики берут в руки отвертки и паяльники, а химики занимаются очисткой реактивов и проверкой качества дистиллированной воды. Вторая причина – принятые методы статистической обработки результатов, основанные на центральных предельных теоремах, не приспособлены к анализу тонкой структуры распределений. Критерии согласия гипотез эту тонкую структуру «не замечают». Поэтому получаемые распределения сглаживают и угруоляют, что не мешает вычислению первых трех статистических моментов. При этом замечательно, что для подавляющего большинства задач нет необходимости в знании тонкой структуры распределений. Третья причина – сомнения в истинности явления. Разброс результатов ассоциирован с понятием «ошибки». На поиск возможных артефактов понадобилось много лет. Поэтому наша основная задача состояла в «доказательстве теоремы существования». Можно полагать эту задачу выполненной. Однако само явление – реализация дискретного спектра разрешенных состояний, сходного в каждый данный момент в процессах совершенно разной природы и

определяемого космофизическими причинами – требует для восприятия психологического напряжения. Следует заметить, что многие годы процесс построения и сопоставления формы гистограмм был чрезвычайно трудоемким. Только развитие компьютерных программ одним их авторов (Э.В.Пожарским) существенно облегчило и резко повысило продуктивность этой ежедневной работы. Доказательство истинности феномена – первый и необходимый этап. Множество интересных проблем предстоит исследовать. Необходимо доказательство ряда теорем и развитие новых компьютерных методов. Необходимы опыты на спутниках и космических станциях. Желательна организация глобальных экспериментов – синхронных измерений в разных географических пунктах. Наконец, самое главное, необходимо развитие теории, объясняющей природу этого явления. Все это можно ожидать в последующем. Мы же, завершая эту статью, полагаем выполненной свою задачу – сообщение о предмете будущих исследований.

Авторы чрезвычайно признательны С.Е.Северину, Л.А.Блюменфельду, Г.М.Франку, Г.Р.Иваницкому, М.Н.Кондрашовой, В.А.Твердислову, Ф.И.Атауллаханову за ободряющую поддержку при выполнении на протяжении многих лет этих исследований. Мы с благодарностью отмечаем ценные обсуждения с Б.М.Владимирским и А.Н.Заикиным и многолетнее участие в проведении экспериментов Т.Я.Бричиной, Н.П.Ивановой, Л.М.Овчинниковой, Т.С.Маловой, Н.Н.Торбиной, Н.В.Удальцовой, Е.В.Дещеревской. Нам было полезно обсуждение этой работы на семинаре С.С.Герштейна в Протвино и семинаре В.Л.Гинзбурга в ФИАНе. Мы признательны Т.Ф.Петерсону за финансовую поддержку. Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 96-15-97853.

Список литературы

1. С.Э.Шноль (1958) – «О самопроизвольных синхронных переходах молекул актомиозина в растворе из одного состояния в другое», *Вопросы Мед. Химии* т.4, вып.6, стр. 443-454
2. С.Э.Шноль (1965) - «Синхронные конформационные колебания молекул актина, миозина и актомиозина в растворах» в сб. *Молекулярная биофизика*. Ред. Г.М.Франк, Изд. Наука М. с.56-81
3. С.Э.Шноль (1967) – «Конформационные колебания макромолекул» в сб. *Колебательные процессы в биологических и химических системах*. Отв.ред. Г.М.Франк М.Изд.Наука с. 20-41.
4. Б.П.Белоусов (1959) «Периодическая реакция и её механизм» в сб. *Рефератов по радиационной медицине за 1958г.* М.Медгиз. с. 145-147 и (1981) в сб. *Автоволновые процессы в системах с диффузией*. Ред. М.Т.Грехова. Горький. С.176-186.
5. А.М.Жаботинский (1974) – «Концентрационные автоколебания» М. Наука, с.178

6. С.Э.Шноль (1985) – «Макроскопические флуктуации с дискретным распределением амплитуд в процессах различной природы», в : *Итоги Науки и Техники Молекулярная биология*, т.5 М. ВИНТИ, ред.В.П.Скулачев с. 130-200
7. Н.В.Удальцова, В.А.Коломбет, С.Э.Шноль «Возможная космофизическая обусловленность макроскопических флуктуаций в процессах разной природы». Пушино (1987) ОНТИ НЦБИ, 96с.
8. С.Э.Шноль, В.А.Коломбет, Н.В.Удальцова, Н.Б.Бодрова, (1989) – «Дискретные макроскопические флуктуации в процессах разной природы», *Биофизика*, т. 34, вып 4, с.711-722.
9. С.Э.Шноль, В.А.Коломбет, Н.В.Удальцова, Н.Б.Бодрова, В.А.Намиот, (1992) «Закономерности в дискретных распределениях результатов измерений (космофизические аспекты)» *Биофизика*, т.37, вып 3, с.467-488.
10. С.Э.Шноль, В.А.Коломбет (1995) "О реализации дискретных состояний в ходе флуктуаций в макроскопических процессах (феномен "макроскопическое квантование, феномен "макроскопические флуктуации", *Ж. Физическая мысль России* вып. 1, с. 87-93.
11. С.Э.Шноль (1995) "Форма спектров состояний, реализуемых в ходе макроскопических флуктуаций, зависит от вращения Земли вокруг своей оси", *Биофизика* т.40, вып.4, с. 865-875.
12. С.Э.Шноль, Э.В.Пожарский, В.А.Коломбет, И.М.Зверева, Т.А.Зенченко, А.А.Конрадов (1997) «Возможные космофизические причины дискретности результатов измерений хода во времени процессов разной природы (феномены «макроскопического квантования» и «макроскопических флуктуаций)», *Российский химический журнал* т.41, №3, с.30-36
13. И.М.Зверева, Т.А.Зенченко, Э.В.Пожарский, В.А.Коломбет, А.А.Конрадов, С.Э.Шноль, (1998) *Биофизика* (43), вып 4, 732-735
14. Н.Б.Бодрова, Н.В.Удальцова, П.С.Иванов, С.Э.Шноль. (1989) «О неслучайности формы «несостоятельных» гистограмм», Препринт Пушино. НЦБИ, Ин-т Биофизики АН СССР
15. А.Н.Заикин , личное сообщение